

RECIFE DRENAGEM URBANA

RECIFE: URBAN DRAINAGE

ENTRE OS RIOS E O MAR,
CAMINHOS E DESCAMINHOS
DAS ÁGUAS NA CIDADE

RECIFE DRENAGEM URBANA

RECIFE: URBAN DRAINAGE









SEJAMOS ATIVISTAS POR UM PROJETO DE REINVENÇÃO COLETIVA DA CIDADE QUE PRECISAMOS E MERECEMOS.

LET'S BE ACTIVISTS IN A PROJECT TO COLLECTIVELY RE-INVENT THE CITY THAT WE NEED AND DESERVE.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R297 Recife Drenagem Urbana: entre os rios e o mar, caminhos e descaminhos das águas na cidade = Recife Urban Drainage: between rivers and the sea, the guided and straying waters of Recife /organizador: Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos; tradução: Peter Ratcliffe; prefácio: João Campos ... [et al] - Recife : Cepe, 2022.
264 p. :il. (Coleção Recife 500 anos)

A obra é resultado do convênio entre a Universidade Federal de Pernambuco, a Companhia Editora de Pernambuco e o Observatório do Recife.
Edição bilingue: português/inglês.
Conselho Editorial: Francisco Cunha, Ricardo Leitão, Roberto Montezuma.
Vários autores.
ISBN 978-85-7858-917-2

1. Planejamento Urbano - Recife (PE) 2. Drenagem e Macrodrenagem - Recife (PE). 3. Plano Diretor de Drenagem-Recife (PE) 4. Águas e Ordenamento da Paisagem Urbana - Recife (PE) 5. Mudanças Climáticas - Recife (PE) I. Vasconcelos, Ronald Fernando Albuquerque (org.) II. Ratcliffe, Peter (trad.) III. Campos, João Henrique de Andrade Lima (pref.) IV. Universidade Federal de Pernambuco V. Prefeitura do Recife VI. Série

CDD - 981 . 34

Tereza Marinho - Bibliotecária - CRB4/1544

Coleção Recife 500 Anos *Recife 500 Years Collection*

REALIZAÇÃO PRODUCTION



APOIO SUPPORT



RECIFE DRENAGEM URBANA

**ENTRE OS RIOS E O MAR,
CAMINHOS E DESCAMINHOS
DAS ÁGUAS NA CIDADE**

*RECIFE: URBAN DRAINAGE
BETWEEN RIVERS AND THE SEA: THE
GUIDED AND STRAYING WATERS OF RECIFE*

ORGANIZADOR *GENERAL EDITOR*
**RONALD FERNANDO ALBUQUERQUE
VASCONCELOS**

**RECIFE
2022**

Cepe
EDITORA

COLEÇÃO
RECIFE
500
ANOS

PREFÁCIO

CAMINHOS PARA O RECIFE DO FUTURO

Cortada por rios, banhada pelo oceano Atlântico e situada, em parte, no nível do mar, o Recife encontra no manejo das águas das chuvas um dos maiores desafios da sua história. Com o tempo, o acelerado processo de ocupação territorial, refletido nos grandes centros urbanos brasileiros, tornou-se outro agravante, por aumentar de forma significativa e desordenada o número de áreas impermeáveis, criando zonas mais suscetíveis a alagamentos e enchentes. A busca por novos caminhos passa, essencialmente, pelo planejamento estratégico, por soluções abertas e inovadoras em torno da cidade que precisamos construir juntos.

O momento é oportuno e ainda mais desafiador, uma vez que o Recife ocupa a 16ª posição no ranking das cidades mais vulneráveis à mudança do clima no mundo pelo avanço do nível do mar, como foi divulgado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Ao mesmo tempo em que se vê diante deste cenário de adversidade, a capital pernambucana também desponta como protagonista da agenda global de sustentabilidade com o Plano Local de Ação Climática, o Inventário Emissões de Gases do Efeito Estufa e novos projetos de eficiência energética. A pergunta que precisamos nos fazer, e que este livro nos ajuda a esclarecer, é “como planejar e aprimorar o manejo das águas e a drenagem urbana do Recife nos próximos 10, 20 e 30 anos?”.

Ao prever o horizonte do planejamento urbano até 2037, o plano Recife 500 anos abre margem para essa nova percepção da cidade, indo além do marco temporal de uma gestão. Desde a largada, o compromisso é com um conteúdo norteador, uma bússola que nos ajude a seguir na direção certa. Nesta imersão sobre a drenagem, mais do que apontar sugestões, temos o ponto de partida para encontrá-las e efetivá-las, a partir da reunião de um documento rico e robusto - pautado pela escuta atenta e pelas diferentes visões de especialistas do setor público e da comunidade acadêmica.

Em paralelo ao passo importante desta publicação, a Prefeitura do Recife tem feito a sua parte para enfrentar o desafio da drenagem. Criamos o Escritório de Parcerias Inovadoras e, por ele, vamos aplicar o conhecimento acadêmico adquirido nas bancas universitárias. Inclusive, o primeiro projeto viabilizado pelo escritório tem a drenagem urbana como temática. O desafio de inovação aberta já está lançado, em cooperação como a que firmamos com o Centro Universitário Tiradentes de Pernambuco (Unit) para mapear redes de micro e macrodrenagem da cidade, identificando as regiões mais vulneráveis durante o período de chuvas.

Com base nas diretrizes do Plano Diretor de Drenagem, novas legislações estão sendo colocadas em prática, com a exigência de técnicas compensatórias para o escoamento de água, o incentivo ao telhado verde, a implantação de novos reservatórios de retenção, além do trabalho para eliminar 110 dos 179 pontos críticos de alagamentos. A ação preventiva, de manutenção dos

PREFACE

PATHS TOWARDS THE RECIFE OF THE FUTURE

A city of rivers, bathed by the Atlantic Ocean and situated partly at sea level, Recife has, throughout its history, been forced to see management of rainwater as one of its greatest challenges. Over time, the increasingly rapid pace of development, similar to that occurring in other large urban centers in Brazil, has served only to worsen the situation, producing even more disordered soil-sealed areas that are thus more likely to be prone to flooding. The quest for new solutions to this problem involves primarily urban planning and the development of transparent innovative ways of harnessing our collective efforts and joining forces to create the city we all desire.

The time is right to confront these problems but we should not underestimate the scale of the challenge. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ranks Recife 16th in a list of cities around the world that are most vulnerable to the effects of rising sea levels caused by climate change. In the face of this external threat, Recife is, however, playing an active role in the global agenda for sustainability, with a Local Climate Action Plan, an Inventory of Greenhouse Gas Emissions and various new energy-efficiency projects. The question we must all ask ourselves now, and which this book helps to make very clear, concerns “how we should plan and improve water and urban drainage management in Recife for the next 10, 20 or 30 years”.

In projecting urban planning up to 2037, the Recife 500 Years plan provides just such a new view of the city, stretching far beyond the time frame of any one single administration. From the outset, the plan has made a commitment to providing the content that is essential for guiding us in the right direction in this respect. This book provides a thorough and solid introduction to the city's drainage system, based on heeding the voices of various public sector specialists and academics. It not only offers suggestions but also furnishes an excellent starting point for those seeking innovative new solutions and attempting to put them into effect.

To accompany this important publication, Recife City Hall is also playing its part in confronting the challenges posed by drainage in the city. Urban drainage is the subject of the first project being developed by our Office of Innovative Partnerships, an organization set up to channel academic knowledge into practical solutions. The groundwork for such innovation has already been laid by collaboration with the Pernambuco Tiradentes University (UNIT) to map micro- and macro-drainage networks in the city and identify the regions that are most vulnerable during times of heavy rainfall.

New legislation based on the guidelines contained in the Master Plan for Drainage is already coming into effect. These regulations require the use of compensatory sustainable techniques for water runoff, encourage the installation of green rooftops and new retention reservoirs, and aim to eliminate 110 of the 179 most critical flooding

99 canais que cortam a cidade, é outra frente decisiva, sempre acompanhada de perto por iniciativas de educação ambiental.

Sabemos que ainda há muito a ser construído, nesta rede tecida a tantas mãos. Juntos, teremos condições de superar não só esse desafio, mas, também, tantos outros que se apresentam em meio ao cenário atual. Que esta publicação seja parte da escrita de uma nova história, da virada de página e do reencontro com o Recife que sabe aonde quer chegar. E que o caminho das águas, também aqui percorrido, abra passagem para caminhos de futuro, cada vez mais presentes.

João Henrique de Andrade Lima Campos

Prefeito do Recife

points in the city. Preventive action, involving maintenance of the city's 99 canals, in close collaboration with environmental education initiatives, constitutes another vital front in this ongoing struggle.

We are of course keenly aware that a great deal of this work remains undone and will need to be accomplished by many individuals working together. But we are confident that, together, we have the power to overcome not only this one challenge, but also the many others that currently confront us. Let us hope that this publication writes the first page of a new chapter in the history of our city, a turning-point in which Recife rediscovers its destiny. Let us hope that the paths of the waters discussed here open the way to a future that increasingly takes concrete shape in our present reality.

João Henrique de Andrade Lima Campos

Mayor of Recife

Recife é, de fato, um lugar especial. O Recife das pontes, dos casarões, da poesia e da arte é, ao mesmo tempo, o Recife dos bairros da Várzea, da Ilha do Leite, da Ilha do Retiro, de Afogados, denominações que expressam uma história de convivência, por vezes não tão harmoniosa, entre a cidade e suas águas. Com o mar de um lado, e rios, estuários e canais do outro, o Recife vive entre a sua beleza e a sua vulnerabilidade. Uma beleza que cativa todos e todas que por aqui passam e que nos faz desejar a volta quando estamos longe. Essa tal *recifecidade*, tão bem descrita na poesia de um dos seus filhos mais famosos, o sempre vivo educador Paulo Freire.

Mas o Recife é também uma das capitais brasileiras de maior vulnerabilidade ao aumento do nível do mar. Isso se deve a uma combinação de fatores, agindo em diferentes escalas espaciais e temporais. Considerando a localização da cidade em relação aos forçantes naturais na escala da Bacia do Atlântico, verificamos que o aumento gradual da intensidade dos ventos alísios observado nas últimas seis décadas (1960–2020), associados aos efeitos de transporte de águas do oceano, do leste para o oeste, ou seja, da África para o Brasil, termina por provocar um maior empilhamento de massas de água na região oceânica adjacente ao Recife. E a situação tende a se agravar. De fato, o sexto e último relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), divulgado em agosto deste ano, sobre as bases científicas das mudanças do clima, bem como as discussões sobre o tema na *Conferência das Partes* (COP 26), realizada agora em novembro, em Glasgow, Escócia, indicam claramente que o cenário global se deteriora à medida que não estamos sendo capazes de dar respostas efetivas de redução das emissões de gases de efeito estufa. No caso específico dos oceanos, essas pesquisas confirmam que a velocidade de aumento do nível do mar, observada nos últimos 20 anos (2000–2020), é cerca de duas vezes maior do que a velocidade média verificada em todo o século passado.

O segundo aspecto de vulnerabilidade é local, uma vez que a cidade-delta Recife está localizada numa região de baixa altitude, com níveis de lençóis freáticos muito próximos à superfície, alta impermeabilização dos solos e elevada drenagem superficial. Um outro ponto de incremento de vulnerabilidade local é associado à pressão antrópica. Pernambuco é o estado que possui maior taxa de ocupação da faixa litorânea brasileira. Mais de 1.000 hab./km², segundo o último levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), maior do que o Rio de Janeiro, São Paulo e todos outros estados. E o Recife tem um peso importante nessa elevada ocupação costeira. Com quase 1,7 milhão de habitantes, esse adensamento sobe para cerca de 7.000 hab./km² no município, grande parte localizada ao longo de sua faixa litorânea e dos estuários e canais que cortam a cidade.

Mas essa elevada vulnerabilidade abre, também, uma janela de oportunidades para avançarmos. No estágio atual, destacaríamos três pontos

There can be no doubt that Recife is a very special place. The Recife of bridges, old houses, poetry and painting is also the Recife of neighborhoods such as Várzea, Ilha do Leite, Ilha do Retiro, and Afogados, whose very names testify to a long history of, often somewhat disharmonious, coexistence with water. Hemmed in by the sea on one side, and rivers, the estuary and canals on the other, Recife combines outstanding beauty with great vulnerability. The beauty of city captures the imagination of all those who pass through it and that makes those of us who are lucky enough to call it home yearn to return when we are far away. This is the *Recifecity* as it is described in a poem by one of the city's most famous sons, the perennially relevant educator Paulo Freire.

But Recife is also one of the State Capitals in Brazil that is most vulnerable to rising sea levels. This is due to a combination of factors, operating on different scales in space and time. The location of the city in relation to natural forces on the scale of the Atlantic Basin shows that the steady increase in the intensity of the trade winds that has been observed in recent decades (1960–2020), in combination with the effects of the movement of oceanic waters, from east to west—that is from Africa to Brazil—has caused a great mass of oceanic water to accumulate in the offshore area adjacent to Recife. This situation is likely only to worsen. In fact, the sixth and last assessment report produced by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) published in August of this year, on the subject of the scientific basis of climate change, along with discussion of this issue at the Conference of the Parties (COP 26), held this November in Glasgow, Scotland, clearly indicate that the global situation will only grow worse and worse so long as we do not find ourselves capable of reducing greenhouse gas emissions. In the specific case of the oceans, research shows that the rise in sea levels observed in the past 20 years (2000–2020) is around two times greater than the mean increase for the whole of the 20th century.

The second aspect of this vulnerability is local, since Recife is a city located on low-lying river delta region, with a water table very close to the surface, and high levels of soil sealing and surface runoff. Another factor that increases vulnerability locally is the activity of human beings. Of all the States in Brazil, Pernambuco is the one that has developed the largest proportion of its coast. Its population density of 1,000 per km², according to the latest survey carried out by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), is higher than that of Rio de Janeiro, São Paulo and all other States. The city of Recife itself accounts for a large portion of this high level of coastal urban development. With almost 1.7 million inhabitants, the population density rises to 7,000 per km² within the municipality of Recife itself, which lies mostly on the coast and

principais que vão na direção do aumento da resiliência e da adaptação às mudanças do clima: primeiro, manter as defesas naturais que “jogam a nosso favor”. Referímo-nos aqui aos recifes naturais e aos manguezais, que representam a linha de frente de proteção costeira ao aumento do nível do mar. A criação de áreas de preservação nesses ecossistemas é, com certeza, uma estratégia a ser reforçada. Um segundo aspecto é engajar a população no movimento pela manutenção dos principais elementos de drenagem urbana. Precisamos fazer com que todos e todas preservem os rios, estuários e canais, ajudando a mantê-los conservados, limpos e desimpedidos, pois tratam-se dos locais privilegiados para o escoamento das águas. Por fim, diríamos que precisamos trabalhar o planejamento para a resiliência, e isso levando em consideração até uma possível convivência futura com áreas urbanas que serão alagadas periodicamente. Muito já está sendo feito, e a cidade tem se destacado pelas ações em andamento. Estamos na segunda revisão do inventário de gases de efeito estufa; a identificação de vulnerabilidades também já foi realizada, e o município, aliás, o Estado, está elaborando o plano de descarbonização da economia para a situação neutra em 2050, que está avançando de forma significativa. Iniciou-se também em 2021 o Plano de Adaptação Setorial da Cidade do Recife (PAS). A próxima etapa é a incorporação dessas informações nos instrumentos de planejamento de médio e longo prazos da cidade.

Parabéns aos organizadores e a todos e todas que possibilitaram a elaboração deste livro, contribuição importante para preservarmos a beleza e a história desse patrimônio vivo do povo brasileiro.

Recife, 12 de novembro de 2021

Alfredo Gomes

Reitor da Universidade Federal de Pernambuco

Moacyr Araújo

*Vice-reitor da Universidade Federal de Pernambuco
e coordenador da Rede Clima*

on the banks of the estuary and canals that flow through the city.

This great vulnerability also, however, provides a great opportunity for us to move forward. At the current point in time, I would point to three main factors that may help to boost our resilience and capacity to adapt to climate change. First, we should maintain the natural defenses that “work in our favor”. By this I mean the natural reefs and mangroves, which constitute the frontline of protection for our city’s coast against rising sea levels. The creation of preservation areas in these ecosystems is a strategy that definitely needs to be taken further. The second factor concerns the active participation of the population in efforts to maintain the principal features of the urban drainage system. We need to ensure that all citizens take care to conserve and preserve the rivers, estuaries and canals and keep them clean and free of obstructions, since these waterways play a special role in water runoff. Finally, I should note that we need to work on planning for resilience and even entertain the possibility of having in the future to come to terms with some parts of the city being periodically under water. Much is already being done and many outstanding projects are already underway in Recife. We are currently conducting the second review of our greenhouse gas inventory and identifying vulnerabilities. Municipality and State authorities alike are making great progress with plans to create a carbon-neutral economy by 2050. The year 2021 also saw the beginning of the City of Recife Sector Adaptation Plan (PAS). The next stage will be the incorporation of this information into medium- and long-term planning tools for the city.

We would like to extend our warm congratulations to the editors and all those who helped to produce this magnificent book, whose content provides such a vital contribution to the preservation for the people of Brazil of the beauty and history of this splendid living heritage.

Recife, 12 November 2021

Alfredo Gomes

Dean of the Federal University of Pernambuco

Moacyr Araújo

Vice-Chancellor of the Federal University of Pernambuco and Coordinator of CLIMA Network

A VENEZA BRASILEIRA E SEUS GRANDES DESAFIOS

*Mas não é só junto ao rio
que o Recife está plantado,
hoje a cidade se estende
por sítios nunca pensados,
dos subúrbios coloridos
aos horizontes molhados.*

Carlos Pena Filho, *Guia Prático da Cidade do Recife*

Cidade estuarina e palco da foz dos rios Capibaribe e Beberibe, cortada pelo Rio Tejiú e também por 99 canais, não é à toa que o Recife recebe o carinhoso apelido de Veneza Brasileira. E essa identidade geográfica contribuiu bastante para imprimir características de ocupação fundiária que impactam diretamente em diferenças sociais e dá diversos enfoques para os inúmeros problemas e oportunidades dessa cidade ímpar, cuja governança me foi confiada por oito anos de forma democrática pelos recifenses.

A drenagem e o manejo das águas fluviais em seu território constituem e são a maior expressão da discrepância social em nossa cidade, pois a ocupação irregular de áreas naturalmente necessárias ao escoamento das águas e a falta de saneamento básico em muitas áreas marcadas pela vulnerabilidade social são alguns de seus principais desafios. E esses desafios passam por ações metropolitanas, e não apenas locais, demandando ações conjuntas e articuladas em um cenário marcado pela reconhecida falta de planejamento e compromisso do Estado Brasileiro com as moradias de interesse social.

As ocupações existentes, são muitas vezes, fruto de lutas históricas pelo direito à moradia, mas as dificuldades sociais não são o único problema em se tratando da drenagem em nossa cidade: a despeito de soluções de engenharia planejadas e ações de convivência necessárias ao desafio de habitar cidades litorâneas, algumas zonas de habitação foram constituídas no mesmo nível da maré, o que faz com que, mesmo sem chuvas, alguns bairros sejam tomados por alagamentos apenas com variações acentuadas naturalmente.

Alinhadas a isso, as mudanças climáticas, ainda que desacreditadas por alguns, causam enormes preocupações a cidades com as mesmas características geográficas do Recife, e o compromisso para reverter essa situação, de forma democrática, inovadora, eficiente e com foco no bem-estar da população, deve ser maior do que todos os esforços juntos.

Refizemos as estruturas de planejamento de curto, médio e longo prazos em nossa cidade com a criação do *Plano Recife 500 Anos*, documento que norteia os caminhos de nosso desenvolvimento coletivo enquanto orbe, a entrega do inédito *Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife* e suas diretrizes para ações futuras, além do estabelecimento da

THE VENICE OF BRAZIL AND THE CHALLENGES IT FACES

*But it is not only along the river
that Recife is planted.
Today the city stretches out
over hitherto unimagined scenes,
from the bright colors of the suburbs
to the wet line of the horizon.*

Carlos Pena Filho, *Practical Guide
to the City of Recife*

An estuarine city that lies on the mouths of both the River Capibaribe and the River Beberibe, intersected also by the River Tejiú and 99 canals, the city of Recife has for good reason received the affectionate nickname of the Venice of Brazil. The geographical identity of the city has indeed left an indelible mark on its urban development and has exerted an enormous influence on the creation of social differences. It has, however, also provided a wide variety of different ways of approaching the countless problems and opportunities that are faced by this unique city, of which I was for eight years the democratically elected mayor.

Drainage and the management of river water in the city remain a source of many social disparities in Recife to this day. The irregular occupation of areas needed in a natural environment for water runoff and the lack of basic sanitation in many socially-vulnerable areas are just two of the challenges we still face today. Such challenges require action at Metropolitan—not just local—level. They call for joint collective action at a time when the Brazilian Federal government is notoriously lacking in planned development or commitment to social housing needs.

Those low-income settlements that do exist are the product of many years of struggle for the right to housing. Social issues, however, are not the only problem related to drainage in our city. Despite the numerous ingenious solutions engineers have come up with over the years and all the efforts made to meet the challenge of living in a coastal city, some housing is still being built at the same level as the sea. This means that, even without heavy rainfall, some neighborhoods are afflicted by flooding merely as result of natural variations.

In addition to this, climate change, despite the skepticism of some, is a cause for great concern for cities with geographical characteristics similar to those of Recife. A joint commitment to addressing this situation in a manner that is at once democratic, innovative, effective and focused on the well-being of the population, will surely be more effective than all our individual efforts combined.

We have, therefore, restructured short-, medium- and long-term planning in our city with the creation of the *Recife 500 Years Plan*, a document that aims to guide us along the road towards collective truly global development. In addition to this, there has been the publication of the

agenda global de sustentabilidade com o *Plano Local de Ação Climática e o Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa*. Tais iniciativas colocaram o Recife em destaque no panorama de cidades ao redor do mundo cuja agenda busca soluções que apliquem políticas de sustentabilidade.

Com ações levantadas e definidas no novo plano diretor de drenagem, trabalhamos para eliminar pontos críticos de drenagem levantados, além daqueles não definidos pelo levantamento feito, mas apontados e identificados através de um amplo processo de escuta popular nas ruas, e cujo protagonismo foi exercido pelos próprios cidadãos.

Por tudo isso, o redesenho de cidades litorâneas e estuarinas, como a nossa Veneza Brasileira, precisa ainda de um contínuo e constante processo de profundas mudanças nas estruturas de investimento do Estado Brasileiro, processo que deve ser alinhado a uma forte concepção de ações planejadas, na escuta do povo, no trabalho conjunto entre os entes e na persistência de que vale a pena lutar por um mundo melhor e mais justo, mais equânime e com oportunidades e qualidade de vida para todos.

Geraldo Julio

Ex-prefeito do Recife e presidente do Iclei (Governos Locais pela Sustentabilidade) para a América do Sul

Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife with its guidelines for future action, along with the establishment of a global sustainability agenda through the *Local Climate Action Plan and Inventory of Greenhouse Gas Emissions*. Such initiatives make Recife a showcase for cities around the world that are actively seeking sustainable solutions to their problems.

With actions laid out in the new master plan for drainage and some already under way, we are working to eliminate the critical drainage points surveyed, in addition to some not included in the survey, which were identified by way of a wide-ranging process of listening to people in the street, led by citizens themselves.

For all these reasons, the reconfiguration of coastal and estuarine cities, such as our Brazilian Venice, still requires a constant ongoing process of profound transformation of structures of investment on the part of Brazilian governments. Such a process needs to combine a sound planning framework, openness to listening to the local population, collaboration with other organizations, and an unflagging belief that a better, fairer, more equitable world, with opportunities and quality of life for all is an ideal that is worth striving towards.

Geraldo Julio

Former Mayor of Recife and President of Iclei (Local Governments for Sustainability) in South America

APRESENTAÇÃO

Esta publicação trata da drenagem urbana e do manejo das águas pluviais, de modo geral, e, em particular, de suas propriedades e seus impactos ambientais na cidade do Recife.

A oscilação das águas entre rios e mar constitui um dos maiores problemas da drenagem na capital pernambucana, posto que o município “anfíbio” é, com frequência, parcialmente afetado, acarretando prejuízos intrinsecamente imbricados a essa realidade.

Tal condição desemboca em três situações não menos graves: o esgotamento sanitário (com solução já encaminhada), a questão da habitação (para as camadas mais pobres da população) e o problema da mobilidade. O enfrentamento de tal panorama desfavorável e suas soluções colocarão o Recife em um novo patamar na direção de uma cidade mais saudável e ecologicamente equilibrada.

Esta publicação pretende apontar diretrizes para que sejam aplicadas medidas adequadas para a diminuição dos danos causados pelas águas na cidade, o que a posicionará em um novo patamar, no horizonte próximo de seus 500 anos.

Os artigos aqui apresentados foram escritos por professores, pesquisadores, consultores e gestores públicos especialistas na questão e se destinam a decisores públicos, técnicos, estudantes e ao público em geral. Empenhamo-nos por uma escrita fluida ao buscar tornar simples um possível peculiar linguajar técnico. E pretendemos, enfim, trazer as mais adequadas soluções neste campo de estudo.

Trataremos as questões tomando como base os novos paradigmas relativos às mudanças climáticas e à sustentabilidade ambiental, movimento que vem ocorrendo em cidades dos cinco continentes e que começa a despontar em algumas cidades no Brasil, entre as quais o Recife.

Essa mudança de paradigma busca abandonar o modelo higienista, que vigorou no enfrentamento dos problemas de drenagem urbana desde fins do século XIX. Apresentamos um novo enfoque, ambientalmente sustentável, calcado em novas práticas e procedimentos de conservação e convivência com a água.

Nesse sentido, ao longo do texto serão apresentados o novo paradigma e as novas técnicas e procedimentos utilizados como solução para problemas de drenagem. Sobretudo no que diz respeito aos novos modelos de natureza teórico-práticos desenvolvidos na Europa e nos Estados Unidos da América, também já difundidos em todo o mundo. Além disso, apresentam-se os novos dispositivos concebidos que têm sido chamados de *técnicas compensatórias*, a fim de corrigir os problemas causados pela intensa urbanização das cidades.

Assim sendo, na sequência da argumentação, o foco é dirigido ao caso específico da cidade do Recife, cuja questão da drenagem é bastante

PRESENTATION

The subject of this publication is urban drainage and storm water management in general and, in particular, the specific characteristics and environmental impact of these in the city of Recife.

The movement back and forth of waters between rivers and the sea is the source of one of the main drainage problems of the Pernambuco capital and this “amphibious” municipality is frequently affected, at least in part, by the disadvantages connected with this.

This leads to three no less serious problems regarding sanitary sewerage (a solution to which is already being implemented), affordable housing, and mobility. Finding solutions to this range of problems will take Recife to a new, higher level of development and point it in the direction of a healthier, more ecological future.

This book aims to present guidelines for the introduction of effective measures to mitigate the damage caused by the city's waters, setting it on a new, surer footing, in preparation for the next 500 years.

The articles presented here have been written by academics, researchers, consultants and city managers who specialize in this field and its intended audience includes public decision-makers, technical staff, students and the general public. We have attempted to use language that makes this technical subject as simple and accessible as possible. Our goal is to introduce the readers to the most effective solutions yet discovered in this field of research.

We take as our basis here the new paradigms relating to climate change and environmental sustainability — a movement that is already underway in cities on all five continents and which is also beginning to emerge in some cities in Brazil, including Recife.

The paradigm shift involves relinquishing the hygienist model that has been the prevailing approach to urban drainage problems since the late 19th century. We present here a new focus on environmental sustainability, founded on new practices and procedures relating to conservation and harmonious coexistence with water.

Throughout this book, therefore, we will present this new paradigm and the new techniques and procedures being used to solve drainage problems. In particular, we will examine the new theoretical-practical models developed in Europe and the United States, which are now gaining traction around the world. We also present the new techniques known as *compensatory* or *sustainable drainage techniques*, which aim to correct the problems caused by intensive urban development in cities.

The focus will be on the specific case of the city of Recife, which faces fairly serious drainage problems, resulting from its location on an estuary, making it more vulnerable to deterioration over time. We also cover the various phenomena related to climate change, which are already being felt around the world. These will tend only

preocupante pelo fato de ser construída numa área estuarina, o que a torna mais vulnerável à deterioração em geral. Mais ainda, tendo em vista os fenômenos de mudanças climáticas que já se fazem sentir. Tais condições tendem a agravar os problemas se providências não forem tomadas.

De toda maneira, para uma melhor compreensão do leitor não especialista sobre o entendimento de como acontece a drenagem natural no território recifense, fizemos uma apresentação sobre a constituição da estrutura de macrodrenagem da cidade. Com uma disposição fluida, precisamos entender onde estão localizadas as diversas bacias de drenagem da cidade, os diferentes cursos de água caracterizados por suas diversas dimensões.

Também fizemos o esforço de resumir os estudos e projetos realizados no âmbito do novo Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife (PMDR). Seguimos os princípios orientadores dentro da abordagem atualmente em voga, cujo desenvolvimento resultou num diagnóstico exaustivo dos problemas na apresentação de um prognóstico em termos de diretrizes de soluções e elaboração de projetos, alguns dos quais já em implementação pela Prefeitura do Recife.

Há cerca de trinta anos, o Governo Municipal deu um passo adiante com a transformação da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana (Emlurb) numa empresa encarregada da conservação e manutenção da infraestrutura urbana do Recife, abraçando, portanto, a macro e a microdrenagem. Assim, no quinto capítulo se apresenta como é feita a gestão do Sistema de Drenagem do Recife, em termos da manutenção corretiva, preventiva e preditiva, visando a evitar os pontos críticos de alagamento, conservar a estrutura existente, desenvolver projetos, além de financiar as ações e ter em conta os limites existentes de ordem financeira e técnica.

Apresenta-se ainda uma inovação que surgiu no desenvolvimento dos trabalhos do PMDR, muito embora dele não constasse originalmente, e foi incorporada pela importância que veio a ter na definição da proposta da nova Lei Municipal da Drenagem. Trata-se da definição das Áreas de Preservação Permanente (APPs), dos rios e riachos do Recife, a partir das diferentes unidades ambientais que se verificam ao longo do percurso desses cursos de água em que a ocupação da água, durante as grandes precipitações, apresenta-se como elemento determinante. Tais áreas, legalmente exigidas para as margens dos cursos de água, apresentam-se como componentes fundamentais para a drenagem urbana e recomposição das paisagens locais. O agrupamento das funções que desempenham e das composições morfológicas de cada curso de água constitui diferentes unidades de paisagens. Segundo essa abordagem sistêmica, foi possível identificar e reconstruir paisagens promovendo-se, ao mesmo tempo, o ordenamento espacial do tecido urbano ao longo das margens dos rios, numa abordagem diferente de como a questão é tratada no Código Florestal.

to exacerbate problems, if appropriate measures are not taken soon.

To assist understanding for non-specialist readers, we have included an overview of the city's macro-drainage infrastructure. As this is by definition a fluid system, it is necessary to understand where exactly the city's various drainage basins are located, the various watercourses that run through it and their varying dimensions.

We have also attempted to provide an overview of the studies and projects conducted as part of the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife (PMDR). We are guided here by the most up-to-date approach, which has been developed as a result of a comprehensive diagnosis of the city's problems and a prognosis involving guidelines for the project that aims to provide solutions to these problems, some of which are already being implemented by Recife City Hall.

For around thirty years, various municipal administrations have made progress with the transformation of the Urban Cleaning and Maintenance Authority (Emlurb), into an organization responsible for conservation and maintenance of the urban infrastructure of Recife, including macro- and micro-drainage. Chapter Five therefore presents the management structure of the Recife Drainage System, in terms of corrective, preventive and predictive maintenance, in its efforts to prevent flooding at critical points, to conserve the existing structure, to develop projects, and to provide funding for operations within the limitations imposed by tight budgets and technical difficulties.

We also present an innovation that has arisen in the course of the development of the PMDR, even though this was originally not included and only incorporated later, in view of the important role it played in development of the proposed new Municipal Drainage Act. This innovation concerns the establishment of Permanent Preservation Areas (PPAs) around the rivers and streams of Recife, at various different environmental sites found along these watercourses, whose determining feature is occupation by water at times of heavy rain. Such areas, legally mandated along the banks of watercourses, constitute fundamental components of the urban drainage system and serve to provide regeneration of the local landscape. The range of functions that these watercourses serve and their diverse morphology makes each of these landscapes highly distinct. This systematic approach has made it possible to identify and reconstruct landscapes and, at the same time, provide spatial order for the urban fabric stretching along the banks of rivers, using an approach that differs substantially from that adopted in the Forestry Code.

The important issue of public participation is also addressed. This process is fundamental, especially in those areas with basic sanitation of very poor quality. The government, communities

A importante questão da participação da população também é tratada. Esse procedimento é fundamental, em especial nas áreas de maior precariedade de saneamento básico. Exige que o governo, as comunidades e os meios de comunicação empreendam um esforço comum no sentido de conscientizar os cidadãos a não jogarem lixo nos canais, rios e riachos. A contribuição da população na não obstrução das estruturas de microdrenagem acarreta, ainda, o barateamento dos custos dos serviços de manutenção.

Por fim, apresentam-se as consequências advindas do fenômeno das mudanças climáticas, que, como constatamos, vêm sendo observadas na cidade do Recife e têm uma interface direta com a questão da drenagem. Essas mudanças nos permitem observar alguns fenômenos que trazem consequências danosas para a cidade, como o aumento do nível do mar, o alargamento do período de seca, a ocorrência de níveis de precipitações nunca antes experimentados, picos máximos de temperatura e o aumento da frequência e intensidade de eventos extremos.

Tais problemas exigem dos gestores públicos que se antecipem, visando mitigar e atenuar os efeitos das ocorrências desses fenômenos no Recife. A cidade possui um grande passivo no campo da drenagem a ser reduzido nos próximos anos numa indispensável articulação com a comunidade técnica e a população. Para isso, a presente publicação se propõe a ser instrumento de esclarecimento e estímulo. A cidade precisa e requer este indispensável avanço. Estamos todos empenhados em atingi-lo.

Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos
Organizador

and the media need to work together to encourage residents of the city not to dump garbage in rivers, streams or canals. If the population helps to ensure that micro-drainage structures are not blocked, this will further reduce the cost of maintenance services.

Finally, we present the consequences of the climate-change-related phenomena, which, as we have seen, can already be seen in Recife and are directly related to the issue of drainage. These harmful consequences include a rise in sea level, the prolongation of the dry season, the highest levels of rainfall in recorded history, maximum temperature peaks, and increased frequency and intensity of extreme weather events.

These problems require that the public authorities look to the future, with a view to mitigating and attenuating the effects of such phenomena in Recife. The city has a highly deficient drainage system that badly needs improvement in the coming years. This will require technicians and the local population to work together as a team. The present publication aims to provide information and encouragement in this regard. The city needs to take this step forward, to which we all share a profound commitment.

Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos
General Editor





SUMÁRIO *TABLE OF CONTENTS*

20		INTRODUÇÃO <i>INTRODUCTION</i>
24	CAPÍTULO 1	POR UM URBANISMO SENSÍVEL ÀS ÁGUAS: Recife, a ocupação urbana, a natureza e suas dinâmicas <i>TOWARDS WATER-SENSITIVE URBAN DESIGN: Recife, the dynamics of nature and urban development</i>
48	CAPÍTULO 2	TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS NA DRENAGEM <i>USTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS</i>
78	CAPÍTULO 3	MACRODRENAGEM: A estruturação fluida da cidade do Recife <i>MACRODRAINAGE: The fluid structuring of the city of Recife</i>
100	CAPÍTULO 4	O NOVO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM DO RECIFE: desafios à urbanização e à sustentabilidade face aos conflitos com a água na Veneza brasileira <i>RECIFE'S NEW MASTER PLAN FOR DRAINAGE: urban development and sustainability in the context of water crises in the Venice of Brazil</i>
136	CAPÍTULO 5	A GESTÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO RECIFE <i>THE MANAGEMENT OF RECIFE'S DRAINAGE SYSTEM</i>
162	CAPÍTULO 6	AS ÁGUAS DO RECIFE E O ORDENAMENTO DA PAISAGEM URBANA <i>THE WATERS OF RECIFE AND URBAN LANDSCAPE PLANNING</i>
192	CAPÍTULO 7	PARTICIPAÇÃO SOCIAL E DRENAGEM URBANA <i>SOCIAL PARTICIPATION AND URBAN DRAINAGE</i>
214	CAPÍTULO 8	O RECIFE NO CONTEXTO MUNDIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS <i>RECIFE IN THE INTERNATIONAL CONTEXT OF CLIMATE CHANGE</i>
238		CONCLUSÃO GERAL <i>GENERAL CONCLUSION</i>
240		SOBRE OS AUTORES <i>ABOUT THE AUTHORS</i>
245		AGRADECIMENTOS <i>ACKNOWLEDGMENTS</i>
248		REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS <i>BIBLIOGRAPHIC REFERENCES</i>
256		REFERÊNCIAS DAS IMAGENS <i>REFERENCES FOR IMAGES</i>

20 Os oito artigos que compõem esta publicação têm como objetivo trazer a público, de modo a transpor algum academicismo, de forma palatável, um entendimento sobre a questão da drenagem das cidades de um modo geral e da cidade do Recife em particular. Assim sendo, o leitor poderá compreender os diversos aspectos ligados ao tema, desde novos paradigmas afluentes em todo o mundo até os desafios imperativos e atuais diante das mudanças climáticas que alcançam todo o planeta.

No primeiro artigo, o autor apresenta um novo *approach* que atualiza o olhar do estudioso sobre o tema, transporta uma visão possivelmente pautada em ultrapassados princípios do movimento higienista para uma visão de caráter ambientalista. As águas são um dos elementos mais caros à vida humana. Têm hoje uma relação com o modelo de produção vigente nas cidades que é, no mínimo, conflituoso. O ambiente urbano sofre os resultados da cultura de menosprezo das águas sob distintos vieses: progressiva redução da oferta de água potável; degradação de mananciais; perspectiva dos riscos, com a ampliação dos efeitos das chuvas provocada pela artificialização ou eliminação de cursos de água. Um discutível enfoque em estruturas urbanas e de paisagem também entra na lista, pois há grande desperdício das faculdades que as águas têm de organizar e amenizar espaços urbanos e de dar coesão à imagem das cidades.

No novo paradigma emergente, as águas protagonizam, em seus domínios naturais e dominâncias ao sabor do homem sobre o tempo, o ordenamento territorial no qual se busca recuperar processos e dinâmicas do ciclo hidrológico em meio urbano. Nesse caminho de processamento mútuo, emergem novos conceitos de urbanismo ligados às águas, que se vêm consolidando e já se apresentam como eixos de reconciliação entre as cidades e suas águas em diversas localidades do planeta.

No segundo artigo, os autores apresentam as novas técnicas compensatórias na drenagem. A reprodução de antigos padrões de desenvolvimento, a construção de casas e prédios, bem como o asfalto e o concreto nas ruas reduziram a infiltração nas cidades. Dessa forma, diante da prática de diretrizes obsoletas, mesmo em épocas distintas, para uma chuva de mesma intensidade, o ciclo hidrológico é modificado, e a vazão produzida pode chegar a ser seis vezes maior do que a anterior.

Para conviver, portanto, com as vazões cada vez maiores, durante algumas décadas os projetos de drenagem focaram no aumento da capacidade hidráulica dos condutos, ampliando o diâmetro das tubulações ou fazendo projetos de grandes obras hidráulicas como preconizado pelo movimento higienista.

Diante de tal situação e suas mazelas ao longo dos anos, cidades de diversos países passaram a constatar que seria necessária uma abordagem sustentável da drenagem urbana. O empreendimento objetivaria menos sofrimento à população e menos incômodos provocados por alagamentos e

The eight articles that make up this publication aim to provide readers with an accessible account of recent scholarly research on the issue of drainage in cities in general and specifically in the city of Recife. The reader will be introduced to the various aspects of this issue, ranging from the new paradigms emerging around the world to the urgent global challenges posed by climate change.

In the first article (Chapter 1), the author presents a new approach that brings the reader up to date on the state of knowledge in the field, which has shifted from a view mainly based on outdated hygienist principles to one of a more environmentalist character. Water is one of the aspects of nature that human beings hold dearest. The current model for coexisting with water in cities is, at the very least, one that is prone to generate conflict. The urban environment is suffering the effects of a culture that undervalues water in various regards: with ever dwindling supplies of drinking water; degradation of mangrove areas; and the prospect of ever-greater hazards emerging, with the exacerbation of the effects of rain caused by the creation of artificial landscapes and the elimination of watercourses. A debatable approach to urban structures and landscapes should also be included in this list of hazards, since the natural ability of water to organize and improve the quality of urban spaces and to provide a cohesive image of the city has largely been neglected by urban planning hitherto.

In the emerging paradigm, water — in its natural state and as adapted for the purposes of human beings over time — plays an active role in a kind of urban planning that aims to recover the original dynamic processes of the water cycle in urban settings. This has led over the years to the emergence of new urban planning concepts related to water and these now form the basis for the re-creation of harmonious coexistence of cities and their waters in various locations worldwide.

The authors of the article contained in Chapter 2 outline various new sustainable drainage techniques. The replication of age-old patterns of development, the construction of houses and buildings, and the asphaltting and concreting of roads, have led to a reduction in infiltration in urban environments. These obsolete guidelines, followed during distinct periods of time which nevertheless have experienced the same intensity of rainfall, have caused the water cycle to be modified and the quantity of water discharged may now be six times greater than it was previously.

To enable coexistence with ever greater quantities of water, drainage projects have, for several decades now, focused correspondingly on increasing the hydraulic capacity of conduits, increasing the diameter of pipes, or installing large-scale hydraulic projects, in alignment with the principles of the hygienist movement.

que as intervenções fossem ambientalmente mais adequadas e não ficassem tão dispendiosas.

Para dar conta dessa problemática, fez-se necessário desenvolver abordagens tanto viáveis economicamente quanto alinhadas às urgências da crise ambiental global. Os novos dispositivos concebidos têm sido chamados de *técnicas compensatórias*, visto que tentam compensar os problemas causados pela intensa urbanização. Dessa forma, no segundo artigo, os autores descrevem quais são as técnicas compensatórias no panorama de novas abordagens para drenagem urbana em busca de uma cidade mais sustentável.

No terceiro artigo, a abordagem realizada faz uma aproximação desse novo paradigma global com a realidade particular da drenagem na cidade do Recife. Nele, o autor apresenta como se constitui a macrodrenagem do Recife, isto é, como se configura a estrutura fluida da capital.

Ao longo do artigo, o autor explana como estão definidas e localizadas as diversas bacias de drenagem que constituem o sistema de macrodrenagem, com seus diferentes cursos de água no território recifense, além de caracterizá-las em suas distintas dimensões: formação geológica, extensões e tipos de curso de água, volume, taxa de ocupação, entre outros.

No quarto artigo, o autor apresenta uma visão panorâmica do novo Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife, o PMDR, que, diga-se de passagem, concebe-se como um projeto cujo produto final vai muito além da simples definição de um Plano Diretor. Há um amplo e pormenorizado conjunto de atividades nele desenvolvido, colocando o Recife entre as cinco cidades brasileiras que hoje dispõem de um Plano para o enfrentamento dos desafios climáticos atuais e futuros.

No artigo, partindo dos já citados vultosos dilemas atuais da drenagem urbana em âmbitos mundial e local, são apresentados os princípios orientadores do PMDR dentro da abordagem ambientalista; o objetivo geral e os específicos, com ênfase nas medidas estruturais e não estruturais para solução dos problemas; o diagnóstico da situação atual do Sistema de Drenagem do Recife; os principais problemas a serem solucionados; as propostas em termos de programas e projetos; os recursos a serem investidos; as diretrizes propostas para o sistema físico (na macro e microdrenagem); e as diretrizes para o sistema de gestão. Além disso, apontam-se os principais estudos e levantamentos de campo realizados, os projetos elaborados (básicos e executivos) e a legislação (instrumento normativo) que passa a reger os múltiplos aspectos da drenagem na cidade do Recife.

No quinto artigo, os autores dissertam sobre o desenvolvimento da Gestão do Sistema de Drenagem do Recife, em termos de suas diretrizes gerais; projetos desenvolvidos; aspectos fundamentais referentes à manutenção preventiva e preditiva, com ênfase nos pontos críticos de alagamento; utilização de novas tecnologias/materiais; novos procedimentos de manutenção;

In view of the growing severity of this situation over the years, cities in various countries have come to see the need for a sustainable approach to urban drainage. Such an undertaking aims to reduce the suffering and inconvenience caused by flooding and involves more environmentally adequate and less costly interventions.

Addressing this issue requires the development of approaches that are both economically viable and aligned to the urgent needs generated by the global environmental crisis. These new techniques have been called 'compensatory' or 'sustainable', in so far as they aim to compensate for problems caused by intensive urban development. Chapter 2 thus describes these techniques in the context of new approaches to urban drainage that seek to create a more sustainable city.

Chapter 3 goes on to apply this new global paradigm to the specific context of drainage in the city of Recife. It presents the city's macro-drainage system — the way that the city is structured from a hydrological point of view.

The chapter explains how the various drainage basins that make up the macro-drainage system have been located and established over time and describes the various watercourses that run through the city of Recife. The author of this chapter also characterizes these waterways in terms of geological formation, length and type, volume of water, degree of human occupation, and so forth.

The author of Chapter 4 presents an overview of the new Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife, the PMDR, whose final design, it should be noted, goes far beyond the directives of a simple Master Plan. This plan outlines a wide-ranging, detailed set of activities and, as a consequence, Recife is now one of only five Brazilian cities that possess a Plan for confronting present-day and future climate challenges.

Chapter 4 uses these huge contemporary urban drainage dilemmas at global and local level to provide an overview of the guiding principles of PMDR and their environmentalist foundation. This overview includes the overall objective and specific goals, including a description of structural and non-structural problem-solving measures, a diagnostic study of the situation of Recife's existing drainage system, the main problems requiring solution, the programs and projects proposed, the resources that need to be invested, the guidelines proposed for the physical (macro- and micro-drainage) system, and the proposed management system. It also examines the main studies and surveys conducted in this field, the preliminary plans and projects already carried out and the legislation (legal norms) introduced to govern the various aspects of drainage in the city of Recife.

Chapter 5 discusses the development of the Management of Recife's Drainage System, including: its various general guidelines;

22 novos equipamentos; manutenção corretiva no que tange a interferências com outras redes de infraestrutura; financiamento das ações; e os limites de ordem financeira e técnica.

Levando em conta o caráter profusamente aquoso do Recife e tendo em vista os principais rios e riachos da cidade, os autores do sexto artigo analisam as diferentes unidades ambientais que se verificam ao longo do percurso em que a água se apresenta como elemento determinante. Assim, discute-se sobre as Áreas de Proteção Permanente (APPs). Áreas em que, por lei, são exigidos, para as margens dos cursos de água, componentes fundamentais para a drenagem urbana e a recomposição das paisagens locais. Essas áreas, em conjunto com o tecido urbano circunvizinho, são compreendidas como fragmentos territoriais requeridos pelo sistema de drenagem da cidade e por ações paisagísticas. Promovem diversas outras funções urbanas, desde as infraestruturas, a ecológica e as relacionadas à identidade cultural das comunidades ribeirinhas. O agrupamento dessas funções e as inúmeras composições morfológicas caracterizam as diferentes unidades de paisagens.

No que se propõem os estudos que arrimam esta publicação, realizaram-se análises de paisagens locais donde se formularam Unidades Paisagísticas a partir de categorias espaciais, sejam elas: afluência hídrica; sítio natural; padrão de ocupação; centralidades urbanas; acessibilidade urbana; aspecto cênico ou estético; e institucionalidade do assentamento urbano. Sob o filtro dessa abordagem sistêmica, foi possível identificar e reconstruir paisagens, promovendo-se, ao mesmo tempo, o ordenamento espacial do tecido urbano.

O estudo dessas unidades de paisagens, realizado para o PMDR, possibilitou desenhar as áreas de APPs para os principais rios e riachos do Recife, o que permitiu que a definição de tais áreas fosse incorporada ao instrumento normativo que regulamentará os diversos aspectos referentes à drenagem da cidade. A nova lei da drenagem já se encontra em estágio de análise na Câmara dos Vereadores.

No sétimo artigo, a autora trata da participação social, tecendo uma discussão sobre a drenagem urbana e as implicações da participação da população, em especial nas áreas de maior carência do saneamento básico. Chama a atenção para os desafios referentes à aplicabilidade dos elementos fundamentais do estudo frente à realidade social precária de alguns locais do município, que possui muitas particularidades e singularidades.

No último artigo, os autores abordam as consequências das atuais mudanças climáticas, que afetam todo o planeta e, portanto, a cidade do Recife. O aumento da temperatura média global tem provocado alterações talvez irreversíveis no clima. Essa mudança climática permite antecipar a ocorrência de alguns fenômenos que já podem ser observados e que trazem consequências danosas para o Recife, como o aumento do nível do mar; a variabilidade dos regimes sazonais de chuvas; o aumento do período de seca, causando

the projects developed; fundamental aspects relating to preventive and predictive maintenance, with special emphasis on the critical points where flooding is prone to occur; the use of new technology/materials; new maintenance procedures; new equipment; corrective maintenance to address interference from other infrastructure networks; possible sources of funding; and financial and technical limitations.

Bearing in mind the highly aquatic nature of Recife with its many rivers, streams and canals, the authors of Chapter 6 examine the various environmental protection sites found along the city's main stretches of water. This chapter also discusses the Permanent Protection Areas (PPAs), these being areas located on the banks of watercourses that are protected by law. These areas, together with the urban fabric that surrounds them, are understood to be essential components of the city's drainage system and landscape. They perform various other functions in the city, providing infrastructure, ecological balance and cultural identity for riverside communities. Distinct kinds of landscape unit are distinguished by their different functions and variety of morphological features.

The studies contained in this publication aim to examine local landscapes that may be considered Landscape Units on the basis of a variety of spatial categories. These categories include: the influence of water; the naturalness of the site; the pattern of occupation; the centrality of the location in the city; urban accessibility; the beauty of the landscape; and the legal status of human settlements. This systematic approach has enabled the identification and reconstruction of various landscapes, thereby promoting orderly development of the urban fabric.

The study of these landscape units carried out for the PMDR has made it possible to draw up PPAs for the main rivers and streams of Recife, enabling the establishment of such areas to be incorporated into the legal norms governing the various aspects of drainage in the city. The new drainage law is currently being debated by the City Council Chamber.

Chapter 7 discusses the issue of public participation in relation to urban drainage and the implications of such participation, especially in those areas most lacking in basic sanitation. Attention is drawn to the challenges faced in applying such procedures in the precarious social circumstances of some locations in the municipality, with their many peculiarities and specific individual features.

The authors of the final chapter examine the consequences of the climate changes that are currently affecting the whole planet, including the city of Recife. Increases in average global temperatures have given rise to climate changes that may now be irreversible. Awareness of this makes it possible to predict the occurrence of the phenomena that are already being observed and that have the potential to produce very

escassez de recursos hídricos; a elevação das ondas de calor e picos de temperatura; o aumento de frequência e intensidade de eventos extremos (chuva torrencial, tempestades, ventos fortes e ciclones). Ainda no artigo, os autores abordam, no âmbito recifense, a necessidade da convivência com a água face às mudanças climáticas e o uso de tecnologias alternativas para o manejo adequado das águas pluviais.

Diante das atuais diretrizes de drenagem, aqueles que possuem e possuirão condições de executar tais demandas terão que se apropriar desses novos conceitos, baseados em um exercício de antecipação complexo, dadas as incertezas sobre futuros cenários de mudanças no clima e na ocorrência de danos materiais e humanos. É primordial que as partes interessadas compreendam, de fato, os riscos iminentes e sejam mobilizadas a desenvolver e adaptar suas práticas em consonância com os cenários atuais e futuros.

harmful consequences for Recife. These include: rising sea levels; greater variation in seasonal rainfall; prolongation of the dry season, leading to water shortages; increased occurrence of heat waves and temperature peaks; heightened frequency and intensity of extreme weather events (torrential rain, storms, strong winds and cyclones). This chapter also addresses the need in Recife for harmonious coexistence with water in the face of climate change and the use of alternative technology for adequate management of storm water.

According to existing drainage guidelines, those who are able to meet such demands will be those who employ these new concepts based on complex forecasting and uncertain data relating to future climate change scenarios and potential damage to property and human life. It is essential that interested parties are truly conscious of the imminent risks and mobilized to develop and adapt their practices to current and future scenarios.



1

POR UM URBANISMO SENSÍVEL ÀS ÁGUAS: Recife, a ocupação urbana, a natureza e suas dinâmicas

TOWARDS WATER-SENSITIVE URBAN DESIGN:

Recife, the dynamics of nature and urban development

FABIANO ROCHA DINIZ

26 Como maiores e mais complexos artefatos humanos, as cidades se fizeram construir na tentativa paulatina de conquista e de domínio sobre a natureza. Lenoble (1969) assinala que a ideia de natureza em si nasce dessa oposição, estabelecida pelo ser humano, entre aquilo que foi idealizado e construído por ele e tudo o que existia antes de sua intervenção (o “natural”). O embate entre o natural e o humano se estende para além da exploração dos recursos necessários à sobrevivência das sociedades humanas. É fato que, nas cidades — aglomerados humanos por excelência —, os limites desses recursos são cada vez mais postos em xeque, dados os indícios de que o ritmo de sua exploração aponta para o seu esgotamento. Outros aspectos tratados por Lenoble, como os de ordem estética, mágica (ou religiosa) e metafísica, devem ser trazidos à tona, além daqueles referentes à fisiografia dos sítios ocupados (sua suscetibilidade a acidentes) e às condições das organizações sociais abrigadas no meio urbano (a configuração do território em si), que ditam o menor ou maior grau de harmonia com o ambiente em que vivem (os níveis de vulnerabilidade e de resiliência das populações).

Num momento em que a relação entre cidade e natureza atrai a atenção de estudiosos e gestores urbanos, a estruturação, a organização e o controle das cidades se tornam alvo de preocupações para com o trato dos limites e dos potenciais representados pelos condicionantes naturais. Bourdeau-Lepage (2016) dedica um livro por ela organizado ao debate entre o desejo de (re)aproximação entre o urbano e o natural e as controvérsias a ele relacionadas. Ela convida a pensar diferentemente o ordenamento urbano, pondo de lado o ideal de instrumentalização da natureza e buscando revelar sua face oculta, inclusive sob o ponto de vista das demandas dos cidadãos.

Cities are large complex human artifacts constructed as part of an ongoing attempt to conquer and dominate nature. Lenoble (1969) argues that the very idea of nature arose from the opposition established by human beings between things designed and built by them and everything that existed before their intervention (i.e. the “natural” world). The opposition of the natural and the human goes far beyond mere exploitation of the resources necessary for the survival of human societies. The fact is that, in cities — which are the epitome of human agglomeration — questions are increasingly being raised regarding the limitations of such resources, since all indications seem to lead to the conclusion that the pace at which they are being exploited is leading inexorably to their exhaustion. Other aspects addressed by Lenoble, including those of an aesthetic, magical (religious) and metaphysical nature, should also be mentioned, along with those relating to the physical geography of the sites occupied (their proneness to accidents) and the conditions of social organization in the urban environment (the configuration of territory itself). Both of these dictate the degree of harmony with the environment in which people live (the levels of vulnerability and resilience of the population).

At a time when the relation between cities and nature is attracting the attention of scholars and urban managers, the structuring, organization and control of cities has become a subject of concern regarding the limitations and potential posed by natural factors. Bourdeau-Lepage (2016) has edited a book on the debate regarding the desire to bring the urban and the natural worlds back into closer harmony and the controversies arising from this. This author invites



FIGURAS 1 E 2

Cisterna Romana em Fermo, Itália, e aqueduto romano em Lyon, França
Exemplos da “doma” das águas para suportar a vida nas cidades.

FIGURES 1 AND 2

Roman cistern in Fermo, Italy, and Roman aqueduct in Lyon, France
Examples of the “taming” of waters to support life in cities.

No que diz respeito às águas, um dos elementos mais caros à vida humana, a relação com o modelo de produção das cidades é, no mínimo, conflituosa. O ambiente urbano sofre os resultados da cultura de menosprezo das águas sob distintos vieses: do ponto de vista do abastecimento, com a degradação de mananciais e a progressiva redução da oferta de água potável; da perspectiva dos riscos, com a ampliação dos efeitos das chuvas provocada pela artificialização ou eliminação de cursos de água e da vegetação de suas margens; pelo enfoque de estruturas urbanas e de paisagem, com o desperdício das faculdades que as águas têm de organizar e amenizar espaços urbanos e de dar coesão à imagem das cidades; dentre outros.

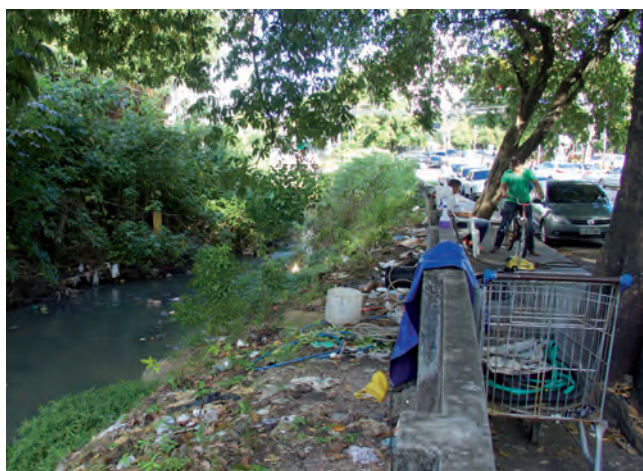
No quadro de mudanças climáticas por que passa o globo terrestre, evidenciado pela ocorrência mais constante de eventos extremos, os conflitos entre águas e cidades se exacerbam. Cidades como o Recife, consolidada em um sítio onde tais águas são quase onipresentes, sofrem mais intensamente os efeitos do desequilíbrio entre a forte influência dos regimes hídricos nas dinâmicas urbanas e a débil atenção dispensada às águas no ordenamento territorial urbano. Não é acaso que a cidade seja considerada um *hot spot* mundial de mudanças climáticas (IPCC, 2013).

Por longo tempo, essas problemáticas foram tratadas pelo viés intervencionista, fruto de ideais racionalistas que apregoavam a capacidade de controle do Homem sobre a natureza. As obras físicas da engenharia (canalizações, barragens, impermeabilização extensiva) apenas agravaram o cenário, pondo em dúvida a efetividade das soluções artificializantes. Entretanto as posturas de enfrentamento desse gênero de questão vêm sendo transformadas. Percebe-se uma espécie de transição de paradigmas, em que

us to think differently about the way cities are ordered, putting aside the ideal of the 'instrumentalization' of nature and seeking to reveal the aspects of this that normally remain hidden, including the point of view of the needs of city-dwellers.

Water is one of the elements that is most precious for human life but the relation between water and the conventional model for producing cities has, to say the least, been one of conflict. The urban environment has suffered the consequences of a culture that, for various reasons, underestimates the value water. In the case of the supply of water there are problems with degradation of the water sources and gradual exhaustion of supplies of clean drinking water. In relation to natural hazards, the effects of rain have been made more severe by human intervention in or elimination of watercourses and riverside vegetation. From the point of view of urban structures and landscape, the capacity of waters to organize space, mitigate the effects of urban development, and provide a cohesive image for the city, among others, has likewise been grossly underestimated.

The climate change that the planet is currently undergoing, as evidenced by the more frequent occurrence of extreme weather events, has led to an intensification of these conflicts between water and urban structures. Cities such as Recife, crammed into spaces in which such waterways are practically ubiquitous, are most severely affected by this imbalance between the powerful influence of water regimes on the dynamics of the city and the scant attention paid to water management in the urban development of the city. It is no coincidence that Recife is considered a world 'hot spot' for climate change (IPCC, 2013).



FIGURAS 3 E 4
O Riacho Parnamirim, no Recife, poluído e com margens ocupadas
Exemplo dos impactos da ação antrópica sobre cursos de água e ambientes aquáticos.



FIGURAS 3 AND 4
Parnamirim Creek, in Recife, polluted, with its banks occupied
An example of the impact of human activity on watercourses and aquatic environments.

28 intervenções exclusivamente físicas são substituídas por abordagens interdisciplinares e intersetoriais mais atentas às reais raízes dos problemas: o modelo e o processo de produção do espaço urbano, pouco atento às águas.

No novo paradigma emergente, a gestão das águas passa a ser orientada (ou ao menos coordenada) pelo ordenamento territorial, no qual buscam-se recuperar processos e dinâmicas do ciclo hidrológico em meio urbano. Nesse caminho de aproximação mútua, conceitos como Urbanismo Sensível às Águas vêm se consolidando e, hoje, já se apresentam como eixos de (re)conciliação entre as cidades e as águas, em torno do preceito da sensibilidade para com estas últimas.

Característica do trato dessa temática em meio urbano, a complexidade de escalas e de tempos a serem considerados na gestão de águas se soma a um desafio suplementar: o envolvimento de um amplo leque de atores e agentes sociais que devem tomar parte da condução do processo de planejamento e gestão. Na raiz das transformações recentes, tem-se como objetivo maior a mudança de cultura em que a visão antropocêntrica ceda espaço a uma ótica de intervenção orientada pela conservação ou recuperação das condições de funcionamento do ciclo das águas em meio urbano. Importa, assim, esclarecer como surge esse novo paradigma, suas características e potenciais repercussões sobre a cultura de gestão com as águas urbanas, pautadas por uma postura mais harmônica e sensível para com elas.

For a long time, these problems were treated in an interventionist fashion, using methods based on rationalist ideals that lauded the capacity of human beings to control nature. Physical works of engineering (canals, dams, extensive soil sealing) have served only to exacerbate this situation, raising doubts as to the true effectiveness of such artificial solutions. Meanwhile, there has been a shift in attitudes with regard to such issues. A kind of paradigm shift has occurred, involving the replacement of exclusively physical interventions by cross-disciplinary, cross-sector approaches that are more attentive to the true roots of these problems. The traditional approach adopted models and processes for the production of urban space that pay little regard to its waters.

In the emerging paradigm, water management has come to be guided (or at least coordinated) by a kind of urban development in which an attempt is made to recover the dynamics and natural processes of the water cycle in urban environments. Concepts such as Water-Sensitive Urban Design (WSUD) are on the rise and are nowadays put forward as the basic principles for a (re)conciliation of the city and its waters.

One characteristic feature of this approach in urban settings is the consideration that the complexity of the scale and the timeframe involved in water management comes hand in hand with an additional challenge: that of involving a broad range of stakeholders and social players to participate in the planning and management process. The broader aim underlying recent changes has been an attempt to change the culture in such a way that the anthropocentric view gives way to one that regards interventions in terms of conservation or recuperation of the natural conditions of the water cycle in urban settings. It is therefore important to explain how this new paradigm came about and to outline its main features and potential effect on the urban water management culture, making it more sensitive to the city's waters and in harmony with them.

1. REPENSANDO PARADIGMAS: À BUSCA DA CONVIVÊNCIA ENTRE CIDADES E ÁGUAS

As ocorrências associadas aos impactos das águas sobre as cidades, como alagamentos, deslizamentos de terras e a penúria da água potável foram historicamente compreendidas como efeitos exclusivamente dos eventos naturais, dos azares, fruto da ação impiedosa de uma natureza agressiva e perigosa. Ainda que hoje persista essa compreensão, autores como García Acosta (2008) esclarecem que, nas cidades, os desastres ditos “naturais” resultam da associação entre aspectos de suscetibilidade (as características geomorfológicas dos terrenos, os regimes climáticos) e de vulnerabilidade (as condições de organização social, o planejamento e o controle da ocupação sobre o meio, as estruturas urbanas). Estes últimos, vinculados às atividades humanas, são responsáveis pelo equilíbrio entre eles e os condicionantes representados pelos primeiros. Assim, não se pode falar de riscos e de acidentes naturais, pois a ação antrópica está na raiz do problema.

A associação exclusiva entre os fenômenos naturais e os acidentes causados pela ação das águas induziu a posturas de intervenção equivocadas, focadas somente no controle, disseminando obras que alteravam profundamente as condições originais de funcionamento do ciclo hídrico. Os impactos dessas ações não alcançaram o resultado esperado. Ao contrário, a exemplo das soluções de controle de enchentes com base na condutividade ou escoamento rápido das águas de chuvas, acabavam por promover a transferência dos problemas (para jusante) em proporções de volume e vazão ampliadas pela artificialização, com a impermeabilização de superfícies, a retificação e o revestimento de cursos de água e a supressão da cobertura vegetal.

No prefácio à *Enciclopédia de Hidrologia Urbana e de Saneamento*, Deutsch (1997) aponta que, entre as décadas de 1960 e 1970, diante da falência das

1. RETHINKING PARADIGMS: THE QUEST FOR THE HARMONIOUS COEXISTENCE OF CITIES AND THEIR WATERS

Occurrences associated with the impact of water on cities, such as flooding, landslides and a shortage of drinking water, have historically been understood as the effects of exclusively natural events and bad luck, brought about by the pitilessness of an aggressive and dangerous natural world. Although this view persists today, authors such as García Acosta (2008) point out that, in urban areas, disasters described as “natural” are in fact the result of a combination of factors relating to susceptibility (the geomorphology of the terrain, the climate) and vulnerability (social organization, planning and oversight of urban occupation of the environment, and built structures). The second group of factors, which relates to human activities, is responsible for maintaining a balance between these human aspects and the natural ones contained in the first category. It is misguided therefore to speak in terms of ‘natural’ hazards and accidents, since human activity usually lies at the root of the problem.

The exclusive association of accidents caused by the action of water with natural phenomena has led to inappropriate interventions focused solely on control and public works that have profoundly altered the natural water cycle. Such actions do not accomplish their desired goal. On the contrary, interventions such as flood-control solutions based on re-direction or rapid runoff of storm waters have ended up simply shifting the problems downstream, with the volume and flow of water amplified by the adoption of artificial measures, such as soil sealing, straightening of watercourses, the construction of embankments, and the clearance of vegetation cover.

In the preface to *The Encyclopedia of Urban Hydrology and Sanitation*, Deutsch (1997) notes

29



FIGURAS 5 E 6
Encostas expostas a deslizamento de terras em Nova Descoberta, Recife, 2021, e ruas alagadas em Casa Forte, Recife, 2020.
Exemplos de desastres associados às águas.



FIGURES 5 AND 6
Hillsides exposed to landslides in Nova Descoberta, Recife, 2021, and flooded streets in Casa Forte, Recife, 2020.
Examples of disasters involving water.

30 soluções exclusivamente afeitas à engenharia civil para o controle de águas pluviais, houve uma inflexão nas abordagens hidrológicas. Percebia-se, então, que as questões de fundo a serem enfrentadas se referiam ao modelo de produção e de apropriação do espaço urbano, não às dinâmicas do ciclo de águas nas cidades. Isso obrigaria as iniciativas dos engenheiros a se aproximarem e dialogarem com outras, de ordem econômica, social, ambiental e cultural (TUCCI, 2008). Progressivamente, além de competências no campos da Hidráulica, Hidrologia, Hidrogeologia e da Meteorologia, a gestão de águas urbanas mobilizaria outras, desenvolvidas por disciplinas como a Geografia, a Sociologia, a Biologia, o Urbanismo, a Saúde, numa perspectiva de abordagem interdisciplinar.

Ao tempo que as soluções hidrológicas tendem a se pautar pela consciência do grau de complexidade do fenômeno urbano, as ações de ordenamento territorial passam a incorporar aspectos hidrológicos em suas abordagens. Integração se torna palavra de ordem, tanto entre campos disciplinares quanto entre políticas setoriais (DINIZ, 2010). As escalas de abordagem se ampliam; as noções de desenvolvimento sustentável e resiliência são adotadas. As medidas não estruturais ganham importância e (re)orientam as ações de gestão das águas que, para serem coerentes, devem ser integradas e participativas (POMPÊO, 2000).

1.1. ÁGUAS COMO VIÉS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL: REFERÊNCIA PARA UM NOVO URBANISMO

Um aspecto marcante da construção de um novo paradigma hidrológico é aquele que vincula a gestão das águas às diretrizes de ordenamento territorial, influenciando-as e sendo por elas influenciadas. Constituindo-se em elementos fixos (SANTOS, 1994), tanto os cursos de água (naturais, alterados ou artificiais) quanto as redes de abastecimento de água e de coleta de esgotos são elementos definidores, ou ao menos condicionantes, das estruturas urbanas e das dinâmicas e atividades socioespaciais (donde resultam os fluxos). As águas, por um lado, modelam o espaço, pela sinuosidade dos meandros dos rios que guiam traçados viários e formas urbanas (quadras e espaços livres, sobretudo). Por outro, elas também modulam os distintos padrões de ocupação do solo, sendo variável determinante para definição de densidades, quer pela oferta de água potável, quer pela restrição da ocupação em terras inundáveis ou escorregadiças.

O Recife é um caso clássico dessa noção, sendo seu território moldado pela presença das águas, na planície alagável e nas colinas que a circundam. Santana (2003, p. 65-66) registra que a cidade nasceu não apenas na colina de Olinda, mas também “[...] na planície, nos seus melhores e mais elevados

that, between the 1960s and 1970s, the failure of solutions accomplished exclusively by means of civil engineering to control rainwater led to a change in hydrological approaches. It was subsequently noticed that the root problems to be addressed concerned the model of production and appropriation of urban space, not the dynamic of the water cycle in cities. This would oblige engineers to come up with initiatives that overlap with and incorporate other factors of an economic, social, environmental and cultural nature (TUCCI, 2008). Gradually, urban water managers look to experts beyond the fields of hydraulics, hydrology, hydrogeology and meteorology, in areas such as geography, sociology, biology, urban planning, and health sciences, in an interdisciplinary manner.

While hydrological solutions now tend to take into account the degree of complexity of urban entities, actions relating to urban development have in turn come to incorporate hydrological considerations into their approach. *Integration* has become the order of the day, both in academic circles and in policy-making (DINIZ, 2010). The scale of intervention has now increased and the notions of sustainable development and resilience have been adopted. Nonstructural measures have gained importance and have come to provide new guidelines for water management actions, which, in order to possess coherence, need to be integrated and participatory (POMPÊO, 2000).

1.1. A WATER-BASED APPROACH TO URBAN DEVELOPMENT: A POINT OF REFERENCE FOR CONTEMPORARY URBAN PLANNING

One striking aspect of the new paradigm in hydrology concerns the way water management guidelines and urban development are inter-related, the one influencing the other. Fixed elements (SANTOS, 1994), such as watercourses (natural, altered or artificial) and water supply and sewage collection networks, are defining or at least constraining features in relation to urban structures and the dynamics of social activities in space (which result in water flows). Water, on the one hand, molds space — through the meandering of rivers that guide transport routes — and shapes the urban environment (courtyards and open spaces, in particular). On the other, it also creates distinctive patterns of land use, being a key variable in determining density, either by way of the supply of drinkable water, or by restricting the use of land prone to flooding or mudslides.

Recife is a classic case of a city molded by its waters, situated on a floodplain surrounded by hills. Santana (2003, p. 65-66) notes that the city originated not only on a hill in Olinda, but also “...on the floodplain, on its highest and most desirable spots, in areas where the flatlands were connected to the hills, [...] near water or



FIGURAS 7 E 8

Vistas do Recife, Brasil, e de Bruges, Bélgica

Exemplos de cidades “moldadas” pelas águas.



FIGURES 7 AND 8

Views of Recife, Brazil, and Bruges, Belgium.

Examples of cities “molded” by their waters.

recantos, nas áreas de contato entre planície e colina, [...] na proximidade e no encontro das águas”. As primeiras áreas de ocupação eram interligadas por “primitivos caminhos e cursos navegáveis, que iam se organizando e estruturando segundo espontâneos e racionais traçados e modelagens, [...] pelas forças da natureza e do Homem” (SANTANA, *op. cit.*, p. 66). As várias iniciativas de domínio dessas águas, de redefinição dos traçados dos cursos de água e de aterramento para criação de terras secas, implantada de modo mais intenso a partir do período de ocupação holandês, apenas reforçariam a relação de interdependência e de mútua influência entre as ações da natureza (as águas) e do Homem (no controle sobre elas).

Nessa lógica inter-relacional, vê-se uma colaboração potencial e desejável, em que o diálogo entre aspectos de planejamento e controle urbano, de manejo de águas e de prevenção e controle de riscos sejam pensados articuladamente. O ordenamento territorial é visto como uma práxis (um conjunto de ações práticas, coordenadas em torno de um objetivo comum de transformação material da realidade). No campo do urbanismo, o compromisso dessa práxis é a promoção do que Merlin (2007, p. 19) denomina *equidade territorial*: a distribuição equilibrada dos benefícios da urbanização entre todos os cidadãos, sintetizada no ideal de acesso e usufruto de infraestruturas e serviços socioambientais. Essa equidade é vetor de transformação do espaço urbano.

Tal abordagem obriga um enfoque atento às especificidades dos processos de territorialização e seus condicionantes naturais e físicos, sociais e políticos. Na imbricação entre os condicionantes naturais ditados pelas águas e as interferências sobre eles pela ação das organizações sociais que ocupam o espaço, concordamos com Brun (2006), para quem a gestão de

where watercourses met”. The first areas to be occupied were connected by “primitive tracks and navigable waterways, which would go on to be organized and structured using spontaneous and structured layouts and models, by the forces of nature and of Mankind” (SANTANA, *op. cit.*, p. 66). The various initiatives for taming these waters, by reshaping the course of waterways and land-filling to create dry land — a process that began to intensify after the period of occupation by the Dutch — served merely to reinforce the relation of interdependence and mutual influence between the action of nature (water) and the activities of human beings (in their efforts to control them).

This inter-relational logic produced a potent and desirable collaboration, in which planning and control of urban development, water management and the prevention and control of risks are viewed in an inter-connected fashion. Urban development is seen as praxis (a set of practical actions, coordinated around a common objective involving material transformation of reality). In the field of urbanism, such praxis is committed to the promotion of what Merlin (2007, p. 19) calls *territorial equity*: the equitable distribution of the benefits of urbanization among all citizens, summed up by the idea of access to and use of social and environmental infrastructure and services. Such equity leads to genuine transformation of urban space.

Such an approach requires a clear focus on the specific features of the processes of land use development and their natural, physical, social and political determinants. In relation to the overlap between the natural determinants established by waters and interference in them resulting from the action of forms of social organization occupying space, we agree with Brun (2006), for

32 águas urbanas se vincula a uma abordagem territorial, devendo-se pensar seu desenvolvimento no seio das políticas territoriais, coordenadas no âmbito setorial do ordenamento (ou planejamento) urbano.

No embate entre urbanização e dinâmica hídrica, pressupomos que as questões de fundo que levam ao desequilíbrio sistêmico têm origem na complexidade do processo de produção do espaço urbano: pelos condicionantes socioambientais que o constroem ou impulsionam; pelos distintos interesses e níveis de poder dos atores e instituições envolvidos na condução desse processo; pelas vivências e relações ali estabelecidas. Em outros termos, trata-se de abordar os aspectos de suscetibilidade e vulnerabilidade e construir condições de resiliência urbana baseadas no ideal de conviver com as águas.

Essas são questões de ordem territorial que admitimos dever ser conduzidas sob a perspectiva do ordenamento urbano. Na gestão de águas, deduzimos como necessário o diálogo em duas dimensões: i) entre distintos setores de atuação — águas, urbanismo, meio ambiente, defesa civil —, numa integração intersectorial; ii) entre subsectores da gestão de águas — saneamento, recursos hídricos, navegabilidade, geração de energia —, numa integração intrasectorial.

whom urban water management requires a land-use approach, with the development of water sources being considered as an integral part of land-use zoning, in co-ordination with land-use planning and development sectors.

In the conflict between urban development and the hydrological dynamic, we start out from the assumption that the basic issues leading to systemic disequilibrium arise as a result of the complexity of the urban space production process: by way of social and environmental constraints or drives; by way of the specific interests and degree of power of individuals and institutions involved in this process; and through the experiences and relations established in this field. In other words, it is a matter of addressing aspects relating to susceptibility and vulnerability and creating urban resilience based on the idea of harmonious coexistence of urban development and water.

These are questions of a spatial nature that need to be addressed from the perspective of urban development. In water management, we conclude that there is a need for dialogue on two levels: i) between distinct sectors — water, urban planning and design, the environment, civil defense —, *via* inter-sector integration; and ii) between water management sub-sectors — sanitation, water resources, navigability, energy generation —, *via* intra-sector integration.



FIGURAS 9 E 10
Exemplos da iniquidade dos territórios urbanos sob a influência das águas.



FIGURES 9 AND 10
Examples of inequity in urban spaces impacted by water.

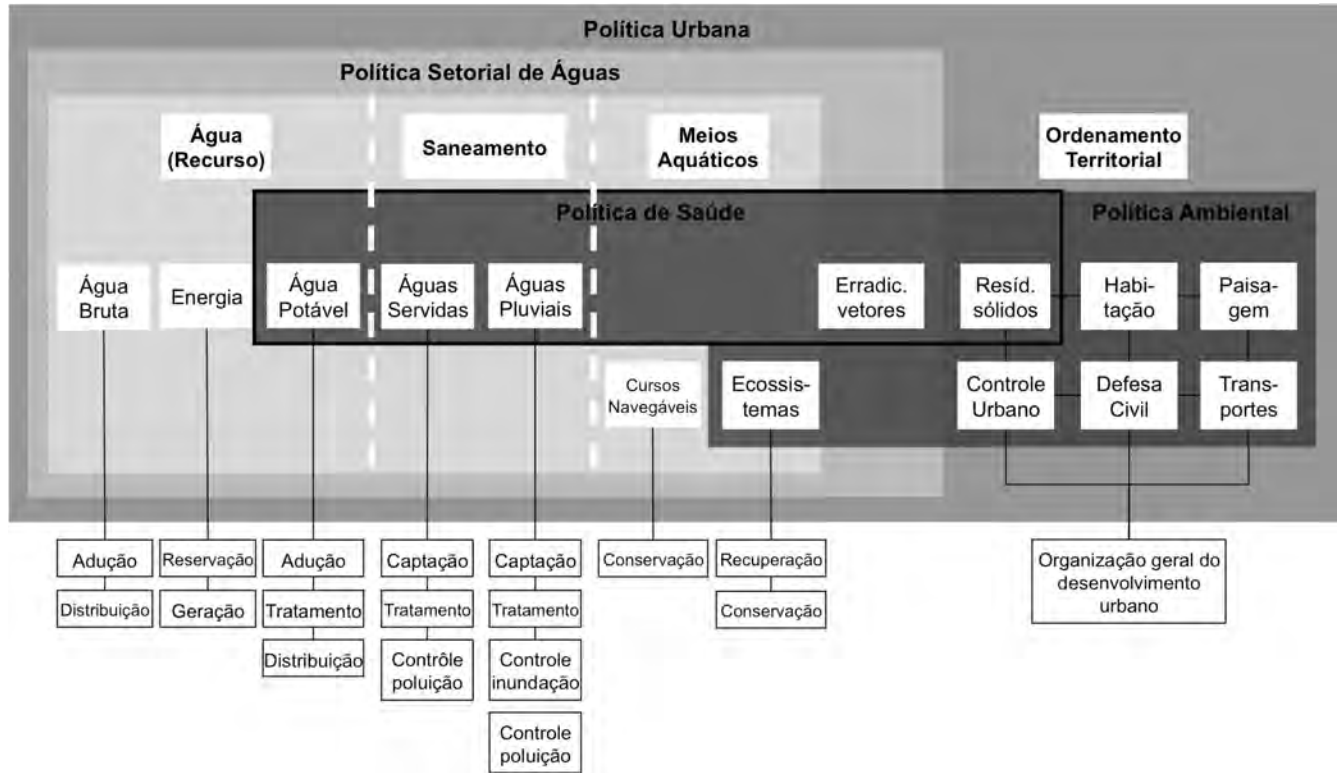


FIGURA 11

Esquema síntese da integração intra e intersectorial

Ilustração da complexidade do desafio da gestão de águas urbanas.

FIGURE 11

Diagram outlining inter- and intra-sector integration, illustrating the complexity of the urban water management challenge.

2. A COMPLEXIDADE COMO DESAFIO: NADA MAIS FLUIDO E PALPÁVEL QUE AS ÁGUAS

34 A abordagem das águas em meio urbano não é complexa apenas no que tange ao seu elo com a produção do espaço. A compreensão da dinâmica hídrica como elemento de referência para o ordenamento das cidades deve levar em consideração uma série de condicionantes e objetivos imbricados entre si, como se busca sintetizar a seguir.

2.1. A PRETENSÃO DE SE PROMOVER A SUSTENTABILIDADE: POR CIDADES RESILIENTES

Um dos eixos condutores do novo paradigma de gestão de águas urbanas é a noção de sustentabilidade, que traz consigo a lógica sistêmica a ela associada. Ao tratar das condições da sustentabilidade das cidades, Pincetl (2005) destaca o ideal que guia os princípios que definem sua forma e densidade: a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. O crescimento das cidades, de suas populações e de suas demandas de consumo provocam mudanças que impactam a “saúde dos ecossistemas ecológicos” constituintes do quadro físico dessas cidades (PINCETL, 2005, p. 209). É preciso conhecer bem a cidade, construí-la e controlá-la para melhorar paulatinamente seus aspectos formais e operacionais, preservando a qualidade de vida de seus habitantes.

Como postulam Brodach e Goffi (2005), o desenvolvimento sustentável das cidades depende da capacidade de se equilibrar as relações entre o sistema urbano e os ambientes humano e natural. Os novos preceitos indicam que, frente às alterações aceleradas no ambiente urbano e seus impactos, construir condições de resiliência obriga relacionar elementos de ordem física (condições do sítio, eventos climáticos extremos, disponibilidade de recursos naturais) e social (dinâmicas socioeconômicas, populações expostas a riscos, distribuição de infraestruturas e serviços urbanos, sistemas de planejamento e gestão). O atendimento a essa recomendação é tão mais urgente quanto mais se evidencia a gravidade das mudanças climáticas (GOODELL, 2018).

Assim, a cidade sustentável seria um ecossistema equilibrado cujos aspectos estruturais (os elementos físicos e suas interrelações) responderiam à altura da evolução das necessidades funcionais (atividades, fluxos e processos de decisão), suas crises e transformações. Num contexto de mudanças climáticas, frente aos acidentes ou desastres por ele potencializados, a cidade resiliente seria aquela em que esses elementos se conjugariam de modo a permitir por ordem: resistir, reagir e se recuperar dos impactos e das perdas (materiais e humanas).

2. COMPLEXITY AS A CHALLENGE: NOTHING IS AS FLUID AND PALPABLE AS WATER

The complexity involved in dealing with water in an urban environment is not confined to the connection with the production of space. The study of water dynamics as a key element for urban planning should also take into consideration a range of inter-related variables and objectives, as we attempt to outline below.

2.1. THE AIM OF PROMOTING SUSTAINABILITY: TOWARDS A RESILIENT CITY

One of the guiding threads of the new urban water management paradigm is the notion of sustainability and the systemic logic associated with it. In relation to sustainability in cities, Pincetl (2005) notes that the ideal that guides the principles that determine form and density is improved quality of life for citizens. The growth of cities, their populations and consumer demands have given rise to changes that affect the “health of the ecological ecosystems” that make up the physical structure of these cities (PINCETL, 2005, p. 209). We need to understand the city better, and to build and control it in such a way as to gradually improve formal and operational aspects, maintaining the quality of life of its inhabitants.

As Brodach and Goffi (2005) suggest, sustainable development of cities depends on the capacity to develop balanced relations between the urban system and human and natural environments. The new precepts indicate that, in view of rapid alterations to the urban environment and its impact, building resilience requires elements of a physical nature (site conditions, extreme climate events, availability of natural resources) to be related to social ones (socio-economic dynamics, at-risk populations, distribution of infrastructure and urban services, planning and management systems). The need to follow this recommendation grows more urgent the clearer the gravity of climate change becomes (GOODELL, 2018).

A sustainable city is thus a balanced ecosystem whose structural aspects (physical elements and their interconnections) respond to the stage of evolution of functional needs (activities, flows and decision-making processes), crises and transformations. Faced with accidents or disasters caused by climate change, a resilient city is one in which these elements are combined in such a way as to enable it to resist, react and recover, in this order, in relation to (material and human) impacts and losses.

2.2. INFLUÊNCIAS ESPAÇOTEMPORAIS: AS ÁGUAS NÃO TÊM QUE TER VISTO PARA ENTRAR NO PAÍS

2.2. SPATIAL AND TEMPORAL INFLUENCES: WATER MAY BE INVISIBLE

35

O ideal da sustentabilidade como fonte do bem-estar urbano abrange múltiplas dimensões (socioeconômica, político-institucional, ambiental, cultural) e escalas (do local ao global). Quanto às escalas de atuação, na gestão de águas pelo ordenamento territorial, a sentença *pensar globalmente, agir localmente* é válida. As ações em nível local/municipal devem se integrar àquelas no nível metropolitano/regional, sobretudo quando se tratam de ações cujos limites ultrapassam fronteiras político-administrativas. Tal é o caso da gestão de águas, cujo recorte territorial de referência para gestão são as bacias hidrográficas, onde por vezes o interesse comum confronta o interesse local e impõe negociação e cooperação para minimizar conflitos e otimizar recursos.

Mas “as águas não têm que ter visto” (André Abujamra, em *Estamos adorando Tokio*, 2000): sua dinâmica é por natureza imponderável e incontrolável. Ainda que se promovam esforços para a sua compreensão, a distribuição

The ideal of sustainability as a source of urban well-being straddles multiple (socio-economic, politico-institutional, environmental, and cultural) dimensions and scales (from local to global). In terms of scale, in water management for urban development, the phrase *think globally, act locally* is highly apt. Actions at local/municipal level should be integrated with those at metropolitan/regional level, especially when these are actions that extend beyond political-administrative boundaries. This is the case with water management, whose geographical management units are drainage basins, where the interests of the population as a whole sometimes conflict with those at local level and require negotiation and cooperation to minimize conflicts and optimize resources.

But, as André Abujamra puts it in *We are Loving Tokyo* (2000), “water does not have to

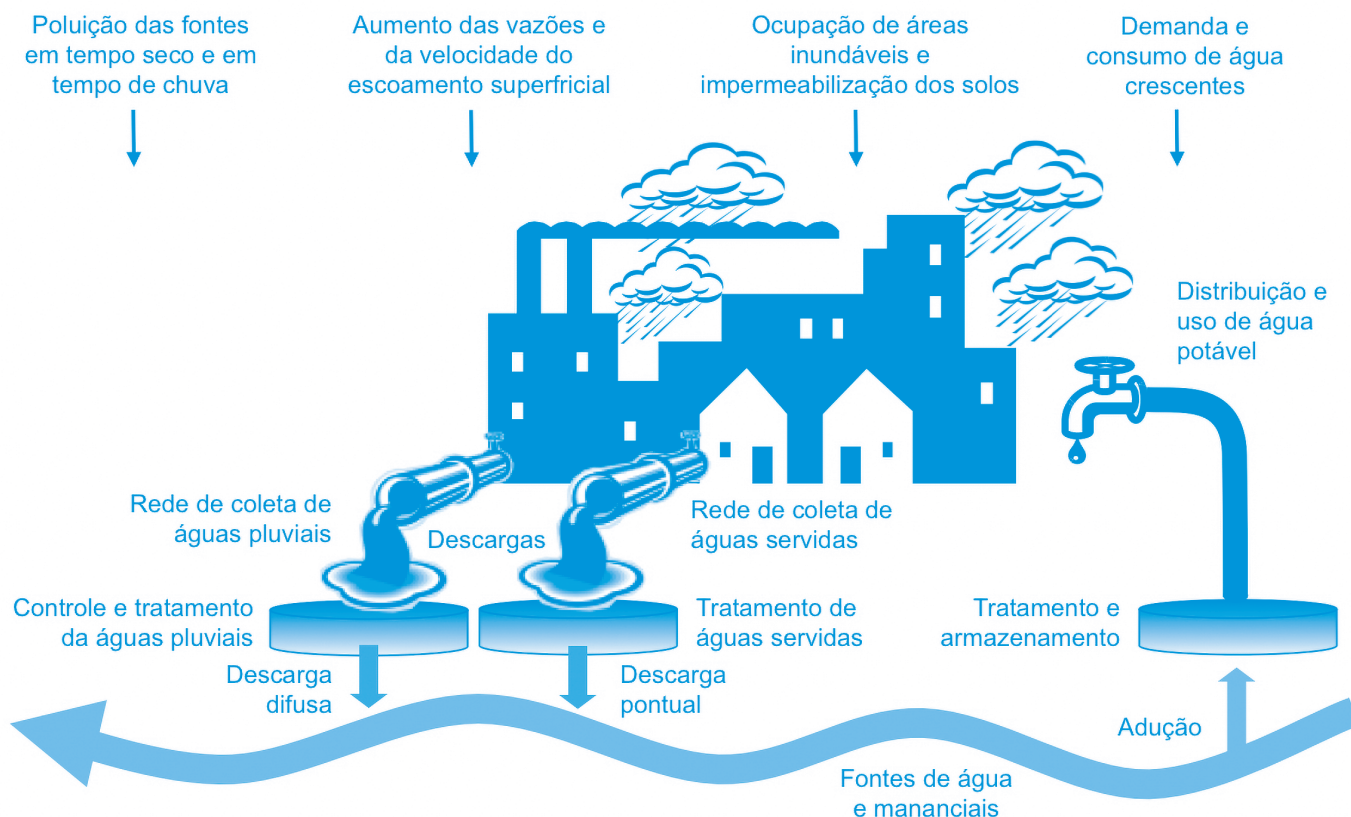


FIGURA 12
Esquema do “ciclo de poluição das águas” proposto por Tucci
Natureza das alterações do ciclo das águas em meio urbano.

FIGURE 12
Diagram illustrating “water pollution cycle” as proposed by Tucci.
The nature of water cycle alterations in urban settings.

36 no tempo e no espaço e o volume das precipitações têm sido cada vez mais difícil de serem previstos, tornando qualquer iniciativa de “domar” as águas de chuva cada vez mais complexa e sujeita a falhas.

Por um lado, consideram-se os vários vetores espaciais em que o ciclo hídrico se desenvolve: i) no plano horizontal, onde se dão as relações entre os leitos dos cursos de água (o menor e o de inundação) e as ocupações das suas margens (ou sobre o leito); ii) no plano vertical, na perspectiva de infiltração e de afloramento de águas de mananciais subterrâneos; iii) no sentido diagonal, nas relações entre as águas que caem acima (a montante) e escoam para baixo (a jusante).

Por outro lado, tem-se em conta os distintos tempos em que essa dinâmica se dá: i) os regimes pluviométricos, sujeitos a estações mais secas ou mais chuvosas; ii) os tempos de vazão de águas necessários ao seu escoamento superficial; iii) os tempos de infiltração de águas que realimentam mananciais subterrâneos; iv) o descompasso entre a exploração de águas subterrâneas antigas e a capacidade de realimentação dos aquíferos.

2.3. A AÇÃO ANTRÓPICA: CONDICIONANTES SOCIOCULTURAIS E POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS

Incidindo sobre os dois aspectos tratados, a intervenção humana sobre as dinâmicas das águas é uma espécie de eixo transversal, repercutindo sobre ambas. Um preceito atual que condiciona intervenções hidrológicas em meio urbano diz respeito à amenização dos impactos das inevitáveis inundações: deve-se reduzir o volume do escoamento de águas em meio urbano e retardá-lo ao máximo. Autores como Chocat (2003) veem a necessidade de um controle das águas na fonte, em todas as suas escalas: do edifício ao lote, da quadra ao bairro, da sub-bacia à bacia hidrográfica. Isso tem um reflexo evidente: as ações de gestão de águas devem mobilizar um grande número de pessoas, ocupantes dos espaços onde esse controle deve ser estabelecido.

O envolvimento de atores sociais na gestão de águas é um pressuposto apontado por Pompêo (2000), que enxerga na participação dos vários segmentos envolvidos uma chave para sua coerência: o poder público concessionador dos serviços, as empresas concessionárias, os usuários-pagadores (consumidores de água tratada) e os usuários-poluidores (emissores de águas servidas). É isso que preconiza a legislação nacional que rege as políticas de águas (Lei nº 9.433/2001) e de saneamento básico (Lei nº 11.445/2007) e as políticas urbana (Lei nº 10.257/2001) e metropolitana (Lei nº 13.089/2015). Esse ideário acrescenta outro desafio: a transformação trazida pelo novo paradigma de gestão de águas, que impõe mudanças de ordem cultural do conjunto

be seen”. Its dynamic is by nature imponderable and uncontrollable. Despite, all the efforts made to understand it, the distribution of water in time and space and the volume of rainfall has become increasingly difficult to forecast, making any initiative that aims to “tame” storm water increasingly complex and prone to failure.

On the one hand, we should consider the various spatial dimensions in which the water cycle plays out: i) on the horizontal plane, where there are relations between the courses of waterways (the smallest and those that are flooded) and the occupation of their banks (or beds); ii) vertically, with regard to infiltration and upwelling of water from subterranean aquifers; iii) diagonally, in relation to waters that fall upstream and those that flow downstream.

On the other hand, we also need to take into account the distinct time periods in which this dynamic plays out. i) precipitation varies according to the cycle of dry and rainy seasons; ii) surface runoff depends on the time of water flows; iii) the infiltration time is important for waters that feed back into subterranean aquifers; and iv) there may be an imbalance between the exploitation of old subterranean aquifers and their rate of replenishment.

2.3. HUMAN ACTIVITIES: SOCIO-CULTURAL AND POLITICAL-ADMINISTRATIVE FACTORS

Human intervention in the water dynamics is a cross-cutting feature that has an impact on both of these two features. A precept that currently constrains hydrological interventions in urban settings relates to the need to mitigate the impact of unavoidable flooding and to reduce the volume of water runoff in the urban environment and slow it as much as possible. Authors such as Chocat (2003) believe it is necessary to control waters at their source, on all scales: from individual building to lot, from block to neighborhood, from sub-basin to drainage basin. This has one obvious consequence: such water management actions inevitably mobilize a large number of people who occupy the areas where such controls are to be put in place.

The involvement of stakeholders in water management is a basic assumption made by Pompêo (2000), who sees participation in the various segments involved as being key to the coherent nature of the process: the public authorities granting the concessions for service provision, the concession holders, paying users (consumers of treated water) and polluting users (producers of wastewater). This is envisaged in national legislation regulating water policy (Law nº 9,433/2001) and basic sanitation (Law nº 11,445/2007) and urban and metropolitan planning policy (Laws nº 10,257/2001 and nº 13,089/2015 respectively). This idea gives rise to another challenge: namely, the transformation brought about by the new water management

da sociedade. Não se trata somente de pensar a cidade, sua estrutura física e material, mas de pô-la em prática, construí-la e consolidá-la tendo as águas como foco.

paradigm and the changes of a cultural nature in society as a whole to which this leads. We cannot focus narrowly on theories relating to the city — its physical and material structure. Ideas need, above all, to be developed in practice, building and consolidating a water-centered approach.

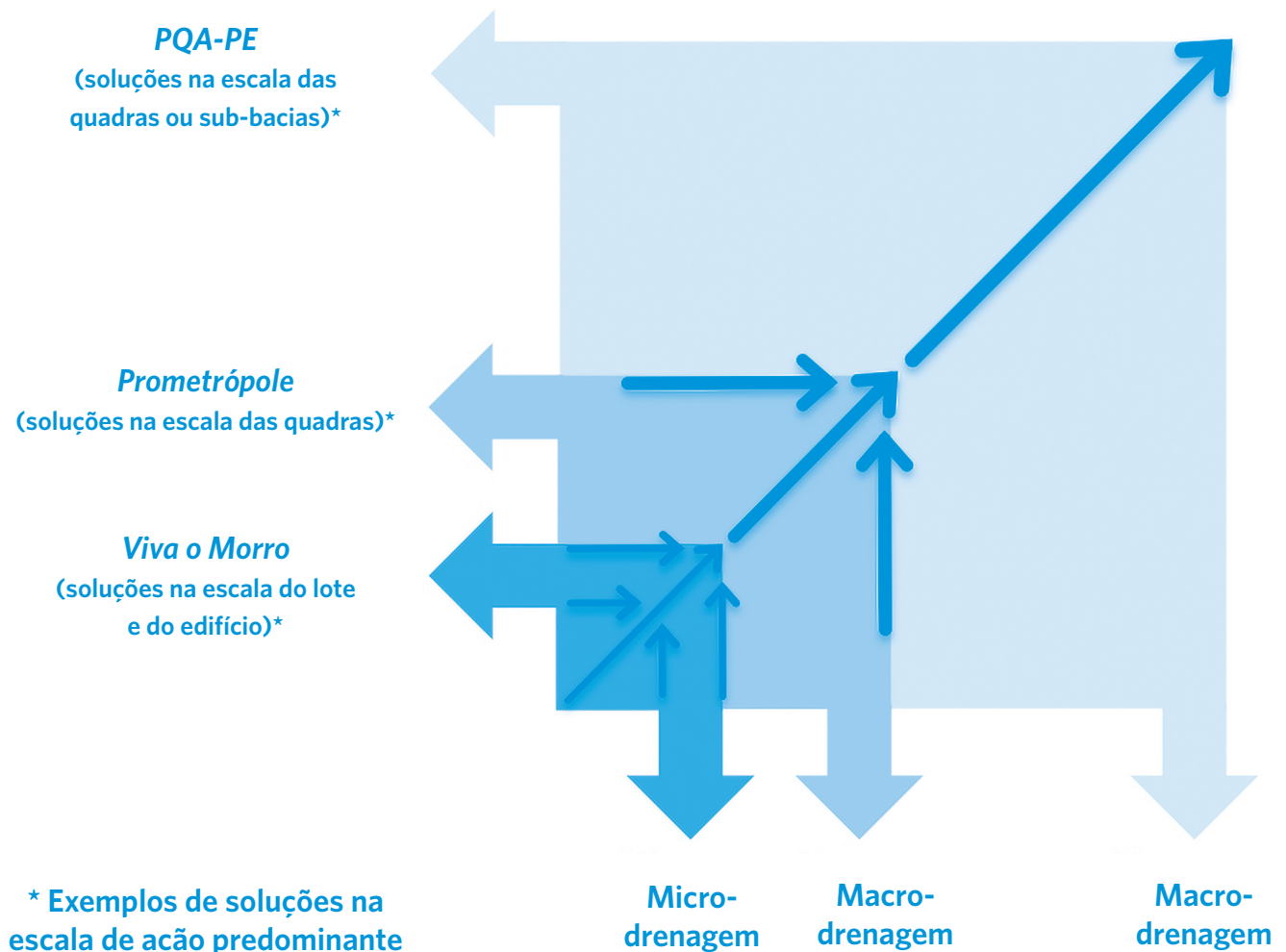


FIGURA 13
Escala de intervenção da gestão de águas urbanas
Exemplos baseados nos programas *Viva o Morro*, *Prometrópole* e *PQA*, na RMR.

FIGURE 13
Scales of urban water management interventions.
Examples based on the *Viva o Morro*, *Prometrópole* and *PQA* programs, in the Recife Metropolitan Region.

3. APRENDER COM AS ÁGUAS: DINÂMICAS NATURAIS COMO EIXO ESTRUTURADOR

3. LEARNING FROM WATER: THE NATURAL DYNAMICS AS A STRUCTURING FEATURE

38 A busca pela reconciliação entre águas e cidades é pregada em um movimento que parte do aprendizado do comportamento dessas águas como eixo definidor do ordenamento territorial. Considerando-se que a raiz dos problemas em questão é a ação transformadora do Homem, a solução deve buscar reverter a natureza dessa intervenção e pô-la a serviço da recuperação das dinâmicas e dos serviços ambientais alterados ou perdidos. Não se trata apenas de respeitar as águas, mas de garantir a continuidade da vida humana em aglomerados urbanos.

O primeiro aprendizado histórico é o da relativização da preponderância de medidas estruturais como meio de resolver os conflitos e impactos gerados na tensão entre urbanização e dinâmicas hídricas. Vistas como soluções que envolvem obras físicas, incluindo-se os projetos para sua implantação, as medidas estruturais são aquelas que resultam na canalização, na contenção de margens, no revestimento e na retificação de cursos de água, etc. Além dessas, há as medidas não estruturais, de natureza distinta e complementar, que englobam planos de ordenamento, ações de controle urbanístico-ambiental, educação ambiental, desenvolvimento de tecnologias, incentivos fiscais, organização e controle social em processos participativos de planejamento e gestão.

No cerne da reconciliação desejada, está a recuperação dos cursos de água como meio de restituir a estes as condições mínimas necessárias

The quest to create a harmonious balance between water resources and cities that use them is pursued by a movement that starts out from the premise that we can learn from the behavior of these waters and use this to determine the course of urban planning. We believe that the root of this problem is human activity and that the solution involves returning things to their natural state and recovering the environmental dynamics and services that have been altered or lost. It is not only a matter of respecting water, but of ensuring the continuity of human life in urban agglomerations.

The first lesson from history concerns the need to reconsider the preponderance of structural measures as a way of resolving the conflicts and impact generated by the tension between urbanization and water dynamics. Structural measures are solutions that involve physical operations, including installation projects, and result in canalization: the construction of embankments and straightening of watercourses, and so forth. Apart from these, there are distinct complementary non-structural measures, which include zoning plans, urban/environmental management, environmental education, technological development, tax incentives, social organization and oversight exercised by way of participatory planning and management processes.

At the heart of the harmonious coexistence desired lies the recuperation of watercourses as a way of restoring them to the minimal



FIGURAS 14 E 15

Valas de infiltração e lagoa de retenção de águas, em Noisy-le-Grand.

Exemplos de soluções de manejo de águas associadas ao paisagismo, na França.

FIGURES 14 AND 15

Drainage ditches and reservoir, in Noisy-le-Grand, France.
Examples of water management solutions associated with landscaping.

para cumprirem sua função dentro do ciclo hidrológico urbano e concretizarem seu potencial de organizadores, amenizadores e mantenedores dos espaços de vida urbana. Porém, hoje em dia os rios e riachos urbanos são vistos e nominados como *canais*, termo mais relacionado às obras humanas que a meandros naturais de um curso de água. Mais que a função de escoamento de águas pluviais, eles cumprem aquela de cloaca, onde esgotos e resíduos em geral são despejados. Como efeito, são malquistos pelos cidadãos, que evitam contato com eles pelos riscos que geram, sobretudo em tempos de dengue.

Com essa pecha, os cursos de água são esquecidos como elementos basilares da estruturação urbana, da articulação entre espaços públicos, da formação de uma identidade urbana, da manutenção de condições mínimas de qualidade de vida urbana. Restaurar essa imagem e função demanda um grande esforço, que se inicia com a recuperação de suas características naturais. Na nomenclatura das intervenções sobre esses cursos de água, empregam-se termos como *requalificação*, *restauração*, *renaturalização*, *recuperação...*, que trazem o prefixo *re* correspondente a uma ação retroativa, ao objetivo de se retornar a um ponto de origem já perdido.

Em geral, são menções à busca por soluções que retomem (o máximo possível) as condições originais desses cursos de água, dos ambientes aquáticos a eles associados e suas dinâmicas. Assume-se um enfoque sistêmico do meio ambiente urbano (ao mesmo tempo natural e artificial), com soluções voltadas à despoluição de águas, à proteção de margens e áreas inundáveis, ao retardamento dos efeitos das chuvas e alagamentos, ao respeito ao curso natural e às sinuosidades de rios e riachos, à reintrodução de fauna e flora próprias dos ambientes ribeirinhos, à permeabilidade dos solos e sua cobertura vegetal, à convivência entre Homem e natureza, etc.

Todo um repertório de soluções estruturais e não estruturais é desenvolvido para dar conta dessa tarefa. Nele, predomina a reintrodução de características próprias da dinâmica natural das águas em seu ciclo urbano. Em escala urbana: jardins filtrantes, lagoas ou espaços de retenção ou detenção, valas e poços de infiltração, reintrodução de meandros em cursos de água, eliminação de pisos impermeáveis, plantio de vegetação associada a projetos paisagísticos que remetem ao ambiente natural e aproximam os cidadãos das águas. Na escala de lotes e edifícios: ampliação de superfícies permeáveis, instalação de reservatórios para o armazenamento e o uso de águas de chuvas, construção de coberturas verdes. Além de ações de cunho educativo, voltadas à promoção de uma sensibilidade e uma empatia para com as águas urbanas, essenciais para a melhoria da qualidade de vida urbana. Nesse eixo, pregam-se: redução do consumo e desperdício de água potável, participação nos processos de planejamento e controle, uma postura urbana na limpeza e conservação dos espaços públicos ribeirinhos, incentivo a soluções

conditions needed for them to play their role in the urban water cycle and to realize their potential to organize, maintain and reduce the harmful impact of spaces used for city life. Nowadays, however, urban rivers and streams are seen as and called *canals* — a term applied to human constructions rather than the natural meanderings of a natural watercourse. Beyond functioning to drain off rainwater, urban waterways also serve as open sewers, into which sewage and other waste products are deposited. As a result, such bodies of water are viewed with disdain by residents, who avoid contact with them because of the risks they pose, especially during times when dengue fever is prevalent.

Because of this, the fundamental role that watercourses play in structuring the city, connecting public spaces, forming urban identity and providing a minimal quality of life goes largely overlooked. Restoring the public image and vital function of urban rivers and streams requires great effort and this begins with the regeneration of their natural features. The terms used for interventions regarding such watercourses include *regeneration*, *restoration*, *recovery*, *returning to nature* and so forth, the *re-* prefix implying some kind of retroactive action, aiming to return to a point of origin that has already been lost.

In general, there are mentions of solutions that seek as much as possible to return watercourses, the aquatic environments associated with them and their dynamics to their original condition. Such solutions adopt a systemic focus on the urban environment (at once natural and artificial) and aim to combat water pollution, protect banks and areas prone to flooding, curb the effects of rain and flooding, respect the natural winding course of rivers and streams, reintroduce the fauna and flora native to riversides, provide soil permeability and vegetation cover, and promote the harmonious coexistence of human beings and the natural environment.

A whole repertoire of structural and non-structural solutions has been developed to address this task. These have mostly involved characteristics proper to the natural water dynamic being reintroduced into its urban cycle. On an urban scale: filtering gardens, reservoirs, drainage ditches and wells, the reintroduction of winding watercourses, the removal of impermeable surfaces, the planting of vegetation associated with landscape projects that involve a return to the natural environment and bring people into contact with natural water. At the level of lots and buildings: removal of impermeable surfaces, installation of tanks to store rainwater for use, and the construction of green covered areas, in addition to actions of an educational nature, geared towards raising awareness and generating empathy for the water essential for improving the quality of urban life. This axis involves: reducing the consumption and waste of drinkable water, participatory planning and control processes, attitudes conducive to the cleaning

40 individuais de manejo. Dessa abordagem, emergem conceitos traduzidos objetivamente em intervenções práticas:

a) *Green Infrastructure* (Infraestrutura Verde), focada na melhoria dos serviços ecossistêmicos tendo os espaços verdes livres como componentes da infraestrutura urbana, em que a proteção de cursos de água e suas áreas ribeirinhas e o manejo das águas pluviais são vistos como meios de promover melhorias na qualidade de vida e gerar retorno econômico (pela valorização dos ambientes) a partir de investimentos de baixo custo. Trata-se de uma diretriz de urbanismo que amplia a noção de *infraestrutura*, incorporando ao ordenamento territorial a importante função sistêmica cumprida pelos espaços livres permeáveis.

b) *Low Impact Development* (Desenvolvimento de Baixo Impacto), fundado em soluções preferencialmente de pequena escala (no lote ou na parcela), que procuram replicar dinâmicas naturais para a gestão de águas pluviais, articulando medidas de cunho estrutural e não estrutural, visa recuperar e proteger os ecossistemas e o ciclo de águas, e sua aplicação se dá segundo um planejamento abrangente que envolve a colaboração entre os cidadãos e os gestores públicos. Incide sobre o ordenamento espacial desde a definição das células urbanas mais básicas, os lotes, as quadras e suas respectivas funções no manejo de águas.

c) *Sustainable Drainage Systems* (Sistemas de Drenagem Sustentável), também baseados na articulação entre medidas estruturais e não estruturais, têm por foco a proteção das dinâmicas hídricas em equilíbrio com os sistemas urbanos; preocupam-se com aspectos quantitativos (volume e velocidade de vazão) e qualitativos (controle de poluição, amenização de espaços ribeirinhos, recuperação dos ecossistemas e da biodiversidade) vinculados aos processos de escoamento superficial e ao controle ou convivência com enchentes. Repercutem em ações de urbanismo em que os parâmetros de ocupação e uso contribuam para a gestão sustentável das águas urbanas.

d) *Trame Verte & Bleue* (Trama Verde e Azul), incorporada como política de ordenamento territorial na França, tem a pretensão de inserir a preservação da biodiversidade nas decisões do ordenamento territorial, visando à melhoria da qualidade de vida e à atratividade dos espaços para a habitação e o turismo. Dialogando com os Planos Regionais de Coerência Ecológica, é uma ação de organização e gestão espacial que abrange os ambientes terrestres (o verde) e aquáticos (o azul), assumindo uma dimensão socioeconômica pelo potencial de geração de novas atividades econômicas como agropastoreio, geração de energia verde ou renovável, planejamento e gestão ambiental.

and conservation of public spaces on riverbanks, and encouraging solutions of an individual nature to this problem. This approach transforms concepts directly into practical interventions:

a) *Green Infrastructure*, focused on improving ecosystem services with open green spaces as components of the urban infrastructure, in which the protection of watercourses and their banks and the management of storm water are seen as ways of improving the quality of life and generating economic returns (by adding value to the environment) by way of low-cost investment. This is an urban planning guideline that broadens the notion of infrastructure, incorporating into urban development planning the important systemic function fulfilled by permeable open spaces.

b) *Low Impact Development*, based preferably on small-scale solutions (at the level of the lot or plot) that seek to reproduce natural storm water management dynamics, combining measures of a structural and non-structural nature, aiming to regenerate and protect ecosystems and the natural water cycle. These are applied using extensive planning that involves collaboration of citizens and public-sector managers. Its effects on land use planning affect the most basic urban units — lots and blocks and their respective water management functions.

c) *Sustainable Drainage Systems* are also based on a combination of structural and non-structural measures and focus on the protection of water dynamics in equilibrium with urban systems. They are concerned with quantitative aspects (volume and speed of flow) and qualitative factors (control of pollution, reducing the harm caused to riverside environments, regeneration of ecosystems and biodiversity) in combination with surface runoff processes and control of or coexistence with flooding. This results in urban planning actions in which the parameters of use and occupation of land contribute to sustainable management of urban waters.

d) *Blue-Green Urban Design*, introduced as an urban development planning policy in France, aims to include the preservation of biodiversity in decisions regarding land use development, with a view to improving the quality of life and the attractiveness of spaces for housing and tourism. Working in combination with Regional Ecological Coherence Plans, this is a way of organizing and managing space involving terrestrial (green) and aquatic (blue) environments, which possesses a socio-economic dimension in view of its potential to generate new economic activities such as urban agriculture, green or renewable energy generation, and environmental planning and management.

4. O URBANISMO SENSÍVEL ÀS ÁGUAS: PENSAR E CONSTRUIR CIDADES “AQUÁTICAS”

Os conceitos e as práticas emergentes tratados acima surgem como respostas às inquietações sobre o futuro das cidades, cada vez mais compreendidas como (eco)sistemas. Tratam-se de indicativos para mitigar os efeitos da artificialização do meio, prescrevendo a implantação de soluções que repliquem o ciclo das águas em meio urbano, revertendo (ao menos parcialmente) as condições atuais e garantindo a manutenção de dinâmicas hídricas a longo prazo, tendo a colaboração de toda a sociedade para isso. Eles já aportam um amplo repertório de soluções para enfrentar os impactos dos conflitos tratados, em busca da convivência harmônica entre águas e cidades. Em cidades como o Recife, ranqueada pelo Relatório do Painel Internacional de Mudanças Climáticas da ONU (IPCC, 2013) como a 16ª mais vulnerável a essas mudanças no mundo, devido ao aspecto de manutenção dos serviços hidrológicos (recursos hídricos, saneamento), a aplicação desses preceitos na gestão urbana carece ser incorporada e testada como meio para mitigar a situação de progressiva degradação de rios e riachos e suas repercussões sobre as funções urbanas.

4.1. URBANISMO SENSÍVEL ÀS ÁGUAS: UMA SÍNTESE PARADIGMÁTICA

Do esforço de revisão, de que participam as iniciativas já tratadas, emerge também uma outra, hoje adotada como linha de ação de políticas públicas urbanas na Austrália, seu berço. Trata-se, a princípio, da noção de *Water Sensitive Urban Design* (Desenho Urbano Sensível à Água, ou Dusa), na qual se pregam planejamento, projeto e gestão urbanos que busquem a convivência e o manejo de águas nas cidades, em todas as escalas de intervenção. Traduzido em preceito condutor das intervenções, o Dusa se apresenta como síntese ou condensação do vasto universo de medidas (estruturais e não estruturais) que caracterizam o novo paradigma de gestão de águas urbanas. Ele traduz fielmente objetivos e instrumentos para a transformação de posturas, pautando as ações de um Urbanismo Sensível à Água (USA) em sentido mais amplo.

Definido pelos governos australianos em sua *National Water Initiative* (Plano Nacional de Águas), ele é visto como “[...] a integração do planejamento urbano com a gestão, proteção e conservação do ciclo urbano da água, garantindo que a gestão da água urbana seja sensível aos processos hidrológicos e ecológicos naturais”; no item da “reforma da água urbana”, aponta-se como uma das ações centrais a “inovação e capacitação para criar cidades [...] sensíveis à água” (COAG, 2004, p. 30).

O termo *sensitivo*, na origem da expressão da língua inglesa, que resume o conceito de Dusa, que antecede o Urbanismo Sensível à Água, também é comumente empregado para designar abordagens que buscam compreender

4. WATER-SENSITIVE URBAN DESIGN: DESIGNING AND BUILDING “AQUATIC” CITIES

The emerging concepts and practices discussed above are responses to concerns regarding the future of cities, which are increasingly coming to be seen as (eco)systems. There are guidelines for mitigating the effects of the creation of an artificial environment, recommending the installation of solutions that replicate the water cycle in an urban environment, thereby reversing (at least partially) the current situation and ensuring that the water dynamics is preserved for the long term, in collaboration with the whole of society. These already provide a broad repertoire of solutions for confronting the impact of the conflicts addressed, with a view to achieving harmonious coexistence of cities and water. In cities such as Recife, ranked by the United Nations International Panel on Climate Change Report (IPCC, 2013) as the 16th most vulnerable to climate change in the world — because of issues relating to maintaining hydrological services (water resources and sanitation) — the application of these principles to urban management needs to be incorporated and tested as a way of mitigating the ongoing degradation of rivers and streams and the effects of this on their urban functions.

4.1. WATER-SENSITIVE URBAN DESIGN: A PARADIGMATIC SYNTHESIS

The review of current practices which includes the initiatives mentioned above has given rise to a new concept that has now been adopted as public policy in Australia, its birthplace. This concept is known as Water-Sensitive Urban Design (WSUD) and its aim is to promote urban planning, projects and management that seek harmonious coexistence and management of the waters of cities, at all scales of intervention. Translated into a guiding principle for interventions, WSUD represents a synthesis or condensation of the vast range of (structural and non-structural) measures that make up the new urban water management paradigm. It faithfully translates the objectives and instruments for transforming attitudes, based on Water-Sensitive Urban Design (WSUD) actions in a broader sense.

As defined by the Australian government in its *National Water Initiative*, this approach is defined as “... the integration of urban planning with the management, protection and conservation of the urban water cycle that ensures that management of urban water is sensitive to natural hydrological and ecological processes”. In the item on “urban water reform”, one of the key actions described involves fostering “innovation and capacity building to create water-sensitive cities...” (COAG, 2004, p. 30).

The English word *sensitive*, which sums up the WSUD concept, which predates Water-Sensitive Urban Design, is also commonly used to designate approaches that seek to understand relations between human beings and urban

as relações entre as pessoas e os espaços urbanos, com a intenção de subsidiar práticas de intervenção em que as dinâmicas sociais possam direcionar a elaboração e aplicação de políticas públicas urbanas. Porém, em que pese a lógica que governa as políticas locais recifenses, esse termo pode assumir outros significados de mais fácil compreensão: o “ser sensível” como a capacidade de ter empatia e respeito por algo, de reagir ao contato com ele, de assimilar mudanças e de responder construtivamente a elas.

Distintamente da postura de controle ou domínio das águas pelo gênio humano, suas técnicas e tecnologias, a linha de ação do USA congrega características próprias do novo paradigma. Nela, defende-se a convivência da sociedade urbana com as águas e a exploração de todo o potencial delas para o recreio, o abastecimento, a irrigação, o paisagismo, a preservação de ecossistemas frágeis, etc. O urbanismo, como ação de organização do território pelo planejamento, pela implantação e pela conservação de intervenções físicas, deve tomar as águas e os ambientes aquáticos (suas dinâmicas) como elementos centrais e condutores de suas ações. O dimensionamento, a distribuição, a organização física e a manutenção de espaços (públicos e privados, livres ocupados, verdes ou não), de infraestruturas (de saneamento, mobilidade, lazer) e de serviços (ambientais ou urbanos) se apresentam como um desafio maior.

As ações abrangem todas as escalas, orientando intervenções práticas que concretizem sua articulação espacial (o controle das águas na fonte): nas edificações, nos lotes, nas quadras, nos bairros, na rede viária, nas bacias hidrográficas, em espaços verdes livres, etc. Ali, introduzem-se soluções estruturais que buscam reproduzir e/ou apoiar o funcionamento do ciclo hídrico em meio urbano: a retenção temporária das águas de chuvas (para retardar seu escoamento e reduzir impactos de enchentes); o seu uso para fins cotidianos (rega de jardins, lavagem de roupas e louças, descarga de sanitários); a ampliação e recuperação de superfícies permeáveis (solos dos lotes, calçadas, vias); a recuperação e/ou introdução de áreas verdes livres inundáveis (para fins de lazer, paisagismo, criação de ecossistemas úmidos).

Afora esses aspectos, sua gestão tem por base medidas não estruturais, como a participação social no processo de elaboração de projetos e o controle social em sua implantação e manutenção. Como meio para aplicar soluções estruturais, dão-se incentivos fiscais aos particulares e ao setor privado, financia-se a instalação de tetos verdes, reservatórios de coleta de águas pluviais, obras públicas de controle das águas e de reprodução de ambientes úmidos. O desenvolvimento de técnicas e tecnologias para isso é apoiado tanto pelo setor público quanto pela iniciativa privada. A formação e capacitação técnico-profissional faz parte desse esforço, associando-se à educação dos cidadãos em geral, numa “educação para as águas” apoiada pela Unesco na iniciativa do Delft Institute for Water Education (IHE), da Delft University, na Holanda.

spaces and pave the way for intervention practices in which the social dynamics are able to direct the development and application of public urban planning policy. However, in local policy in Recife, this term may also take on other meanings that are easier to understand: a “sensitive being” having the capacity for empathy and respect, to react to something, accept changes and respond constructively to them.

Distinct from the idea of using human intelligence to control or dominate waters, the WSUD line of action groups together key features of the new paradigm. It defends the coexistence of urban society with water and the exploration of the full potential of water for recreation, provision of water supply, irrigation, landscaping, the preservation of fragile ecosystems, and so forth. Urbanism, as an action organizing territory through the planning, installation and conservation of physical interventions, should regard water and (dynamic) aquatic environments as central elements guiding such action. The scale, distribution, physical organization and maintenance of spaces (public and private, open and occupied, green or not), of infrastructure (sanitation, transport, leisure) and (environmental and urban) services pose a greater challenge.

Actions cover all scales of operation, guiding practical interventions that make their spatial connection concrete (the control of water at the source): in buildings, lots, blocks, neighborhoods, the transport network, drainage basins, open green areas, and so forth. This introduces structural solutions that seek to reproduce and/or support the functioning of the water cycle in the urban environment: the temporary retention of storm water (to slow runoff and reduce the impact of flooding); its use for everyday purposes (watering gardens, washing dishes and clothes, flushing lavatories); the extension and regeneration of permeable surfaces (lots, sidewalks and roadways); the regeneration and/or installation of open green wetlands (for the purposes of leisure, landscaping, and the creation of aquatic ecosystems).

Beyond these aspects, management is based on nonstructural measures such as social participation in the development of projects and public oversight of their installation and maintenance. Structural solutions include tax incentives for individuals and the private sector, funding for the installation of green rooftops, reservoirs for collecting rainwater, public works to hold back flood water and the creation of new wetlands. The development of technologies and techniques to achieve this is supported both by the public sector and by private initiative. Technical training and professional capacity building form part of these efforts and combine general education for citizens and “water education” with the support of UNESCO through the initiative of the Delft Institute for Water Education (IHE), of Delft University, in the Netherlands.

Em suma, o Urbanismo Sensível à Água associa alguns dos principais eixos da gestão contemporânea das águas urbanas: i) o manejo das águas na fonte; ii) a replicação de dinâmicas naturais; iii) a orientação das intervenções urbanas e do uso-ocupação do solo segundo diretrizes de conservação de águas (e vice-versa); iv) a coerência no planejamento e na gestão desse processo, com a participação de todos os atores e agentes; v) a conjugação entre medidas estruturais e não estruturais. Assim, trata-se de um exercício abrangente em vista da conciliação entre a cidade e suas águas, ideário cuja essência dirige a busca a ser levada adiante pelos profissionais e pelos cidadãos: a convivência harmônica entre o natural e o artificial.

In short, Water-Sensitive Urban Design brings together some of the main principles of contemporary urban water management: i) the management of waters at the source; ii) the replication of natural dynamics; iii) orientation for urban interventions and use and occupation of land based on water conservation (and *vice versa*); iv) coherent planning and management of this process, with the participation of all actors and stakeholders; and v) a combination of structural and non-structural measures. This is therefore a far-reaching vision which aims to reconcile cities with their waters, an idea that inspires professionals and ordinary citizens alike to pursue their vision of a harmonious coexistence of the natural and built environment.

44 As reflexões aqui expostas têm uma razão de ser. Todo aprendizado visa aperfeiçoar o modo de ver, compreender e intervir sobre uma dada realidade. Sua aplicação busca aportar transformações a essa realidade com fins de promover melhorias. No espaço das cidades, em que se entrecruzam as ações dos cidadãos e de profissionais como hidrólogos, arquitetos-urbanistas, geógrafos, sociólogos, parte das mudanças se enquadra na ação do Urbanismo. Este, por sua vez, deve perseguir como objetivo último a promoção da equidade nos territórios conformados pelo Homem. No meio urbano, um dos entraves maiores a esse propósito está no descompasso entre o desejo de ocupar e transformar o espaço, avançando sobre corpos de água e ambientes úmidos, e a capacidade destes últimos em dar suporte à vida humana.

O conteúdo limitado aqui apresentado serve não apenas à breve análise do estado da arte nesse domínio, mas à coleta de ensinamentos fundados nos modelos (conceituais, operacionais, institucionais) aplicados ou em construção, seus erros, seus acertos e suas lacunas, com vistas a uma gestão integrada do ciclo das águas urbanas inspirada no ideário da sensibilidade às águas. Há que se ter em conta que o aprendizado não significa a simples reprodução desses modelos: as realidades e os contextos socioespaciais e físico-ambientais particulares de cada cidade são as guias iniciais para desenvolver essa abordagem. Elas orientam as diretrizes de organização e controle do uso e da ocupação urbana, seus eixos de expansão, suas densidades. O conhecimento dessas realidades determina a natureza das medidas a serem aplicadas, estruturais ou não. Para enfrentar o conflito águas-cidades, é determinante o grau de desenvolvimento das capacidades técnicas e tecnológicas do quadro normativo e institucional que orienta as ações públicas e privadas, dos ambientes de planejamento e gestão democrática, etc.

No Brasil, vislumbram-se experiências que se alinham ou corroboram as posturas de um Urbanismo Sensível às Águas. É o caso de Belo Horizonte, onde se desenvolve o *Programa de Recuperação Ambiental dos Fundos de Vales e Córregos em Leito Natural* (Drenurbs/Nascentes, 2003), e de sua Região Metropolitana, cujo Plano Diretor se baseia na concepção de uma trama verde-azul. No Recife, o Plano Diretor de Drenagem, aprovado no ano de 2018, apresenta-se como expressão da transição de paradigmas, assumindo a introdução de posturas contemporâneas, como o controle na fonte, mas reconhecendo pragmaticamente a incapacidade de se promover intervenções de recuperação de dinâmicas hídricas em larga escala.

Ainda na capital pernambucana, desenvolve-se a experiência do *Projeto Parque Capibaribe*, numa parceria entre o InCiti (Inovação e Pesquisa para as Cidades, da UFPE) e a Prefeitura da Cidade do Recife. Propondo repensar o modo como os recifenses veem e vivem a cidade a partir das águas e das margens de seu principal rio, o projeto estimula a construção colaborativa de

All learning aims to improve the way we see, understand and intervene in a given reality. Its application seeks to bring about changes in this reality with a view to improving it. In the space of cities, in which the actions of ordinary citizens cross paths with those of professionals such as hydrologists, architects and planners, geographers and sociologists, some of these changes form part of the process of urban planning. This, in turn, should pursue as its ultimate goal, the promotion of equity in territories shaped by human beings. In the urban environment, one of the greatest hindrances to this proposal lies in the mismatch between the desire to occupy and transform space, moving out into bodies of water and across wetlands, and the actual capacity of these environments to sustain human life.

The limited information presented here serves not only to provide a brief overview of the state of the art in this field, but also to gather together lessons based on applied (conceptual, operational, or institutional) models or those under construction, examining the successes, failures and shortcomings of these, with a view to developing integrated management of the urban water cycle inspired by the idea of water sensitivity. It should be borne in mind that learning does not mean simply reproducing these models: the specific socio-spatial and physical-environmental contexts and situations of each city should be taken as the initial guides in developing this approach. It is these that provide the guidelines for the organization and control of the use and occupation of urban land, the axes along which it expands, and its density. Knowledge of this reality determines the nature of the measures to be applied, whether structural or not. Confronting the conflict between water and cities depends on the degree of development of technical and technological capacities, the institutional and legislative framework that guides public and private enterprises, the situation with regard to planning and democratic management, among other factors.

In Brazil, we can find experiences that are aligned with or corroborate the notion of Water-Sensitive Urban Design. One of these is that of the city of Belo Horizonte, with its *Valley Floor and Natural Stream Bed Environment Restoration Program* (Drenurbs/Nascentes, 2003), and that of its metropolitan region, whose Master Plan is based on the concept of a blue-green city. In Recife, the Master Plan for Drainage, approved in 2018, represents a paradigm shift towards the introduction of contemporary ideas, such as control of sources, but is also pragmatic in so far as it acknowledges the impossibility of undertaking large-scale interventions to regenerate water dynamics.

Recife also has the experience of the *Capibaribe Park Project*, a partnership involving InCiti (Innovation and Research for Cities, at the Federal University of Pernambuco) and Recife City Hall. The proposal is to use the waters and the banks



FIGURAS 16 E 17

Curso de água recuperado pelo Drenurbs, no Parque Primeiro de Maio

Exemplos de soluções de recuperação de riachos urbanos, em Belo Horizonte.

FIGURES 16 AND 17

Watercourse restored by Drenurbs, in Parque Primeiro de Maio

Examples of urban stream restoration solutions, in Belo Horizonte.



46 espaços socialmente inclusivos em torno de um parque linear. Em sua evolução, o Parque Capibaribe se torna um eixo estruturador dos espaços da cidade, assumindo o papel de indutor de uma estratégia de (re)ordenamento territorial que orienta intervenções pontuais paulatinas para consolidar uma nova cidade no horizonte de seus 500 anos, em 2037 (DINIZ *et al.*, 2020). Consolidada numa publicação recente, a apresentação do processo desenvolvido para sua elaboração serve hoje como guia para futuros desafios (RECIFE, 2019).

No campo acadêmico, vêm sendo levadas a efeito outras iniciativas, com o acúmulo de conhecimentos sobre a cidade e suas águas. O projeto de pesquisa Riachos Urbanos, vinculado ao Grupo de Recursos Hídricos da UFPE, particularmente interessado no caso do Riacho Parnamirim, inspira outros como o do Módulo Experimental de Desenho Urbano Sensível às Águas (DINIZ e ALENCAR, 2019) e Projetos de Pesquisa e Extensão para a Recuperação dos riachos do Cavouco (UFPE) e do Sítio dos Pintos (Associação Águas do Nordeste (ANE, 2020).

Perceber o urbanismo como campo disciplinar capaz de orientar um eixo de ordenamento e controle de águas urbanas, a partir de diretrizes de construção de Cidades Sensíveis às Águas, requer a adaptabilidade mencionada. No seu papel cotidiano, o urbanista, seja ele engenheiro, arquiteto, geógrafo..., deve exercitar algumas habilidades: a criatividade, no desenvolvimento de abordagens, análises e soluções guiadas pelas dinâmicas hídricas em meio urbano; a receptividade à participação de vários outros atores para com eles construir cidades acolhedoras e resilientes. Nesse sentido, cabe vencer um obstáculo maior: a transformação cultural em vista da formação de novos profissionais capazes de implantar as condições necessárias ao exercício do Urbanismo Sensível às Águas.

of the city's main river to rethink the way citizens of Recife view and experience the city. The project encourages collaborative work on building socially inclusive spaces around a linear park. In the course of its development, Capibaribe Park has become a structuring axis around which other spaces in the city have congregated, fostering further development of a strategy of (re)developing territory in such a way as to guide gradual one-off interventions and build a new kind of city for Recife's 500th anniversary in 2037 (DINIZ *et al.*, 2020). As presented in a recent publication, the development of this project now serves as a guide for confronting future challenges (RECIFE, 2019).

In the academic world, other initiatives are aiming to accumulate a vast body of knowledge about the city and its waters. The Urban Streams research project, linked to the UFPE's Water Resources Group, which is particularly interested in Riacho Parnamirim, has inspired further initiatives, such as that launched by the Experimental Water Sensitive Urban Design Module (DINIZ e ALENCAR, 2019) and Research Projects and Outreach for the Recuperation of the Streams of Cavouco (UFPE) and Sítio dos Pintos (Waters of the Northeast Association) (ANE, 2020).

Seeing urban planning as a discipline capable of guiding one aspect of the development and control of urban waters, using Water-Sensitive Cities building guidelines, requires the capacity for adaptation mentioned above. In their everyday work, those involved in urban planning, be they engineers, architects, or geographers, should possess both the ability to be creative in the development of approaches, analyses and solutions guided by the water dynamics of urban environments, and open-minded with regard to the participation of various other stakeholders in the construction of hospitable resilient cities. It will thus be possible to overcome the even greater obstacle of transforming the culture of the profession in such a way as to produce a new breed of professional capable of introducing the conditions necessary for the application of Water-Sensitive Urban Design.



FIGURAS 18 E 19
Ativação da “Praia do Capibaribe” e Jardim do Baobá, à beira do rio
 Exemplos de solução de valorização do Capibaribe e de suas áreas ribeirinhas, no Recife.

FIGURES 18 AND 19
 Activation of “Capibaribe Beach” and Jardim do Baobab Gardens, on the riverbank
 Examples of solutions that respect the River Capibaribe and its banks, in Recife.





2

TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS NA DRENAGEM

SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS (SUDS)¹

JAIME CABRAL
SYLVANA MELO DOS SANTOS

¹ [Translator's Note: the term used in the original Portuguese reflects the term "*techniques compensatoires*" commonly used in French publications, in addition to the term '*techniques alternatives*'. English-language publications, however, tend to prefer terms such as SuDS (sustainable drainage systems) and LID (low-impact design), although the terminology used in this field is currently still under evolution. In this text I have generally used SuDS, reverting sometimes to 'compensatory techniques' or 'sustainable techniques' on occasions where this literal translation fits better into the context or grammar of the sentence. For a discussion of the evolution of international use of terminology in this field, See Fletcher TD et al. (2015) "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage" in *Urban Water Journal*, 12:7, 525-542, DOI: 10.1080/1573062X.2014.916314, retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1573062X.2014.916314> 29/09/2021]

INTRODUÇÃO

NOVAS ABORDAGENS PARA A DRENAGEM URBANA

50 Na segunda metade do século XX, as cidades brasileiras cresceram muito, e o ciclo hidrológico foi extremamente modificado. Com sucessivos aterros, a forma das bacias hidrográficas mudou ao longo do tempo, e as canalizações aceleraram o escoamento das águas pluviais.

A construção de casas e prédios, bem como o asfalto e o concreto nas ruas, reduziu a infiltração de modo que, para uma chuva de mesma intensidade, o ciclo hidrológico foi modificado, e a vazão produzida pode chegar a ser seis vezes maior do que a anterior (LEOPOLD, 1968 TUCCI, 2007).

Para conviver com as vazões cada vez mais intensas, durante algumas décadas os projetos de drenagem focaram no aumento da capacidade hidráulica dos condutos, ampliando o diâmetro das tubulações ou fazendo projetos de grandes galerias.

No que se refere à macrodrenagem, para dar escoamento às grandes vazões geradas pela urbanização, muitas obras têm sido feitas em várias cidades brasileiras, canalizando, aumentando a seção transversal dos canais, cortando meandros, retificando os cursos de água (mudando a declividade do leito do curso de água) a um custo cada vez mais caro e, além disso, acelerando os escoamentos, de modo que muitas vezes produzem alagamentos em novos pontos do percurso das águas.

Em cidades de diversos países, teve início a percepção de que estava sendo necessária uma abordagem sustentável da drenagem urbana em que a população sofresse menos incômodos de alagamentos e que as intervenções fossem ambientalmente mais adequadas e não ficassem tão dispendiosas (MIGUEZ *et al.*, 2016).

Nas novas abordagens, os dispositivos têm sido chamados de *técnicas compensatórias*, visto que tentam compensar os problemas causados pela urbanização. O presente capítulo descreve as técnicas compensatórias no contexto de novas abordagens para drenagem urbana em busca de uma cidade mais sustentável.

INTRODUCTION

NEW APPROACHES TO URBAN DRAINAGE

Cities in Brazil grew rapidly in the second half of the 20th century and the water cycle underwent significant modifications. Successive land filling operations have transformed the drainage basins of rivers over time and canalization has speeded up storm water runoff.

The construction of houses and high-rise buildings, along with the asphaltting and concreting of roads, has reduced infiltration to the extent that, while the intensity of rainfall has remained the same, the water cycle has changed and the discharge produced can now be as much as six times greater than it was previously (LEOPOLD, 1968 TUCCI, 2007).

To accommodate increasingly heavy water discharge, drainage projects have, for a number of decades, focused on increasing the hydraulic capacity of conduits, widening the diameter of pipes and undertaking large-scale sewerage projects.

Macro-drainage works have been undertaken in various Brazilian cities to provide runoff for the heavy discharge generated by urban development. These have tended to involve canalization, increasing the width of the transverse section, reducing meandering, straightening the course of the waterway, or changing the slope of the bed, all of which incur very high costs. Such methods, however, may even increase runoff and produce flooding at some points on the course of the waterway at which it had not previously occurred.

Cities in various countries began to realize that there was a need for a sustainable approach to urban drainage, which would result in the population being less susceptible to the inconvenience of flooding and in which interventions were at once less harmful to the environment and more inexpensive (MIGUEZ *et al.*, 2016).

These new approaches involved tools that have come to be known as *compensatory techniques or sustainable drainage systems (SuDS)*, in so far as they attempt to compensate for problems caused by urban development. This chapter describes these techniques in the context of new approaches to urban drainage that seek to create more sustainable cities.

1. CICLO HIDROLÓGICO URBANO. MUDANÇAS DE PARADIGMAS

A drenagem urbana nas cidades brasileiras está precisando de uma mudança de paradigma em que os gestores e a sociedade mudem a forma de pensar e de atuar no tocante ao manejo das águas pluviais urbanas.

As novas abordagens utilizando técnicas compensatórias têm sido aplicadas em países da Europa, nos Estados Unidos e na Austrália, procurando fazer o controle dos alagamentos atuando na fonte (nos locais onde a chuva ocorre) para evitar que a vazão aumente excessivamente devido à urbanização. No Brasil, o uso de técnicas compensatórias iniciou poucos anos atrás, e já existem diversos dispositivos instalados no Rio Grande do Sul, em Minas Gerais e em São Paulo. No Recife, gradativamente, as ideias das técnicas compensatórias estão começando a ser assimiladas e implantadas.

Algumas técnicas compensatórias têm como objetivo a redução de vazões e funcionam basicamente com um processo de armazenamento da água na hora da chuva e depois liberando a água lentamente para não causar alagamento a jusante (reservatórios de detenção, reservatórios de retenção, reservatórios no lote, telhado ou teto verde).

Outro conjunto de técnicas se baseia na redução de volumes e basicamente procura recuperar a capacidade de infiltração que foi perdida com a impermeabilização do solo no processo de urbanização (trincheira de infiltração, vala de infiltração, pavimento permeável, jardim de chuva).

O ciclo hidrológico nas cidades foi extremamente modificado ao longo das últimas décadas nas cidades brasileiras, o que tem causado sérios problemas no manejo das águas nas cidades (CABRAL e ALENCAR, 2005). Um outro ponto positivo das técnicas compensatórias é que diversas delas tentam mimetizar o ciclo hidrológico, melhorando a infiltração, reduzindo o escoamento superficial, recarregando o aquífero freático e contribuindo para o escoamento de base (contribuição dos aquíferos para a vazão dos rios e riachos).

Com o uso de técnicas compensatórias, é realizada uma abordagem integrada (chamada por alguns de *abordagem ecossistêmica*), buscando objetivos ecológicos, econômicos e sociais, planejando bem as decisões sobre o uso do solo e evitando ações complexas e custosas de remediação de problemas.

1. THE URBAN WATER CYCLE. CHANGES IN PARADIGM

Urban drainage in Brazilian cities needs a change of paradigm according to which managers and society change their way of thinking and behaving in relation to urban storm water management.

New approaches involving sustainable drainage systems have been applied in Europe, in the United States and in Australia and efforts have been made to control flooding at source (in the locations where rain occurs) so as to prevent excessive increases in water discharge as a result of urban development. In Brazil, the use of such techniques began a few years ago and various systems have been installed in Rio Grande do Sul, Minas Gerais and São Paulo. In Recife, ideas relating to sustainable drainage are beginning to be adopted and put into practice.

Some sustainable drainage techniques aim to reduce discharge and function primarily as water storage mechanisms during periods of rainfall, later releasing the water slowly so as not to cause flooding downstream (detention and retention reservoirs, lot reservoirs, green roofs or rooftops).

Other kinds of technique involve reducing volumes and attempting to recover the infiltration capacity that had been lost to soil sealing in the course of urban development (infiltration trenches, ditches, permeable paving, rain gardens).

The water cycle in Brazilian cities has been greatly modified over the years and this has caused serious water management problems (CABRAL & ALENCAR, 2005). Another positive point relating to sustainable drainage techniques is that many of them try to mimic the water cycle, improving infiltration, reducing surface runoff, recharging the water table and contributing to base runoff (the contribution of groundwater to the level of rivers and streams).

The use of SuDS involves adoption of an integrated approach (sometimes called an *ecosystem approach*), which seeks ecological, economic and social objectives, planning land use decisions well and thereby avoiding the need for costly complex remedial action.

2. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS COM ARMAZENAMENTO

52

2.1. BACIAS DE DETENÇÃO E BACIAS DE RETENÇÃO

Bacias de detenção são estruturas construídas para armazenamento temporário das águas de chuva para evitar alagamentos em outros pontos da cidade (BAPTISTA *et al.*, 2011; CANHOLI, 2014). As bacias acumulam a água na hora das chuvas intensas e liberam-na gradativamente após as chuvas, sendo chamadas popularmente em algumas cidades de *piscinões*. Alguns autores fazem distinção entre bacias de detenção, que ficam secas enquanto esperam as próximas chuvas, e bacias de retenção, que mantêm uma lâmina de água permanente. No presente texto, o nome *bacia de detenção* será utilizado de maneira mais ampla indicando os dois casos.

Em geral, as bacias de detenção têm como principal função a redução da vazão de jusante, acumulando o excesso de água pluvial que chega e permitindo apenas a saída de uma vazão limitada, de acordo com o tamanho do orifício de descarga. Algumas bacias de detenção podem ser projetadas para facilitar a infiltração, reduzindo assim o volume de saída. Algumas outras também ajudam a reduzir a poluição difusa, mantendo a água retida por algum tempo para ocorrer um processo de sedimentação, de modo que a água liberada saia com menos poluentes.

No projeto das bacias de detenção, um ponto importante é o orifício de saída, que deve ser dimensionado de modo a limitar a vazão para não causar alagamento nos locais a jusante.

Outros aspectos importantes são a escolha do local onde será construída a bacia de detenção e o volume a ser armazenado. Para o tempo de retorno adotado, obtém-se o cálculo da vazão que chega no reservatório e se procura adequar o volume de acordo com a área disponível e as limitações de altura.

Considerando que as bacias de detenção só acumulam água nos dias de chuvas intensas, na maior parte do ano as bacias ficam secas e podem ser utilizadas para outras finalidades. A Figura 1 mostra projetos de bom aproveitamento das bacias para atividades de lazer e de esportes, sendo um caso em Porto Alegre e o outro caso em Grenoble (França). A Figura 2 mostra uma lagoa em Belo Horizonte que pode ser classificada como bacia de retenção por manter uma lâmina de água permanente. O entorno da lagoa também é usado para caminhadas, passeios e momentos de lazer.

2.2. DETENÇÃO EM RUAS E EM SUB-BACIAS

Uma dificuldade para a utilização de bacias de detenção nas grandes cidades brasileiras é conseguir um local que atenda às condições geométricas (planimétrica e de relevo) e que não esteja com muitas edificações. Em função disso, uma alternativa é a utilização do espaço por baixo de uma rua.

2. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS INVOLVING STORAGE

2.1. DETENTION AND RETENTION BASINS

Detention basins are structures built for temporary storage of storm water as a way of avoiding flooding in other parts of the city (BAPTISTA *et al.*, 2011; CANHOLI, 2014). These basins store water during periods of heavy rainfall and release water gradually thereafter. They are popularly known in some Brazilian cities as *piscinões* [big pools]. A distinction is sometimes made between detention basins, which remain dry waiting for the next rains, and retention basins, which permanently contain water. In the present text the term *detention basin* will be used in a broader sense to refer to both.

In general, the main function of detention basins has been to reduce the flow of water downstream, accumulating excess storm water and allowing only limited discharge, according to the size of the flow outlet. Some detention basins may be designed to facilitate infiltration, thereby reducing the volume of outflow. Others help to reduce diffuse pollution, retaining water for a sufficient length of time to enable sedimentation to occur, thereby ensuring that the water released is less polluted.

In detention basin projects, the flow outlet is of special importance and it should be of sufficient size to limit discharge and prevent flooding downstream.

Other important aspects include the choice of location of the detention basin and the volume of water stored. The quantity of discharge that reaches the reservoir is calculated for the recurrence interval adopted and attempts are made to adjust the volume to the area and depth available accordingly.

As detention basins only accumulate water on days when there is heavy rainfall, such basins are dry for most of the year and can be used for other purposes. Figure 1 shows projects that make good use of basins for leisure and sports activities, one in Porto Alegre (Brazil) and another in Grenoble (France). Figure 2 shows a lake in Belo Horizonte that should be regarded as a retention basin in so far as it permanently contains some water. The surroundings of the lake are also used for recreation.

2.2. DETENTION AT STREET LEVEL AND IN SUB-BASINS

One difficulty regarding the use of detention basins in large cities in Brazil concerns finding a geometrically suitable location (flat with high elevation) without too many surrounding buildings. One alternative therefore is to use the space under the road.

In Recife, a reservoir of this kind has been constructed under Rua Santo Elias, near Rua Conselheiro Portela, in the Espinheiro neighborhood. It was not possible to build a larger reservoir because of trees on the sidewalk and



FIGURA 1
Bacias de retenção com usos de lazer e esportes nos dias sem chuvas intensas
A) Porto Alegre, B) Grenoble (França).



FIGURE 1
Detention basins used for sports and leisure on days without rainfall.
A) Porto Alegre (Brazil), B) Grenoble (France).



FIGURA 2
Lagoa de retenção em Belo Horizonte: além de ter a função de amortecimento das vazões, também é utilizada para atividades de esportes e lazer.

FIGURE 2
Retention lake in Belo Horizonte: retaining water and also used for sports and leisure activities.

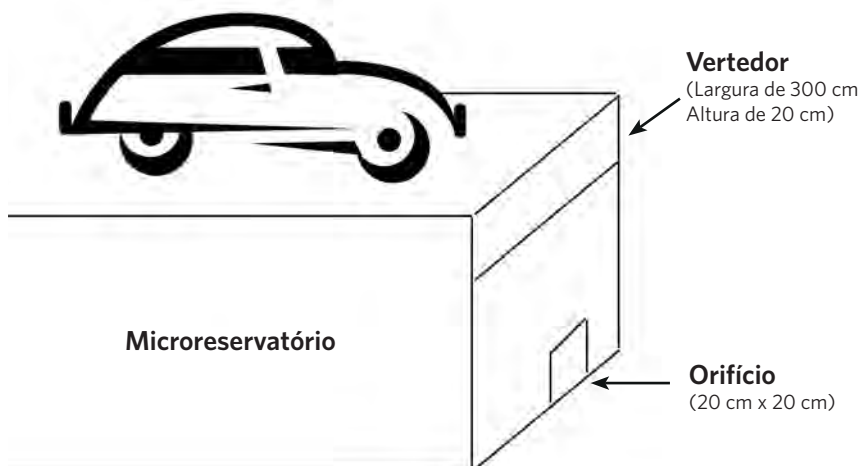


FIGURA 3
Representação do microreservatório construído no bairro do Espinheiro sob o pavimento da Rua Santo Elias, no Recife/PE.

FIGURE 3
Representation of micro-reservoir constructed in Espinheiro neighborhood underneath Rua Santo Elias, in Recife/PE.

No Recife, foi construído um reservatório desse tipo na Rua Santo Elias, próximo à Rua Conselheiro Portela, no bairro do Espinheiro. Não foi possível construir um reservatório maior devido às limitações: árvores nas calçadas e redes da companhia de abastecimento. Também não foi possível construir com uma profundidade maior para não ficar abaixo da cota das galerias existentes.

O citado reservatório tem um orifício de saída que deságua na galeria da Rua Santo Elias e, depois, na galeria da Rua do Espinheiro. Para funcionar adequadamente, é importante que seja realizada a limpeza periódica do orifício de saída e também das galerias a jusante. O reservatório reduziu os alagamentos da área, mas, por ocasião das chuvas mais intensas, ainda ocorrem alguns alagamentos.

Foi realizado um outro estudo para analisar a implantação de reservatórios no espaço das ruas na bacia do Canal da Sanbra, Figura 5, localizado na zona oeste da cidade do Recife, onde se constata pontos de alagamento quando da ocorrência de chuvas intensas. A bacia apresenta uma área de 39,65 ha com um perímetro de 3.748,91 m e uma taxa de impermeabilização média de 88,7%, o que a classifica como uma área densamente ocupada. O estudo foi publicado na revista da RBRH (SILVA e CABRAL, 2014), mas não chegou a ser executado.

A análise da topografia da bacia conduziu a optar pela implantação de reservatórios por sub-bacias, no setor elevado, distribuídas em 5 setores da bacia. Para a detenção em ruas, houve a necessidade de se condicionarem as dimensões dos reservatórios às larguras dos logradouros e às cotas de fundo dos poços de visita a jusante. Decidiu-se pelo método que apresentou menores volumes e consequentemente menores estruturas (Tabela 1), e as simulações computacionais foram realizadas com o modelo SWMM para analisar a eficiência dos reservatórios para redução dos alagamentos.

2.3. RESERVATÓRIOS NO LOTE

Outra opção de reservatório de detenção é a construção dentro do próprio lote. Ao construir o reservatório no lote, adota-se o enfoque de controle na fonte em que a água é armazenada, no mesmo local onde ocorre a precipitação pluviométrica, reduzindo a quantidade de água que escoar para as ruas e que poderia causar alagamento nos pontos baixos da cidade.

Atualmente, no Recife, já existe uma lei municipal que preconiza a construção de reservatórios nos lotes. A Lei nº 18.112, sancionada em 2015, exige a construção de reservatórios de águas pluviais, como condição para aprovação de projetos iniciais, em lotes com área superior a 500 m², edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25% da área total do lote.

the existence of lines belonging to other utility networks. Neither was it possible to dig deeper than the level of existing drainage sewers.

This reservoir has a flow outlet that discharges into the Rua Santo Elias sewer system and then into that of Rua do Espinheiro. To ensure adequate functioning, the flow outlet and the downstream sewers need to be cleaned regularly. This reservoir has reduced flooding in the area, although flooding does still occur at times of heavy rainfall.

A further study was conducted to look into the possibility of installing subterranean reservoirs in the Sanbra Canal basin, Figure 5, in the western zone of Recife, which experiences flooding during periods of heavy rainfall. The basin comprises an area of 39.65 ha with a perimeter of 3,748.91 m and mean soil sealing of 88.7%, classifying it as a densely developed area. This study was published in the Brazilian water resources journal RBRH (SILVA & CABRAL, 2014), although the project was never implemented.

A topographic survey of the basin eventually led to the adoption of installation of reservoirs by sub-basin, in five higher-elevation sections of the basin. Detention at street level would have required the reservoirs to fit the widths of the locations and the depths of downstream maintenance holes. The method eventually adopted was the one that required least volume and hence less construction (Table 1). SWMM computer simulations were carried out to assess the efficiency of reservoirs in reducing flooding.

2.3. LOT RESERVOIRS

Another option is to construct a detention reservoir inside the building lot. This focuses on control at source, according to which water is stored at the same location in which the rainfall occurred, thereby reducing the quantity of runoff onto streets that may cause flooding in low-lying areas of the city.

Recife currently has a municipal law that encourages the construction of reservoirs on lots. Law Nº 18,112, of 2015, requires the construction of rain water reservoirs, on condition of approval of the preliminary projects, in lots larger than 500 m² in area, with or without buildings, with a soil sealed area accounting for 25% of the total area of the lot.

According to this law, storm water reservoirs may be accumulation reservoirs, used to store rainwater for reuse for purposes other than drinking water, collected exclusively on rooftops, or retarding reservoirs, storing rainwater for subsequent discharge into the public network. Some establishments are already in compliance with this municipal legislation and have constructed reservoirs for storm water retention, including one supermarket in Benfica and a department store in Tamarineira.



FIGURA 4
Detalhes da construção do microrreservatório na Rua Santo Elias, no bairro do Espinheiro, no Recife/PE.

FIGURE 4
Details of construction of micro-reservoir underneath Rua Santo Elias, in the Espinheiro neighborhood of Recife/PE.



FIGURA 5
Localização de reservatórios em ruas na bacia do Canal da Sanbra (o estudo de alternativas foi realizado, mas não foi construído).

FIGURE 5
Location of projected underground reservoirs in Sanbra Canal basin (not constructed).

Setor <i>Sector</i>	Parâmetros <i>Parameters</i>				
	Vs	A	b	L	h
	(m ²)	(m ³)	(m)	(m)	(m)
1	451,82	347,55	3,00	115,85	1,30
2	297,07	297,07	3,00	99,02	1,00
3	144,71	90,44	3,00	30,15	1,60
4	731,28	487,52	3,00	162,51	1,50
5	141,63	70,82	3,00	23,61	2,00
Obs.: Vs é volume a reter; A é a área útil; b é a largura; L é o comprimento; e h é a altura. <i>Key: Vs=volume retained; A=useable area; b=width; L=length; and h=depth.</i>					

TABELA 1
Volumes adotados para os reservatórios sob as ruas do bairro e suas respectivas dimensões para a redução dos alagamentos na bacia do Canal da Sanbra
Fonte: Silva e Cabral, 2014.

TABLE 1
Volumes adopted for reservoirs under streets of neighborhood and respective dimensions for flood mitigation in the Sanbra Canal basin
Source: Silva & Cabral, 2014.

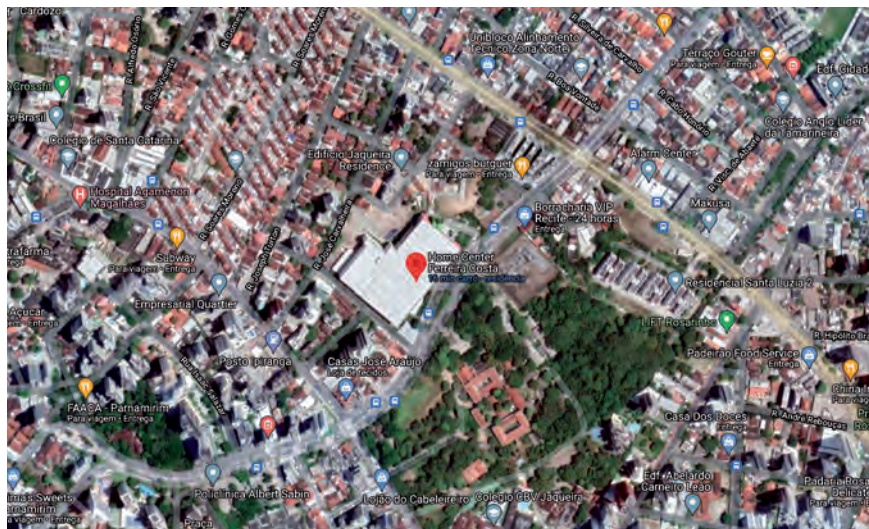


FIGURA 6

Loja de departamentos no bairro da Tamarineira, no Recife/PE, onde foram construídos reservatórios no lote para controle da precipitação pluviométrica na fonte.

FIGURE 6

Department store in Tamarineira, Recife/PE, where on-lot reservoirs were constructed to control storm water at source.

De acordo com a referida lei, os reservatórios de águas pluviais podem ser reservatórios de acumulação, destinados ao acúmulo de águas pluviais para reaproveitamento com fins não potáveis, com captação exclusiva dos telhados; ou reservatórios de retardo, destinados ao acúmulo de águas pluviais para posterior descarga na rede pública. De acordo com a citada lei, alguns empreendimentos estão atendendo à legislação municipal e já construíram os reservatórios para acúmulo de águas pluviais, destacando-se um supermercado no Benfica e uma loja de departamentos na Tamarineira.

No caso do empreendimento da Tamarineira, Figura 6, a área do terreno é de 12.000 m², sendo a área construída correspondente a 63% do terreno. Foi adotado um tempo de retorno de 10 anos, e o volume necessário de reservação obtido no cálculo foi dividido para três reservatórios para melhor distribuição do arranjo construtivo; um dos reservatórios deságua na Rua Jundiá, e outros dois na Rua Cônego Barata.

Os reservatórios construídos, no caso do empreendimento da Tamarineira, possuem volume, respectivamente, de 80 m³, 84 m³ e 49,5 m³, e o diâmetro do orifício de saída é respectivamente, de 15 cm, 15 cm e 10 cm.

2.4. TELHADOS ECOLÓGICOS

De forma geral, o telhado de uma casa influencia diretamente no desenho da edificação, conferindo-lhe características específicas do estilo arquitetônico traçado. No Brasil, é comum o emprego de telhados convencionais com telhas aparentes visíveis, que são conhecidos como *telhados de águas* (por constituírem superfícies por onde escorrem as águas da chuva). Entretanto, apesar de ainda não serem comumente encontrados, os telhados com outros tipos

In the case of the establishment in Tamarineira, Figure 6, the built area accounted for 63% of the total ground area of the plot of 12,000 m². Adopting a recurrence interval of 10 years, the storage volume necessary was calculated and this volume divided between three reservoirs for more efficient distribution. One of these reservoirs drains into Rua Jundiá, the other two into Rua Cônego Barata.

In the case of this establishment, the reservoirs have volumes of 80 m³, 84 m³ and 49.5 m³, and flow outlets with diameters of 15 cm, 15 cm and 10 cm respectively.

2.4. ECOLOGICAL ROOFS

Generally speaking, the roof of a house has a direct influence on the design of the building, giving it the specific characteristics of the architectural style adopted. In Brazil, the normal practice is to use conventional roofs with tiles visible, also known as *water tiles* (because their surfaces are specially designed for rainwater to run off them). However, despite being less common, rooftops of other types, which combine innovation and sustainability, are being seen more frequently. There is thus increasing interest in green or vegetation roofs (or rooftops) or light vegetation cover.

Although there are no technical restrictions regarding the type of environment in which such roofs should be used, they are most commonly found covering leisure areas, car parks, and back yards. This is certainly not a new concept. The literature indicates that green rooftops date back to at least 600 B.C.E., when the famous hanging gardens of Babylon presented a kind of covering very reminiscent of the green rooftops of today.

In terms of sustainability, however, the kinds of covering that can be used are not restricted

de cobertura, que associam inovação e sustentabilidade, têm sido vistos com frequência. Nesse contexto, ganham cada vez mais adesão os telhados (ou tetos) verdes, ou telhados (ou tetos) vegetados, ou coberturas verdes leves.

Apesar de não existirem tecnicamente restrições quanto ao emprego em qualquer tipo de ambiente, esses telhados são mais encontrados no recobrimento de áreas como espaço de lazer, garagens e quintais. Esse conceito não é novo, alguns registros na literatura indicam que os telhados verdes podem datar de aproximadamente 600 a.C., os famosos jardins suspensos da Babilônia já apresentavam um tipo de cobertura que, em muito, lembra os telhados verdes na forma como existem atualmente.

No viés da sustentabilidade, entretanto, os tipos de cobertura a serem empregados não se restringem às plantas, surgindo, a partir daí, o conceito de *telhado ecológico*, que considera a possibilidade do uso de coberturas que “não simplesmente” realizem o escoamento da água, mas que possuam funções estratégicas relacionadas com o armazenamento de água e/ou captação de energia.

Assim sendo, portanto, a cobertura de uma edificação é fundamentalmente um espaço estratégico à disposição da construção sustentável em prol da qualidade de vida de seus usuários.

to plants, leading to the concept of ecological roofing, which considers the possibility of using coverings that do “not simply” generate runoff, but which possess strategic functions related to water storage and/or energy capture.

The roof of a building is thus an element of fundamental importance in sustainable construction that aims to improve the quality of life of users.

2.4.1 Green Roofs

Generally speaking, green rooftops can be divided into three types, according to the criteria laid out in Table 2 and illustrated in Figure 7.

All the kinds of green roof considered here adopt the same system of construction in accordance with the following sequence from the outermost layer inwards: a concrete slab or other structural support to bear the load of other layers; a weatherproofing layer to protect the previous layer from leaks; a draining layer (gravel, pebbles, expanded clay or polystyrene-based elements) for runoff of excess groundwater; a filtering medium to prevent soil particles from being dragged along by the action of the water; a layer of soil, or subsoil, for cultivation of plants; and, finally, a layer of vegetation. The ideal kinds of plants to use are native species appropriate for the climate, soil type, support structure and type of maintenance

Características <i>Characteristics</i>	Extensivo <i>Extensive</i>	Semi-intensivo <i>Semi-intensive</i>	Intensivo <i>Intensive</i>
Manutenção <i>Maintenance</i>	Baixo <i>Low</i>	Periodicamente <i>Periodical</i>	Alto <i>High</i>
Irrigação <i>Irrigation</i>	Não <i>None</i>	Periodicamente <i>Periodical</i>	Regularmente <i>Regular</i>
Plantas <i>Plants</i>	Musgo, sedum, ervas e gramas <i>Moss, stonecrops, plants and turf</i>	Gramas, ervas e arbustos <i>Grass, plants and shrubs</i>	Gramma, arbustos e árvores <i>Grass, trees and shrubs</i>
Altura <i>Height</i>	60–200 mm	120–250 mm	150–400 mm
Peso <i>Weight</i>	60–150 kg/m ²	120–200 kg/m ²	180–500 kg/m ²
Custos <i>Cost</i>	Baixo <i>Low</i>	Médio <i>Medium</i>	Alto <i>High</i>
Finalidade <i>Purpose</i>	Proteção ecológica <i>Environmental protection</i>	Telhado verde projetado <i>Planned green roof</i>	Parque como jardim <i>Garden park</i>

TABELA 2
Tipos de telhados e suas principais características
Fonte: Sylvana Melo dos Santos.

TABLE 2
Types of roof and their main characteristics
Source: Sylvana Melo dos Santos.

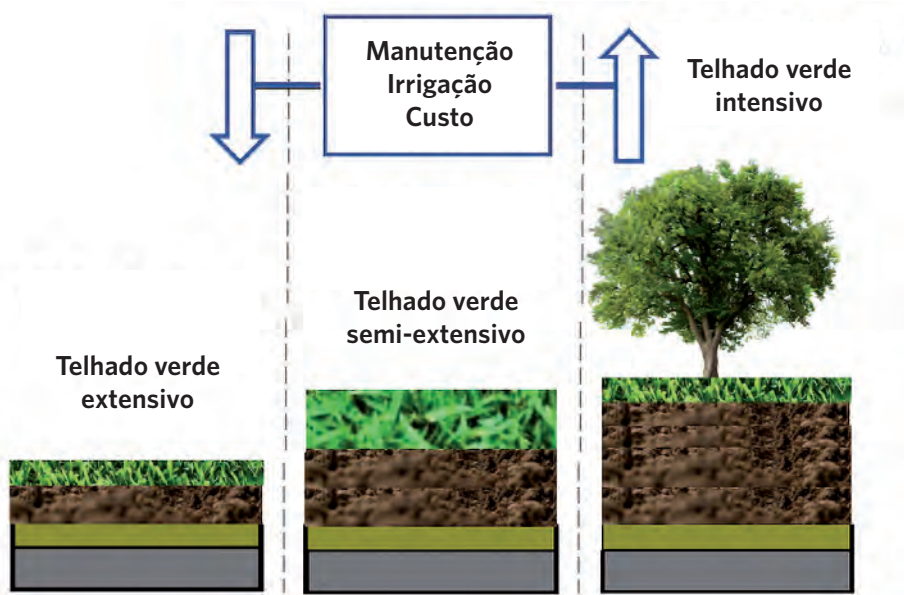


FIGURA 7
Esquemas ilustrativos das vegetações empregadas em cada tipo de telhado.

FIGURE 7
Diagrams showing vegetation used for each type of roof.

Camada de substrato
Camadas drenante e antirraiz
Laje impermeabilizada

2.4.1. Telhados verdes

De forma geral, os telhados verdes podem ser divididos em três tipos, conforme os critérios que estão descritos na Tabela 2 e na ilustração a seguir na Figura 7.

Para qualquer dos tipos de telhado verde considerados, em todos eles observa-se o seguinte sistema construtivo que obedece à seguinte sequência até a camada mais externa: laje ou outro suporte estrutural para recebimento da carga das demais camadas sobrepostas; camada de impermeabilização para proteção da camada anterior contra infiltrações; camada drenante (britas, seixos, argila expandida ou elementos à base de poliestireno) para escoar o excesso de água do solo; meio filtrante para evitar o arraste de partículas do solo pela ação da água; camada de solo, ou substrato, para cultivo das espécies plantadas; e, por fim, a camada de vegetação. No tocante às plantas, o ideal é que sejam utilizadas espécies nativas, observando-se alguns condicionantes: clima, tipo de solo, estrutura de suporte e tipo de manutenção (irrigação, fertilização). Na literatura especializada, são encontradas coberturas verdes em telhados extensivos com emprego de grama-de-burro (Figura 8A), babosa (Figura 8B) e cacto coroa-de-frade (Figura 8A).

Alguns benefícios dos telhados verdes descritos amplamente na literatura científica são: servir de hábitat para a biota local através da reconstituição de um ambiente “natural”, principalmente em áreas urbanas; reduzir a transmissão de ruídos para o interior da edificação por conta da sequência de camadas que aumentam a espessura do telhado; reter parte da água precipitada e, dessa forma, diminuir o volume destinado diretamente para o sistema público de drenagem urbana; reutilizar a água escoada da cobertura para manutenção hídrica da própria vegetação utilizada; usar o espaço para atividades de recreação e lazer; diminuir os efeitos das ilhas de calor urbanas, bem como regular termicamente o ambiente de seu entorno como consequência da evapotranspiração; contribuir para o conforto térmico no interior das edificações abaixo dos mesmos e, assim, reduzir o consumo de energia para esse fim.

(irrigation, mulching). The specialized literature on the subject includes green coverings for extensive roofs using grass and weeds (Figure 8a), aloe (Figure 8b) and cactus (Figure 8a).

Some of the benefits of green roofs widely reported in the scientific literature include: a) serving as a habitat for the local biome by way of reconstitution of a “natural” environment, principally in urban areas; b) soundproofing the interior of the building, as the various layers increase the thickness of the roof; c) retaining some rainwater and hence reducing the volume flowing directly into the public drainage system; d) reusing runoff water for irrigation of the plants used; e) using the space for leisure and recreation activities; f) diminishing the heat island effect and regulating the temperature of the surrounding environment as a consequence of evapotranspiration; g) creating a comfortable temperature in the parts of the interior of buildings beneath the gardens and, hence reducing the amount of energy used for cooling.

The various differences between the main characteristics of green and conventional (tiled) roofs in relation to various aspects of rainwater are presented in Table 3 below.

2.4.2. Ecological Rooftops

The word ecology comes from a combination of the Ancient Greek words *oikos*, meaning home, and *logos*, meaning study. Ecological architecture is a form of architecture that takes special care to integrate the building with the environment, seeking to have as little impact as possible on the natural environment. Techniques considered to fall within this category include natural lighting and ventilation, green strategies (vertical gardens and green rooftops), the use of rainwater, and the use of locally-sourced natural materials (SUS-TENTARQUI, 2018).

Ecological rooftops can thus be seen as rooftops that have the least possible impact on nature, seeking to reverse the current pattern of environmental degradation and favoring, as often as possible, the reuse and/or recycling of



FIGURA 8
Diferentes vegetações utilizadas em telhado extensivo: a) Grama-de-burro e cacto coroa-de-frade; b) Babosa.

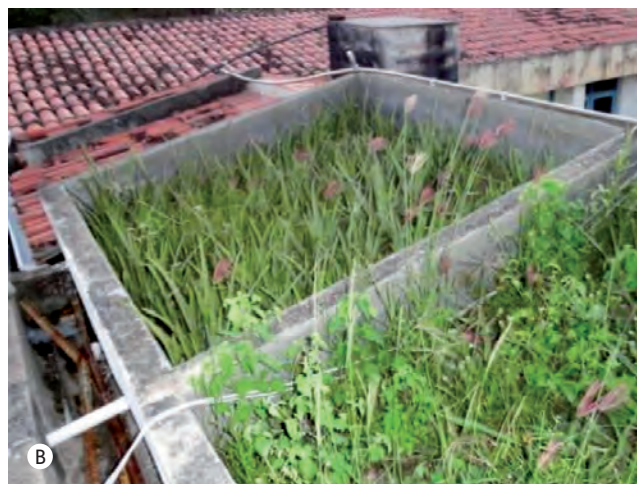


FIGURE 8
Different kinds of vegetation used for extensive roof: a) grass and weeds, and cactus; b) aloe.

As diferenças entre as principais características dos telhados verdes e convencionais (com telhas), sob diversos aspectos referentes à água de chuva, estão apresentadas na Tabela 3.

2.4.2. Telhados ecológicos

A palavra *ecologia* tem origem no grego *oikos*, que significa *casa*, e *logos*, *estudo*. A *arquitetura ecológica* é aquela que tem cuidado especial com a integração do edifício com o meio ambiente, procurando causar o menor impacto possível à natureza. Assim, consideram-se, nesse universo as técnicas passivas de construção (iluminação e ventilação) natural; as estratégias verdes (jardins verticais e telhados verdes); o aproveitamento da água da chuva; e o uso de materiais locais e naturais (SUSTENTARQUI, 2018).

Neste contexto, inserem-se os telhados ecológicos, que podem ser entendidos como telhados que causam o menor impacto possível à natureza, buscando reverter o quadro de degradação ambiental atual e favorecendo, sempre que possível, a reutilização e/ou a reciclagem de materiais que provavelmente seriam descartados na natureza.

Os telhados marrons são exemplos desse tipo de tecnologia, em que são empregados materiais do acúmulo feito de tijolo reciclado local, concreto, casca compostada, vegetação e um solo argiloso médio (T R FREEMAN, 2018). O substrato é projetado para ser autopropagado pela colonização natural da flora e fauna locais, promovendo a biodiversidade, beneficiando a vida selvagem local e ajudando a compensar as perturbações causadas pela pegada do edifício. De forma geral, os telhados marrons não requerem manutenção da cobertura, portanto ajudam a proteger espécies vulneráveis, pois não há interferência do contato humano ou animal no nível do telhado.

Por outro lado, qualquer das coberturas adotadas no âmbito do telhado ecológico requerem manutenção no ambiente abaixo do teto, que fica sujeito à ocorrência de infiltrações (Figura 9), exigindo, por isso, um cuidado maior na realização da impermeabilização (Figura 10).

materials that would otherwise probably have been discarded in the natural environment.

Brown roofs are an example of this kind of technology, made of recycled local bricks, concrete, coconut husk compost, vegetation and a clay soil medium (T R FREEMAN, 2018). This subsoil is designed to be self-propagating by way of natural colonization by local flora and fauna, creating biodiversity, benefiting the local wildlife, and helping to compensate for the disruption caused by the building. Generally speaking, brown roofs do not require maintenance of the covering, and thus help to protect vulnerable species, since there is no interference by humans or other animals at roof level.

On the other hand, any covering adopted for ecological roofing requires maintenance of the area below the roof, which is subject to infiltration (Figure 9), and therefore requires more careful weatherproofing (Figure 10).

Another way of achieving this is to use PET bottles to build the roof (Figure 11). Such coverings protect the building against all kinds of climate, especially rain and ultraviolet sunrays.

2.4.3. Legal instruments providing incentives to install green roofs

As in other parts of the world, city halls in various cities in Brazil are increasingly concerned about the sustainability of the way they transform cities and keen to change the way they see urban space in such a way as to bring it into harmony with the natural environment. Some municipalities are thus providing incentives for citizens to invest in good environmental practices on their property in the city as a way of promoting sustainability. One way of doing this is to offer a reduced rate local IPTU Property and Land Tax, popularly known as the Green IPTU.

Assunto referente à água de chuva	Telhado verde	Telhado convencional
Retenção de volume	10-35% durante a época chuvosa, 65-100% durante a época seca.	Nenhuma.
Mitigação da vazão de pico	Redução dos picos de escoamento de chuvas intensas.	Nenhuma.
Mitigação da temperatura	Todas as chuvas.	Nenhuma.
Melhoria da qualidade da água	Retém a deposição atmosférica e retarda a degradação dos materiais que compõem o telhado, menores volumes e carregamento de poluentes.	Não.
Qualidade do ar	Filtra o ar, previne o aumento da temperatura, armazena carbono.	Nenhuma.
Conservação de energia	Isola a construção, reduz os impactos das ilhas de calor urbanas.	Nenhuma.
Vegetação	Permite evapotranspiração sazonal, promove a fotossíntese, o oxigênio, o balanço carbono hídrico.	Nenhuma.
Espaço verde	Realoca espaços verdes perdidos com as edificações, no entanto não equivalente a uma floresta.	Nenhum.
Bônus no zoneamento de área de piso	0,3 m ² de coeficiente de área de pavimento adicional para cada 0,09 m ² de telhado ecológico quando a construção cobrir mais de 60%.	Nenhum.
Redução das taxas de drenagem urbanas	Pode chegar a 45%.	Nenhuma.
Aprovado como medida de gestão de água de chuva	Para todas as necessidades atuais das cidades.	Não.
Hábitat	Para insetos e pássaros.	Nenhum.
Habitabilidade	Amortece ruídos, elimina luzes ofuscantes, alternativa estética, oferece recreação passiva.	Nenhuma.
Custos	Altamente variável.	Altamente variável.
Custos compensáveis	Redução dos equipamentos de água de chuva, economia de energia, aumento do valor do aluguel e da propriedade, redução da necessidade do uso de materiais isolantes, redução do volume de esgoto, criação de indústrias e empregos.	Nenhum.
Durabilidade	Membrana impermeável protegida da ação da temperatura e da exposição solar, dura mais de 36 anos.	Pouca proteção, exposição aos elementos, dura menos de 20 anos.

TABELA 3
Comparação entre características ambientais do telhado verde e convencional.
 Fonte: Ferreira e Moruzzi (2007).

Rainwater issue	Green roof	Conventional Roof
<i>Retention volume</i>	<i>10–35% during rainy season, 65–100% during dry season.</i>	<i>None.</i>
<i>Mitigation of peak runoff</i>	<i>Reduced runoff peaks during heavy rain.</i>	<i>None.</i>
<i>Temperature mitigation</i>	<i>All kinds of weather.</i>	<i>None.</i>
<i>Improved water quality</i>	<i>Retains atmospheric deposition and slows degradation of roofing materials, lower volumes and loads of pollutants.</i>	<i>No.</i>
<i>Air quality</i>	<i>Filters air, prevents increase in temperature, captures carbon.</i>	<i>None.</i>
<i>Energy conservation</i>	<i>Insulates the building, reduces the impact of urban heat islands.</i>	<i>None.</i>
<i>Vegetation</i>	<i>Enables seasonal evapotranspiration, promotes photosynthesis, oxygenation, carbon/water balance.</i>	<i>None.</i>
<i>Green spaces</i>	<i>Compensates for green spaces lost to buildings, albeit not equivalent.</i>	<i>None.</i>
<i>Ground area zoning bonus</i>	<i>Additional 0.3 m² paved area coefficient for every 0.09 m² of ecological roof when building covers 60%.</i>	<i>None.</i>
<i>Reduction in urban drainage rates</i>	<i>May be as high as 45%.</i>	<i>None.</i>
<i>Approved as a rainwater management measure</i>	<i>For all the city's current needs.</i>	<i>No.</i>
<i>Habitat</i>	<i>For birds and insects.</i>	<i>None.</i>
<i>Liveability</i>	<i>Soundproofing, eliminates dazzling lights, improves aesthetic appearance, provides passive recreation.</i>	<i>None.</i>
<i>Cost</i>	<i>Varies greatly.</i>	<i>Varies greatly.</i>
<i>Offsetting of costs</i>	<i>Requires less rainwater protection equipment, saves energy, increases the rentable value of the property, reduces the need to use insulating materials, reduces the volume of sewage, creates economic opportunities and jobs.</i>	<i>None.</i>
<i>Durability</i>	<i>Impermeable membrane protected from heat and sunlight. Lasts more than 36 years.</i>	<i>Little protection. Exposed to elements. Lasts less than 20 years.</i>

TABLE 3
Comparison of environmental characteristics of green and conventional roofs.
Source: Ferreira e Moruzzi (2007).

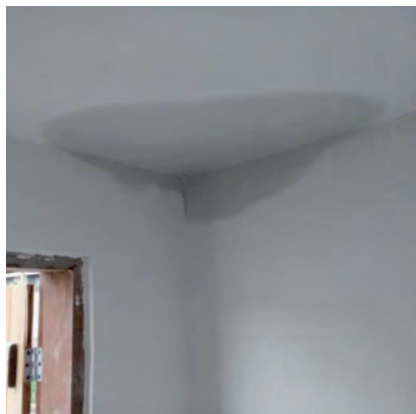


FIGURA 9
Infiltração na laje abaixo do telhado verde.

FIGURE 9
Infiltration in concrete slab underneath green roof.



FIGURA 10
Impermeabilização da laje para implantação do telhado ecológico.

FIGURE 10
Waterproofing of concrete slab for installation of ecological roof.



FIGURA 11
Telhado ecológico com garrafas PET sobre a laje.

FIGURE 11
Ecological roof with PET bottles on concrete slab.

Outra forma de atendimento dessa perspectiva é o emprego de garrafas PET na construção do telhado (Figura 11). Tais coberturas protegem as construções contra todos os tipos de clima, especialmente o impacto da chuva e os raios UV do sol.

2.4.3. Instrumentos legais de incentivo à implantação de telhados verdes

Em consonância com o que acontece em outras partes do mundo, prefeituras de diversas cidades brasileiras estão cada vez mais preocupadas com a sustentabilidade no âmbito de suas ações em prol da transformação das cidades para releitura do espaço urbano e consequente harmonização com o meio ambiente. Assim, com o objetivo de incentivar o crescimento de ferramentas sustentáveis no meio urbano, alguns municípios estão implantando benefícios que favorecem o cidadão que investe em boas práticas ambientais em sua propriedade urbana. Neste contexto, insere-se a redução do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), comumente chamado, neste caso, de *IPTU Verde*.

Essa ideia de adaptação do IPTU visa incentivar o modelo sustentável por meio de uma possível redução do IPTU quando forem constatadas práticas sustentáveis ou que promovam ações benéficas ao meio ambiente. Sobre isso, destacam-se três iniciativas:

- Lei Municipal nº 634/2010 de São Vicente (SP), que dispõe sobre a autorização para redução de alíquota do IPTU aos proprietários de imóveis residenciais, não residenciais e não edificados que adotem medidas visando à preservação e à recuperação do meio ambiente, estimulando sua

This adaptation of the IPTU aims to encourage sustainable practices by reducing the IPTU in cases where such practices are in place or where action beneficial to the environment has been undertaken. Examples include the following three initiatives:

- Municipal Law nº 634/2010 in São Vicente (SP), which authorizes an IPTU rebate for owners of residential, non-residential and vacant properties who adopt environmental preservation and regeneration measures, by encouraging protection of the environment and so forth. In this case, the law envisages an IPTU property tax rebate of 0.07% in cases where open spaces have been created.
- Municipal Law nº 6,793/2010 in Guarulhos (SP) concerning the IPTU and other provisions envisages an annual IPTU rebate of up to a 20% for built properties that adopt two or more of the following measures: rainwater collection, installation of green roofs, water reuse systems, and other sustainable practices.
- Municipal Law nº 18,112/2015 in Recife (PE) aims to improve the environmental quality of buildings by way of making it obligatory to install a green roof and build reservoirs to store or retard drainage network storm water runoff, among other provisions. This law makes it obligatory to install a green roof in residential buildings over four floors in height with more than 400 m² covered area.

A prominent international example is that of Germany, where appropriate incentives have been provided to encourage the preservation

proteção, e dá outras providências. Neste caso, a lei garante o desconto de 0,07% no IPTU quando constatada a existência de áreas livres.

- Lei Municipal nº 6.793/2010 de Guarulhos (SP), que dispõe sobre lançamento, arrecadação e fiscalização do IPTU e dá outras providências. De acordo com o previsto na lei, pode ser concedido desconto de até, no máximo, 20% no valor do IPTU anual devido para os imóveis edificados que adotem duas ou mais das seguintes medidas: construções que apresentem captação de água de chuva, implantação de telhados verdes, sistemas de reúso de água, dentre outras práticas sustentáveis.
- Lei Municipal nº 18.112/2015 do Recife (PE), que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do telhado verde e da construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Esta lei torna obrigatória a instalação de telhado verde em edificações habitacionais com mais de quatro andares e não habitacionais com mais de 400 m² de área coberta.

No cenário internacional, pode-se destacar a Alemanha, com relevantes iniciativas para a preservação e a introdução de áreas verdes na zona urbana, seja em lotes, seja sobre edificações, sendo essas áreas classificadas quanto ao tipo de superfície em que a vegetação se encontra. Cada tipo de superfície apresenta um fator de multiplicação que é utilizado em cálculos para definir descontos no imposto urbano (VALASKI, 2010). De forma geral, a preservação, a conservação, a defesa, a melhoria, a recuperação, o uso sustentável dos recursos naturais e o controle do meio ambiente proporcionam uma melhoria na qualidade de vida dos indivíduos, incentivados pela redução no valor do imposto, com base nas práticas de sustentabilidade (MORAES, 2008).

2.4.4. Telhados verdes – observações práticas

Existem telhados verdes implantados em diversas partes do mundo, como na Alemanha, na Holanda, na Espanha (Figura 12), entre outras.

Na Região Metropolitana do Recife, já existem algumas edificações comerciais com o emprego de telhados verdes, como o Bar Central, no bairro de Santo Amaro, no Recife; o edifício Empresarial Charles Darwin, no bairro da Ilha do Leite, no Recife; o prédio do Softex, no Bairro do Recife, no Recife; o prédio do Sheraton Reserva do Paiva Hotel, no Cabo de Santo Agostinho; entre outros.

Para investigação sobre o desempenho dos telhados verdes, foram implantadas Unidades Experimentais no Instituto de Pesquisa Agrônômica de Pernambuco (IPA), na área rural de Caruaru (PE), Figura 13. A escolha do local se deu devido a diversos fatores: interesse da instituição, existência de edificação adequada para receber o experimento, existência de uma

of the environment and the installation green spaces in urban areas, in lots or on top of buildings, with such areas being classified according to the type of surface with vegetation cover. Each type of surface is given a multiplication factor, which is subsequently used to calculate urban property tax rebates (VALASKI, 2010). The preservation, conservation, protection, improvement, and regeneration of the environment, along with sustainable use of natural resources and environmental oversight generally provide a better quality of life for individuals when tax rebates are provided for sustainable practices (MORAES, 2008).

2.4.4. Green roofs – practical observations

Green roofs have been installed in various parts of the world, including Germany, the Netherlands, Spain (Figure 12), and other countries.

In the Recife Metropolitan Region, some commercial establishments already have green roofs. These include the Bar Central in the Santo Amaro neighborhood, the Charles Darwin Trade Center, in the Ilha do Leite district, the Softex building, in Recife City Center, the Sheraton Reserva do Paiva Hotel (Figure 12), in Cabo de Santo Agostinho, and others.

To investigate the performance of green roofs, Pernambuco Institute of Agronomic Research (IPA) installed Experimental Units in a rural part of the municipality of Caruaru (PE), Figure 13. The site was chosen for various reasons: the interest of the institution, the existence of buildings suitable for the experiment, and the existence of a National Spatial Research Institute (INPE) data collection platform (DCP) to obtain precipitation data.

The infrastructure installed at the IPA has made it possible to carry out a numerical simulation using Hydrus-1D calibrated with real field data, to assess the quantitative and qualitative advantages of making use of runoff water, and to evaluate the degree of comfort with regard to temperature with and without installation of these structures.

The Hydrus-1D numerical simulation model adapted well to the conditions of the experiment. The factors that helped to adjust the model included: the use of initial humidity (θ_r) of the soil on green roofs at the time of the experiment as data input into the model; time given in seconds, making it possible to use the model for the time of the experiment; careful characterization of hydraulic behavior (using the Rosetta Lite software v.3.1) and structural characterization of the soil (determining height, profile and particle size). Various intensities of rainfall were simulated, but the best adjustments were obtained with the highest intensity, when comparing the hydrograph peaks for green roofs with data provided by the numerical model. Using a rain simulator, it was possible to understand how the green roofs behave under different intensities of precipitation. Generally speaking, it was



FIGURA 12
Telhado verde em edificação comercial em
Barcelona, Espanha.

FIGURE 12
Green roof on a commercial building in Barcelona, Spain.



FIGURA 13
Instalações de estudo sobre telhados verdes.

FIGURE 13
Research installations on green roofs.

Plataforma de Coleta de Dados (PCD) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) para obtenção de dados pluviométricos.

Com a infraestrutura implantada no IPA, foi possível realizar simulação numérica do balanço hídrico com o Hydrus-1D e calibração com dados reais de campo; avaliar as possibilidades de aproveitamento da água escoada com relação aos aspectos qualitativos e quantitativos; avaliar o conforto térmico com e sem a implantação da estrutura; entre outros.

Com a realização da simulação numérica, observou-se que o modelo Hydrus-1D se adequou bem à realidade observada no experimento. Alguns fatores que influenciaram no melhor ajuste do modelo foram: o uso da umidade inicial (θ_r) dos solos dos telhados verdes no momento do experimento como dado de entrada do modelo; discretização temporal em segundos, tornando possível empregar o modelo com o tempo do experimento; e uma caracterização cuidadosa do comportamento hidráulico (com o uso do software Rosetta Lite v3.1) e estrutural do solo (com a determinação da altura do perfil e da granulometria). Foram simuladas duas intensidades de precipitações, porém os melhores ajustes foram obtidos com a intensidade maior, ao se observarem os picos dos hidrogramas dos telhados verdes, comparados com os dados fornecidos pelo modelo numérico. Com o uso do simulador de chuva, foi possível compreender de que forma os telhados verdes se comportam em diferentes intensidades de precipitação. De forma geral, concluiu-se que o modelo Hydrus-1D é adequado à simulação do fluxo da água em telhados verdes, sendo um modelo robusto e bastante difundido no meio acadêmico, mas, por outro lado, não quantifica a interceptação de água, e isso é um

concluded that the Hydrus-1D model is appropriate for simulating the flow of water on green roofs, as it is a robust model that is widely available in academic circles. It does not, however, quantify the interception of water and this is a shortcoming of this kind of analysis. The results of this study were published in *Revista Ambiente Construído* (SANTOS *et al.*, 2013).

In terms of the quality of runoff water from green roofs, the large quantity of solids present in the fluid percolating from each portion of soil composed only of layers of subsoil, compared to the much lower quantities found in samples of liquid runoff from green roofs (vegetation + subsoil), demonstrated the powerful influence of vegetation in creating adhesion among the small particles that make up the soil and also showed that this depends on the type of vegetation used.

The popular belief that a green roof is a 'hanging garden' leads to the use of fertilizers and other chemicals that may seriously impede the use of water runoff. This was found in one of the studies conducted, in which the earth (which contained cow dung) greatly increased the prevalence of the heterotrophic bacteria, *Escherichia coli* and total coliforms in samples of runoff from this subsoil. It is therefore important to pay attention to the origin of the soil used for the subsoil in green roofs, since the kind of human activity being conducted in the proximity of the place from which the soil was extracted may cause it to be rich in microscopic pathogens, toxic chemicals and even heavy metals, which may be leached out by rain into water tanks, bringing components (bacteria, protozoa, helminths and nematodes) not present in rainwater into

fator limitante para esse tipo de análise. Esse estudo foi publicado na *Revista Ambiente Construído* (SANTOS *et al.*, 2013).

Sobre a qualidade da água escoada dos telhados verdes, a alta quantidade de sólidos presentes no fluido percolado isoladamente de cada parcela do solo que foi utilizado na composição das camadas de substrato, em comparação com os valores bem mais baixos encontrados nas amostras do fluido escoado dos telhados verdes (vegetação + substrato), comprovou a grande influência da vegetação na fixação de pequenas partículas que compõem o solo, bem como que isso depende do tipo de vegetação utilizada.

Comumente a consideração de que o telhado verde é um jardim suspenso leva ao emprego de fertilizantes e aditivos que podem comprometer consideravelmente o uso da água escoada do sistema. Isso foi observado em uma das pesquisas realizadas, em que a terra preparada (que apresentava fezes bovinas) teve maior influência no alto número de bactérias heterotróficas, *Escherichia coli* e coliformes totais nas amostras de água escoada do substrato. Assim, é muito importante observar a origem do solo utilizado na camada de substrato dos telhados verdes, visto que, dependendo da ação antrópica presente nas proximidades de onde o substrato foi extraído, este pode estar rico em microrganismos patogênicos, agentes tóxicos ou até mesmo metais pesados, que podem ser lixiviados durante eventos chuvosos para os tonéis de captação, incorporando componentes (bactérias, protozoários, helmintos e nematódeos) que antes não existiam na água da chuva que entra no sistema e adicionando em grandes quantidades outros que alteram parâmetros físico-químicos, tornando a água escoada inapta a atender limites da Portaria de Potabilidade e das normas para reúso e irrigação. Essa investigação foi realizada por Lima (2013). Para investigação sobre a capacidade de retenção dos telhados verdes, foram realizados experimentos para análise do balanço de entrada e saída de água do sistema. Observou-se que o pico de escoamento dos telhados verdes foi menor em umidades mais baixas, aumentando gradativamente à medida que ocorre o aumento da umidade inicial do solo. Esse estudo foi conduzido por Silva (2017).

A investigação sobre a variação de temperatura no interior dos ambientes abaixo dos telhados verdes comprovou que estes promovem maior isolamento térmico da edificação em relação ao telhado convencional, pois apresentaram temperatura interna menor que a temperatura externa quando da hora mais quente do dia, e a temperatura interna maior que a temperatura externa quando da hora mais fria do dia. Além dessa observação, Santos (2016) percebeu uma redução de até 0,9 °C da temperatura ambiente em comparação ao telhado convencional.

the system and adding large quantities of others that alter the physical and chemical properties of the runoff water in such a way that it fails to meet the norms and standards set for drinking water, reuse, or irrigation. This study was carried out by Lima (2013). The investigation of the retention capacity of green roofs undertook experiments to analyze the balance between water input and output in the system. It was found that peak runoff from green roofs was lower at lower humidity, increasingly gradually in proportion to the initial humidity of the soil. This study was conducted by Silva (2017).

The investigation of variations in temperature in the environments underneath green roofs found that these generate greater heat insulation for the building compared to a conventional roof, the internal temperature being lower than the outside temperature at the hottest time of the day, while the internal temperature was higher than the outside temperature at the coldest time of day. In addition to this, Santos (2016) found a reduction of up to 0.9 °C in ambient temperature compared to a conventional roof.

3. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS COM INFILTRAÇÃO

66 As técnicas compensatórias com infiltração procuram melhorar as condições de infiltração, reduzindo os volumes escoados e consequentemente colaborando com a recarga do aquífero freático. As mais usuais são as trincheiras de infiltração, os pavimentos permeáveis e os jardins de chuva (chamados em alguns lugares de *biorretenção*).

3.1. TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO

São áreas escavadas preenchidas por material granular do tipo brita ou seixos rolados, construídas para proporcionar uma infiltração direcionada das águas superficiais no solo (AKAN, 2002), geralmente protegidas por um geotêxtil, a fim de evitar a entrada de partículas finas (Figura 14).

Para um projeto de trincheira de infiltração, é necessário conhecer o uso e a ocupação do solo, a topografia do local e a capacidade de infiltração das diversas camadas de solo (MELO *et al.*, 2016).

Em solos muito argilosos, não é aconselhável o uso de trincheiras de infiltração. Recomenda-se a implantação em solos de classes texturais que incluam areia em sua composição, ou seja, solos constituintes dos grupos hidrológicos A e B, de acordo com a classificação do Soil Conservation Service (EPA, 1999).

A distância que existe entre a base da trincheira de infiltração e o lençol freático também deve ser considerada para evitar contaminação do lençol freático e não comprometer a capacidade de infiltração.

No projeto de uma trincheira de infiltração, devem-se avaliar os fluxos superficiais e fazer o dimensionamento de modo que armazene o volume de um evento pluviométrico e possibilite a infiltração antes da ocorrência de um próximo evento. Ou seja, o tempo de esvaziamento do sistema deve ser avaliado para que a água armazenada no interior do sistema seja drenada pela interface trincheira-solo natural após cessados a precipitação e o escoamento superficial (AKAN, 2002; BROWNE *et al.*, 2013).

No *campus* da UFPE no Recife, foram instaladas uma trincheira experimental de pequenas dimensões, em 2014, e uma outra de grandes dimensões, em 2018.

A primeira trincheira de infiltração foi projetada para uma área de contribuição de 250 m² e foi dimensionada por meio do método da curva-envelope (*rain-envelope method*), utilizando-se a equação de chuva do Recife e adotando-se um tempo de retorno de 5 anos. A caracterização do solo natural foi determinada mediante amostras de solos coletadas até a profundidade de 1,5 m, com base na NBR 7181 (ABNT, 1984) e na classificação textural da Embrapa (2006).

A trincheira de infiltração foi instalada com profundidade de 1,5 m, com a seguinte configuração: uma manta geotêxtil envelopando toda a trincheira de

3. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS INVOLVING INFILTRATION

Sustainable drainage systems involving infiltration aim to improve infiltration conditions, reducing the volume of runoff and consequently helping to recharge the water table. The most common kinds are infiltration trenches, permeable paving, and rain gardens (known sometimes as *bio-retention*).

3.1. INFILTRATION TRENCHES

These are dug out areas filled with granular material such as gravel or smooth pebbles, created to direct infiltration of surface groundwater (AKAN, 2002). These are generally protected by a geotextile to prevent entry of fine particles (Figure 14).

An infiltration trench project requires knowledge of use and occupation of land, the topography of the location, and the infiltration capacity of the various layers of soil (MELO *et al.*, 2016).

The use of infiltration trenches is not advisable in soils that are very rich in clay. They are recommended for soils classed as textural which contain sand — hydrologic soil groups A and B, according to the Soil Conservation Service classification (EPA, 1999).

The distance between the base of the infiltration trench and the water table should also be considered so as to avoid contamination of the groundwater and not diminish infiltration capacity.

An infiltration trench project should involve evaluation of surface flows and examination of the way the volume of precipitation produced by any one weather event is stored and enables infiltration to occur prior to the next such occurrence. In other words, the runoff time of the system should be examined to ensure that the water stored in the system is drained by the soil-trench interface once precipitation and surface runoff have ceased (AKAN, 2002; BROWNE *et al.*, 2013).

A small-scale experimental trench was installed on the UFPE university campus in 2014 and another larger one in 2018.

The first infiltration trench was designed for an area of 250 m² and its size determined by the rain-envelope method, using the rain equation for Recife and a recurrence interval of five years. The composition of the natural soil was determined using soil samples collected from soil down to a depth of 1.5 m, based on NBR 7181 (ABNT, 1984) and the Embrapa textural classification (2006).

The 1.5-meter-deep infiltration trench installed took the form of a geotextile blanket, enveloping the whole trench and helping to retain any fine particles, and a layer of granular material, such as 33% porosity size-19 gravel, to function as a storage layer for the duration of the experiment. The surface runoff was directed towards the trench using an entry box with a triangular spillway attached by a drain connected

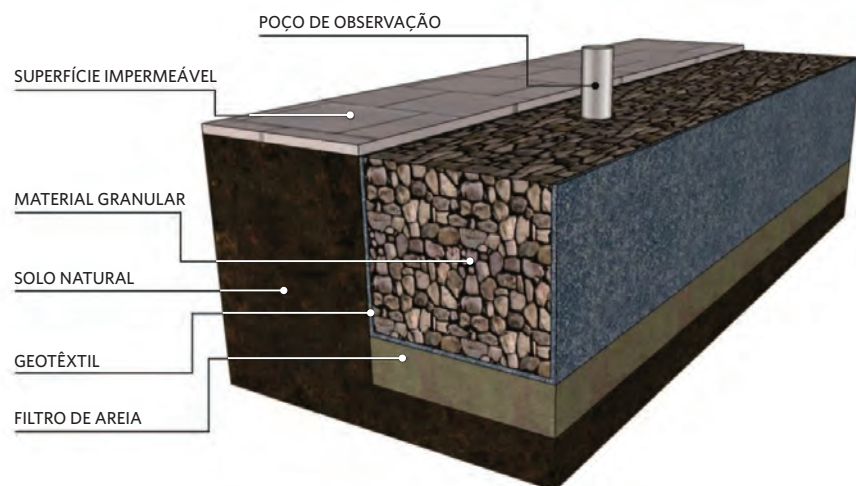


FIGURA 14
Diagrama esquemático de uma trincheira de infiltração.

FIGURE 14
Schematic diagram of an infiltration trench.



FIGURA 15
Local de construção da trincheira de infiltração de grandes dimensões.

FIGURE 15
Location of construction of large-scale infiltration trench.

infiltração e auxiliando na retenção de possíveis finos e uma camada de material granular, do tipo brita 19, com porosidade de 33%, funcionando como camada de armazenamento do experimento. A fim de direcionar o escoamento superficial para a trincheira, foi instalada uma caixa de entrada com um vertedor triangular, ligada através de um dreno ao interior da trincheira. O monitoramento da precipitação foi realizado com um pluviômetro automático, e o monitoramento da vazão de entrada foi realizado por um sensor de nível instalado dentro de um piezômetro na caixa de entrada.

Foi observado que variações dos níveis de água no interior do sistema ocorriam quase que simultaneamente às precipitações, destacando o rápido tempo de resposta que a estrutura pode apresentar na minimização do escoamento superficial.

A trincheira de infiltração mais recente possui uma área de contribuição de cerca de 4,8 hectares (Figura 15), com terreno predominantemente preenchido por gramíneas. O local é composto por uma pista de atletismo e dois campos de futebol, utilizados para atividades práticas esportivas dos estudantes de Educação Física (SOUZA, 2018).

Para conhecer as características das camadas do subsolo, foram feitos ensaios SPT, coletadas amostras com trado e realizados ensaios de infiltração em diferentes pontos e diferentes profundidades (Figura 16).

to the interior of the trench. Precipitation was monitored using an automatic rain gauge and inflow was measured using a level sensor installed inside a piezometer in the entry box.

It was found that variations in the levels of water inside the system occurred almost simultaneously with rainfall events and the rapidity of the response time the structure was capable of presenting to minimize surface runoff was especially noteworthy.

The most recent infiltration trench has a catchment area of around 4.8 hectares (Figure 15), most of which is grassy. The location contains a running track and two soccer fields, used for sports activities by Physical Education students (SOUZA, 2018).

The characteristics of the layers of subsoil were established using SPT tests and samples were collected with an auger and infiltration tests conducted at different points and different depths (Figure 16).

The retention curve was produced using the Beerkan method (HAVERKAMP *et al.*, 1994; LASSABATÈRE *et al.*, 2006), which involves determining the water retention curve for the soil using the van Genuchten model (1980), and the hydraulic conductivity curve using the Brooks and Corey equation (1964). The trench has a longitudinal dimension of 200 m in length, with a cross-section in the form of a trapezoid, width

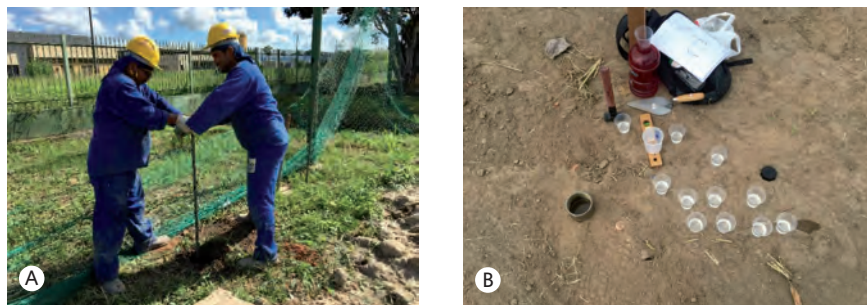


FIGURA 16

A) Coleta de amostras do subsolo a diferentes profundidades com uso de trado manual.
B) Ensaio de infiltração para avaliação da capacidade de infiltração do solo.

FIGURE 16

A) Collection of subsoil samples at different depths using a manual auger.
B) Infiltration test to assess infiltration capacity of soil.



FIGURA 17

A) Escavação da trincheira de infiltração.
B) Trincheira preenchida com brita envolvida em geotêxtil.

FIGURE 17

A) Excavation of infiltration trench.
B) Trench filled with gravel encased in geotextile.

Para a avaliação da curva de retenção, foi utilizada a metodologia Beerkan (HAVERKAMP *et al.*, 1994; LASSABATÈRE *et al.*, 2006), que consiste na determinação da curva de retenção da água no solo pelo modelo de Van Genuchten (1980), e a curva de condutividade hidráulica pelo método de Brooks e Corey (1964). A trincheira possui uma dimensão longitudinal de 200 m de comprimento, com uma seção transversal de forma trapezoidal, variando de 3 m na superfície do terreno até 2 m na cota de fundo, com uma profundidade constante de 2,35 m. A Figura 17 mostra algumas etapas da construção da trincheira.

Por enquanto, só foi realizado um pequeno período de monitoramento dessa trincheira de infiltração. Foi verificado que a trincheira recarrega rapidamente os níveis dos lençóis freáticos adjacentes em resposta às elevadas precipitações. Durante a execução, ainda foi observado pequeno acúmulo de lâmina de água em alguns eventos extraordinários, fato maximizado pela grande área de contribuição relacionada a uma obra que estava sendo realizada no local. No próximo inverno, com a obra concluída, será realizado o monitoramento rigoroso.

Foi realizada também uma simulação numérica utilizando o programa computacional Hydrus-1D, com que foi possível obter cenários referentes ao escoamento superficial, à infiltração e ao volume armazenado, aliado a uma análise de sensibilidade do modelo referente aos parâmetros dos solos utilizados na composição das camadas da trincheira implantada.

ranging from 3 m at the surface to 2 m at the lowest point, with a constant depth of 2.35 m. Figure 17 shows some the stages involved in the construction of the trench.

This infiltration trench has currently been monitored for only a short period. It was observed that the trench rapidly recharged the levels of the adjacent water tables in response to high levels of precipitation. During operation, a small accumulation of water was still to be found when less common weather events occurred, this being maximized by the large catchment area created by construction work being carried out at the location. Next winter, when this construction work has been concluded, rigorous monitoring will be conducted.

A numerical simulation using the Hydrus-1D computer program was also conducted. This made it possible to simulate scenarios relating to surface runoff, infiltration, and the volume stored, along with analysis of the sensitivity of the model in relation to the parameters of the soil used to make up the layers of the trench installed.

The two cases studied show that the infiltration trench is a kind of sustainable drainage system that could be applied in Recife, depending on the soil type of the location and the position of the water table.

Os dois casos estudados mostram que trincheira de infiltração é um tipo de técnica compensatória que pode ser aplicado ao Recife de acordo com o tipo de solo do local e da posição do lençol freático.

3.2. PAVIMENTO PERMEÁVEL

Pavimento permeável é um dispositivo de infiltração no qual o escoamento superficial é desviado para dentro de um reservatório de pedras (brita) localizado sob a superfície do terreno (URBONAS e STAHR, 1993). O volume de água acumulado no reservatório de pedra britada contribui para se reduzirem os alagamentos e recarrega o aquífero freático, podendo também ajudar a diminuir a poluição difusa.

A superfície do pavimento permeável pode ser formada por revestimentos como concreto poroso, asfalto poroso ou blocos intertravados (vazados ou não vazados). Além da camada do revestimento superior, os pavimentos permeáveis geralmente são compostos por duas camadas de agregados, uma de agregado fino ou médio e outra de agregado graúdo (TUCCI, 2009).

O revestimento poroso geralmente tem espessura de 5 a 10 cm, abaixo dele fica uma camada de areia que funciona como um filtro e, em seguida, a água vai para uma camada ou reservatório de pedras mais profundo com agregados de 3,8 a 7,6 cm de diâmetro. A camada de revestimento permeável somente age como um conduto rápido para o escoamento chegar ao reservatório de pedras subterrâneo (ARAÚJO, 2000).

Entre as vantagens do pavimento permeável, podem ser citadas (ECOPLUIES, 2009; BARRAUD *et al.*, 2006) a redução do escoamento superficial, dos condutos da drenagem pluvial e dos custos do sistema de drenagem pluvial e a melhoria da qualidade da água durante o processo de infiltração. Como desvantagens, podem ser citados a necessidade de manutenção para evitar que fique colmatado com o tempo, o maior custo da construção e o risco de contaminação dos aquíferos.

Colmatção da superfície do revestimento é o processo de obstrução dos poros devido ao aporte de partículas finas provenientes de sedimentos da água de escoamento, dependendo do tráfego e da existência de fonte de sedimentos próximos ao pavimento. A colmatção também pode ser consequência da criação de uma película de matéria orgânica gerada pela decomposição de folhas, criando obstáculos à infiltração. Recomenda-se a limpeza periódica com escovamento e jato de ar ou jato de água, de maneira a manter o bom desempenho do pavimento.

Em geral, o escoamento em meios porosos do solo ocorre em condições não saturadas em que as fases líquida e gasosa interagem entre si originando fenômenos de capilaridade e adsorção, os quais irão produzir pressões de

3.2. PERMEABLE PAVING

Permeable paving is an infiltration method in which surface runoff is diverted to a gravel reservoir located on the surface (URBONAS & STAHR, 1993). The volume of water stored in the crushed-stone reservoir helps to reduce flooding and recharges the water table, also helping to reduce diffuse pollution.

The permeable paving surface may consist of coverings such as porous concrete, porous asphalt or paver blocks (solid or hollow). In addition to the upper layer, permeable paving generally possesses two layers of aggregate, one of fine or medium aggregate and another of coarse aggregate (TUCCI, 2009).

The porous covering is generally 5 to 10 cm thick. Below this there is a layer of sand, which functions as a filter, and then the water reaches a deeper layer or crushed-stone reservoir with aggregates of 3.8 to 7.6 cm in diameter. The permeable covering layer acts merely as a rapid conduit for to direct runoff to the underground crushed-stone reservoir (ARAÚJO, 2000).

The advantages of permeable paving (ECOPLUIES, 2009; BARRAUD *et al.*, 2006) include a reduction in surface runoff, storm water drainage conduits and the cost of the system and improved quality of water during the infiltration process. Disadvantages include the need for maintenance to avoid clogging over time, higher construction costs and the risk of groundwater contamination.

Clogging of the surface covering involves the obstruction of pores by fine particles transported in runoff water sediment, depending on the existence and degree of movement of nearby sources of sediment. Clogging may also be caused by the creation of a film of organic material generated by the decomposition of leaves, blocking infiltration. Periodic cleaning with brushes and air or water jets is recommended to ensure maximum performance of the paving.

In general, runoff in porous soil media occurs in non-saturated conditions in which the liquid and gaseous phases interact with one another giving rise to the phenomena of capillarity and adsorption, which, in turn, create suction pressure, equivalent to a negative pressure potential, also known as *matric potential*. In such cases, the total potential of the water in the soil is equivalent to the sum of gravitational and matric potential. The relation between soil water content and the matric potential is called the *retention curve* and this is a characteristic of the soil. As long as the system geometry does not undergo variation, it is possible to use this to estimate the water content of soil using its matric potential and *vice versa* (COUTINHO *et al.*, 2016).

In Recife, hollow paver blocks have often been used, but, if there is no improvement in subsoil conditions, the results of infiltration are very poor. Two pilot permeable-paving projects using adequate technology have been



FIGURA 18
Etapas iniciais da construção do pavimento permeável na área de estacionamento da Escola de Engenharia de Pernambuco, CTG/UFPE
Dissertação de mestrado de COUTINHO, 2011.

FIGURE 18
Initial stages in construction of permeable paving in parking lot of Pernambuco School of Engineering, CTG/UFPE. COUTINHO, 2011 Master's Dissertation.



FIGURA 19
Colocação da camada de areia e dos blocos vazados no pavimento permeável da Escola de Engenharia de Pernambuco CTG/UFPE
Dissertação de mestrado de COUTINHO, 2011.

FIGURE 19
Installation of layer of sand and hollow paver blocks in permeable paving at Pernambuco School of Engineering CTG/UFPE. COUTINHO, 2011 Master's dissertation.

sucção, equivalendo a um potencial negativo de pressão, também denominado *potencial matricial*. Nessa condição, o potencial total da água no solo é representado pelo somatório dos potenciais gravitacional e matricial. A relação entre o conteúdo de água no solo e o potencial matricial é denominada *curva de retenção* e é uma característica do solo, e, caso a geometria do sistema não sofra variações, é possível sua utilização para estimar o conteúdo de água do solo a partir do seu potencial matricial e vice-versa (COUTINHO *et al.*, 2016).

No Recife, têm sido muito utilizados os blocos vazados, mas, se não houver o melhoramento das condições do subsolo, os resultados da infiltração são muito baixos. Dois projetos-piloto de pavimentos permeáveis com tecnologia adequada foram executados no Recife, sendo um deles no Centro de Tecnologia da UFPE e outro na Escola Politécnica da UPE.

O pavimento permeável instalado no estacionamento do Centro de Tecnologia e Geociências (Escola de Engenharia de Pernambuco) da UFPE, na cidade do Recife, está situado a 8°03'67" e 34°57'12", com aproximadamente 4 m acima do nível do mar (COUTINHO, 2011).

No projeto realizado, o volume a ser armazenado é a diferença entre o volume de entrada e o volume de saída, considerando que a única forma de saída é por infiltração na base do pavimento permeável. Para dimensionar a capacidade de acumulação do pavimento permeável, utiliza-se a espessura da camada de brita que atua como reservatório do excesso da água de

carried out in Recife, one at the UFPE's Technology Center and the other at the UPE's Polytechnic College.

The permeable paving installed in the parking lot of the UFPE's Center for Technology and Geosciences (in the Pernambuco School of Engineering), in the city of Recife, is situated at 8°03'67" and 34°57'12", approximately 4 m above sea level (COUTINHO, 2011).

In this project, the volume stored is the difference between the volume of the inflow and that of the outflow, given that the only outflow is by way of infiltration through the base of the permeable paving. The accumulation capacity of a permeable paving structure is determined by the thickness of the layer of gravel that acts as a reservoir of excess surface runoff in meters and the porosity of the gravel. Figures 18 and 19 present details of the construction.

Throughout the monitoring period, the permeable paving presented high rates of infiltration for the covering layer, resulting in rapid responses to increases in rainfall and a consequent high likelihood of water levels rising to the level of the the layer of gravel. Although the permeable paving experienced leakage during various weather events, the base soil of the paving structure (under-bed) presented high flow values and it was possible to drain the whole reservoir within a period of 24 hours, leaving sufficient drainage capacity to cope with a series of such events (COUTINHO, 2011).



FIGURA 20
Análise das características do solo a diferentes profundidades
Fonte: ALMEIDA, 2017.

FIGURE 20
Soil Characteristics at Different Depths
Source: ALMEIDA, 2017.



FIGURA 21
Escavação preenchida com agregado reciclado.

FIGURE 21
Hole filled with recycled aggregate.

escoamento superficial em metros e a porosidade da brita. As figuras 18 e 19 mostram detalhes da construção.

Ao longo do período de monitoramento, o pavimento permeável apresentou elevadas taxas de infiltração da camada de revestimento, resultando em respostas rápidas aos incrementos de precipitação, tendo como consequência elevadas taxas de ascensão do nível para a camada de brita. Embora durante diversos eventos o pavimento permeável apresentasse extravasamento, o solo da base apresentou elevados valores de fluxo do solo da base do pavimento (subleito), de modo que todo o reservatório conseguiu ser drenado em um período de 24 horas, permanecendo com capacidade de drenagem suficiente para receber eventos sucessivos (COUTINHO, 2011).

A observação durante o período de monitoramento reforçou a necessidade de manutenção desse tipo de pavimento permeável, uma vez que os eventos causaram a deposição de sedimentos nas aberturas dos blocos vazados e diversas vezes foi necessária a retirada da camada de sedimentos para evitar riscos de colmatção.

Observations made during monitoring provided further evidence of the need for maintenance of this kind of permeable paving, since the weather events caused deposition of sediment in the holes in the paver blocks and it was necessary on various occasions to remove the layer of sediment to avoid risk of contamination.

It is also worth noting that a full study should involve a layer of paving, a layer of sand and a gravel reservoir, in addition to a layer of soil underneath the built structure to adequately evaluate real infiltration rates (COUTINHO *et al.*, 2016).

The other experimental permeable-paving structure was constructed at the UPE's Polytechnic College, in the Madalena neighborhood, occupying two parking spaces alongside Block A and used porous concrete for the covering layer (ALMEIDA, 2017).

The infiltration capacity was first evaluated at different depths and samples collected for characterization of the soil (Figure 20). A hole was then dug and recycled aggregate protected by geotextile wrapped around it (Figure 21).

This experiment used the composition and mix of permeable concrete recommended by



FIGURA 22

A) Concreto poroso formado por cimento e agregado graúdo.
B) Ensaio de permeabilidade do concreto.
C) Etapa da concretagem.



FIGURE 22

A) Porous concrete made of cement and coarse aggregate.
B) Test of permeability of concrete.
C) Concreting stage.



É interessante observar também que o estudo completo deve envolver a camada do pavimento com a camada de areia e o reservatório de brita, mas também a camada de solo abaixo do dispositivo construído para avaliar adequadamente as taxas reais de infiltração (COUTINHO *et al.*, 2016).

O outro pavimento permeável experimental foi construído na Escola Politécnica da UPE, no bairro da Madalena, ocupando duas vagas de estacionamento ao lado do Bloco A, utilizando concreto poroso para a camada de revestimento (ALMEIDA, 2017).

Inicialmente, foi avaliada a capacidade de infiltração a diferentes profundidades, sendo coletadas amostras para caracterização do solo (Figura 20). Em seguida, foi realizada a escavação do solo e colocado agregado reciclado protegido por geotêxtil no seu entorno (Figura 21).

Foram utilizados, neste estudo, a composição e o traço do concreto permeável indicados por Batezini (2016), e, para maior confiabilidade, anteriormente à execução da obra foi feita a verificação de algumas propriedades do material, nos estados fresco e endurecido (Figura 22) (ALMEIDA, 2017).

A massa específica do concreto permeável foi calculada a partir da média entre as massas de dois corpos de prova confeccionados em moldes cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, tendo sido obtido o valor médio de 1.818,22 kg/m³. A massa específica do concreto endurecido foi de 1.787,37 kg/m³, e os corpos de prova analisados apresentaram índice de vazios médio de 29,71% (ALMEIDA, 2017).

Batezini (2016), and, to ensure greater reliability, some properties of the concrete, in fresh and hardened states, were checked prior to commencing construction (Figure 22) (ALMEIDA, 2017).

The specific mass of the permeable concrete was calculated as the mean of the masses of two test bodies produced in cylindrical molds 10 cm in diameter and 20 cm high, giving a value of 1,818.22 kg/m³. The specific mass of hardened concrete was 1,787.37 kg/m³ and the test bodies analyzed presented a mean void index of 29.71% (ALMEIDA, 2017).

3.3. RAIN GARDENS

Rain gardens receive runoff water, storing excess and filtering it gradually through the soil. These structures are also known as Bio-retention Systems, because they use the biological activity of plants and micro-organisms to remove pollutants from rainwater. Their main contribution to the urban drainage system involves infiltration and retention of rainwater. They are generally installed in shallow depressions in the landscape and covered with a layer of vegetation, as shown in Figure 23.

Table 1 presents a number of proposals found in the literature regarding the structure of rain gardens.

Rain gardens are the best-known and most common form of bio-retention system, being widely used in countries such as the United States and Australia. Owing to their capacity to naturally reduce or remove pollutants coming from surface water, these structures are gaining increasing numbers of advocates. Rain gardens can be analyzed both in the field and in the

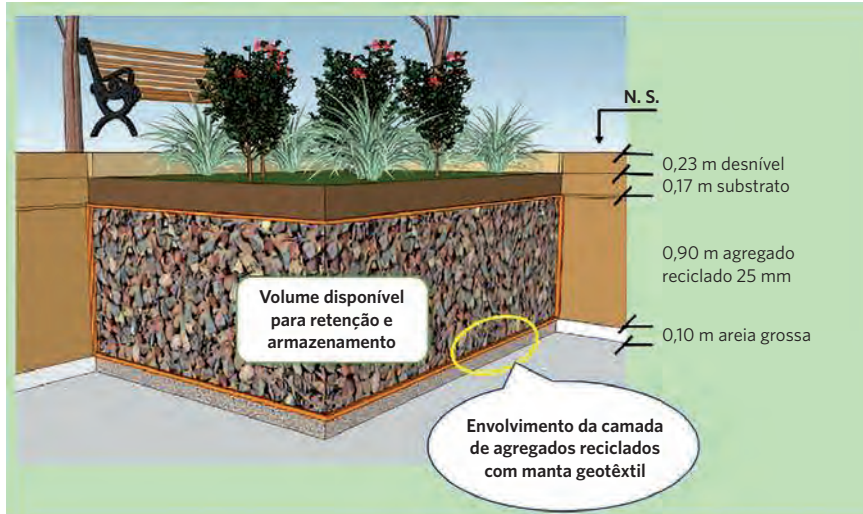


FIGURA 23
Esquema de jardim de chuva instalado na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco.
Dissertação de BARROS, 2021.

FIGURE 23
Rain garden system installed at the University of Pernambuco's Polytechnic College.
BARROS, 2021 Master's dissertation.

Referência <i>Reference</i>	Estrutura das camadas propostas <i>Structure of Proposed Layers</i>
Dussaillant, Wu e Potter, 2004 <i>Dussaillant, Wu & Potter, 2004</i>	1. Subsolo urbano sem espessura definida; 2. Geotêxtil (manta filtrante); 3. Areia - 70 cm; 4. Adubação - 50 cm de mistura (60% de areia e 40% de matéria orgânica); 5. Cobertura vegetal. <i>1. Urban subsoil of unspecified depth; 2. Geotextile (filtering blanket); 3. Sand - 70 cm; 4. Mulching - 50 cm of mixture of 60% sand and 40% organic material); 5. Plant cover.</i>
Aravena e Dussaillant, 2009 <i>Aravena & Dussaillant, 2009</i>	1. Areia - 150 cm; 2. Adubação - 50 cm de mistura (50% de areia e 50% de composto orgânico); 3. Cobertura vegetal. <i>1. Sand - 150 cm; 2. Mulching - 50 cm of mixture of 50% sand and 50% organic compost); 3. Plant cover.</i>
Muthanna, Viklander e Thorolfsson, 2008 <i>Muthanna, Viklander & Thorolfsson, 2008</i>	1. Cascalho - 10 cm; 2. Malha fina de plástico (filtração); 3. Areia grossa - 50 cm; 4. Adubação - 5 a 10 cm; 5. Bordo livre para retenção - 15 cm; 6. Cobertura vegetal. <i>1. Grit - 10 cm; 2. Fine plastic mesh (filter); 3. Coarse sand - 50 cm; 4. Mulching - 5 to 10 cm; 5. Retention border - 15 cm; 6. Plant cover.</i>
Trowsdale e Simcock, 2011 <i>Trowsdale & Simcock, 2011</i>	1. Areia - 15 cm; 2. Calcário - 60 a 70 cm; 3. Solo misto - 30 a 40 cm (pedregulhos e solo fértil); 4. Mistura de folhas - 5 cm; 5. Cobertura vegetal. <i>1. Sand - 15 cm; 2. Limestone - 60 to 70 cm; 3. Mixed soil - 30 to 40 cm (pebbles and fertile soil); 4. Mixture of leaves - 5 cm; 5. Plant cover.</i>

QUADRO 1
Estruturas de jardim de chuva propostas na literatura
Fonte: Tássia Melo

TABLE 1
Rain garden structures proposed in the literature
Source: Tássia Melo

74 3.3. JARDIM DE CHUVA

Os jardins de chuva recebem a água escoada acumulando os excessos que se infiltram gradualmente no solo. Essas estruturas também são conhecidas como *Sistema de Biorretenção*, pois utilizam a atividade biológica de plantas e microrganismos para remover os poluentes das águas pluviais. De forma geral, sua principal contribuição para o sistema de drenagem urbana é a infiltração e a retenção da água de chuva. Geralmente são montados em depressões rasas na paisagem e cobertos por uma camada de cobertura vegetal, como ilustrado na Figura 23.

Sobre a estrutura do jardim de chuva, o Quadro 1 apresenta algumas propostas na literatura.

Os jardins de chuva são os sistemas de biorretenção mais conhecidos e difundidos; países como os Estados Unidos e a Austrália se destacam na difusão de seu uso. Devido à capacidade de reduzir ou remover naturalmente os poluentes advindos das águas superficiais, esses dispositivos têm cada vez mais adeptos. Os jardins de chuva são passíveis de análises em campo e laboratório, facilitando, assim, estudos em menor escala e com maior detalhamento, tanto no monitoramento de dados quanto no controle dos resultados (DAVIS *et al.*, 2009).

De forma geral, os processos que ocorrem na natureza, como fitorremediação, decomposição, desnitrificação, evapotranspiração e adsorção, são os mesmos que existem no jardim de chuva, em menor escala. Na realidade, o desenho, a estrutura do jardim de chuva e as condições ambientais locais interferem nesses processos, sendo a cobertura vegetal fundamental no desempenho do sistema (MELO *et al.*, 2014).

Os jardins de chuva são dispositivos facilmente inseríveis nos projetos arquitetônicos, novos ou já existentes, uma vez que se inserem discretamente na paisagem da forma desejada. Além disso, dada a simplicidade de sua estrutura, são alternativas de baixo investimento e de simples manutenção, ao mesmo tempo que permitem contribuir de forma significativa para a redução do volume escoado superficialmente. Constituem boas opções para o emprego de jardins de chuva, que podem ser utilizadas pela administração pública ou por iniciativa particular: ruas largas com baixo tráfego de veículos ou próximas a locais em que se deseja diminuir a velocidade dos veículos, tais como escolas, parques e hospitais; calçadas largas; pátios, parques e estacionamentos; e mesmo dentro do próprio lote, sejam estes comerciais, residenciais ou públicos.

Os jardins de chuva possuem as seguintes vantagens em relação aos projetos tradicionais de drenagem urbana (MUTHANNA *et al.*, 2008; Li e Zhao, 2008):

laboratory, thereby making it easier to conduct smaller, more detailed studies, both in terms of monitoring data and controlling results (DAVIS *et al.*, 2009).

The processes used in a rain garden are generally ones that occur in nature on a larger scale. These include phytoremediation, decomposition, de-nitrification, evapotranspiration and adsorption. In practice, the design and structure of a rain garden and local environmental conditions interfere with these processes and vegetation cover is essential for good performance of the system (MELO *et al.*, 2014).

Rain gardens are easy to install in new or already existing architectural projects, in so far as they can be fitted discreetly into the landscape as desired. Furthermore, their simplicity means that they require little investment and are easy to maintain, and yet contribute significantly to reducing the volume of surface runoff. Rain gardens are highly suitable for the following public or private locations: wide streets with low levels of vehicular traffic or near to locations in which efforts are being made to reduce the speed of vehicles, such as schools, parks, and hospitals; wide sidewalks; courtyards, parks and parking lots; and even within commercial, residential or public lots.

Rain gardens possess the following advantages in relation to traditional urban drainage projects (MUTHANNA *et al.*, 2008; Li e Zhao, 2008):

- They reduce the volume of runoff and the peak hydrograph rates in a sustainable manner, owing to retention and storage of the system's surface runoff.
- They recharge the groundwater and re-establish base flow, through infiltration and redistribution processes.
- They mitigate erosion caused by surface runoff.
- They speed up the water cycle, especially through infiltration and evapotranspiration.
- They improve water quality, by retention and the removal of pollutants and reduction in the capacity to transport contaminants carried by rainwater.
- They are inexpensive to install and maintain, since they do not require traditional piping, but use alternative less invasive materials, such as gravel and sand.
- They are more appealing to the population, because of the pleasing landscape and environment they create.
- They help to promote a balance between the environment and urban development in cities, since they control flooding at source and thus mitigate the impact of such events.

In general, a bio-retention system should consider two main issues: first, that of controlling the quantity of runoff, because of the depressions and lower-lying land that facilitate water capture and retention; and, secondly,



FIGURA 24
Jardim de chuva (sistema de biorretenção)
construído no campus da Escola Politécnica da
Universidade de Pernambuco.
Dissertação de BARROS, 2021.

FIGURE 24
Rain garden (bio-retention system) constructed on
campus of University of Pernambuco's Polytechnic College
BARROS, 2021 Master's dissertation.

- Redução do volume de escoamento e da taxa de pico dos hidrogramas de maneira sustentável, devido à retenção e ao armazenamento do volume escoado na superfície do sistema.
- Recarga das águas subterrâneas e restabelecimento do fluxo de base, devido aos processos de infiltração e redistribuição.
- Amenização dos efeitos erosivos ocasionados pelo escoamento superficial.
- Intensificação dos processos do ciclo hidrológico, principalmente a infiltração e a evapotranspiração.
- Melhora da qualidade das águas, pela retenção e remoção de poluentes e redução no transporte de contaminantes carregados pelas águas pluviais.
- Redução do custo de implantação e manutenção, pelo não uso de tubulações tradicionais, mas, sim, pela adoção de materiais alternativos e menos onerosos para composição do sistema, como brita e areia.
- Maior aceitabilidade pela população, pelos benefícios estéticos, paisagísticos e ambientais.
- Favorecimento do equilíbrio urbano-ambiental das cidades, por ser uma alternativa de controle na fonte e pela prevenção de impactos.

De forma geral, em um sistema de biorretenção devem ser consideradas duas questões importantes: o controle da quantidade de água escoada, através das suas depressões e cotas mais baixas, facilitando a captação e a retenção da água; e a melhoria da qualidade das águas retidas, através da remoção de poluentes e da associação de nutrientes advindos do escoamento superficial (DUNNETT e CLAYDEN, 2007). Na Figura 24, um exemplo de aplicação da técnica de biorretenção na forma de um jardim de chuva construído no *campus* da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, no Recife (BARROS, 2021).

No Recife, dentro do *campus* da UFPE, foi realizado um estudo experimental com um jardim de chuva, avaliando as funções de retenção,

improvement of the quality of water retained, through removal of pollutants and association with nutrients derived from surface runoff (DUNNETT & CLAYDEN, 2007). Figure 24 shows an example of the application of the bio-retention technique in the form of a rain garden constructed on the campus of the University of Pernambuco's Polytechnic College, in Recife (BARROS, 2021).

In Recife, an experimental rain garden was created on the UFPE campus to evaluate the functions of retention, storage and infiltration of rainwater coming from a roof (Figure 25).

In view of the high levels of surface infiltration (312 mm/h), water rapidly filters through the structure. The models introduced by Horton and Mezencev were used to represent the infiltration characteristics of natural soil and of the first layer of the rain garden, with satisfactory results. A cost analysis was carried out and the cost-effectiveness of the structure was calculated for various recurrence intervals (2, 5, 10 and 25 years) and durations (from 10 to 120 min). The pilot rain garden provided satisfactory results and show that this technique is highly applicable to the management of urban storm water. This study was published in the built environment journal *Revista Ambiente Construído* (MELO *et al.*, 2014).

3.4. PRIOR DETERMINATION OF DIMENSIONS

Silveira and Goldenfum (2007) have presented a general easy-to-apply methodology for prior determination of the dimensions of mechanisms for controlling rainwater at source, using explicit general formulae. The rain for the project is obtained using an IDF equation and Talbot's formula. The Rational Method provides inflow and nominal outflow volumes for the



FIGURA 25
Conjunto para captação das águas superficiais do telhado para o jardim de chuva-piloto da UFPE

FIGURE 25
Collection of rainwater from roof for UFPE rain garden pilot

armazenamento e infiltração da água de chuva proveniente de um telhado (Figura 25).

Devido à elevada taxa de infiltração na superfície (312 mm/h), as águas rapidamente se infiltram na estrutura. Os modelos introduzidos por Horton e Mezencev foram utilizados para representar as características de infiltração do solo natural e da primeira camada do jardim de chuva, tendo apresentado resultados satisfatórios. Uma análise de custo foi implementada, e avaliaram-se o desempenho e o custo de construção para diversos tempos de retorno (2, 5, 10 e 25 anos) e durações (de 10 min a 120 min). O jardim de chuva-piloto apresentou resultados satisfatórios, mostrando-se uma técnica aplicável para o manejo das águas pluviais urbanas. Este estudo foi publicado na revista *Ambiente Construído* (MELO et al., 2014).

3.4. PRÉ-DIMENSIONAMENTOS

Silveira e Goldenfum (2007) apresentaram uma metodologia generalizada, de fácil aplicação, para pré-dimensionamento de dispositivos de controle pluvial na fonte, a partir da proposição de fórmulas explícitas e gerais. A chuva de projeto é obtida de uma equação IDF com a formulação de Talbot; o método racional fornece as vazões de entrada, e os volumes de saída nominais dos dispositivos, por infiltração no solo ou lançamento na rede pluvial, obedecem a taxas máximas constantes. Com essas simplificações, as equações de

structures, through soil infiltration or discharge into the storm water drainage network, that are in line with the maximum constant rates. Simplified in this way, balance equations can be drawn up to explicitly provide the project dimensions for structures that control storm water at source. The authors considered only the quantitative side of retention and/or reduction of surface runoff, without addressing the issue of the control of pollution. Important approaches considered include: infiltration control measures that promote infiltration into the soil of all excess rainwater destined for the respective control measures, i.e., the controlled areas will have zero surface runoff during the recurrence interval established by the project; and control measures involving storage without infiltration which need to be the appropriate size to release runoff.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The city of Recife has, in recent years, massively increased the soil sealing of lots and public highways. This has led to a reduction in infiltration and greatly increased surface runoff, producing flooding at many critical points in the city. Techniques that compensate for this excessive soil sealing are thus extremely necessary.

It is important that the city adopt a change of paradigm. Instead of trying to control the flooding that occurs at low points at the end of drainage sub-basins, there is a need to take action at the point where runoff initially occurs, adopting

balanço são construídas para fornecer explicitamente dimensões de projeto das estruturas de controle pluvial na fonte. Os autores consideraram apenas o aspecto quantitativo de retenção e/ou redução do escoamento superficial, sem abordar controle de poluição. Abordagens importantes consideradas: as medidas de controle de infiltração promovem a infiltração no solo de todo o excesso pluvial destinado às respectivas medidas de controle, ou seja, as áreas controladas terão escoamento superficial nulo para o período de retorno de projeto; e as medidas de controle de armazenamento sem infiltração serão dimensionadas para liberar o escoamento.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A cidade do Recife, ao longo das últimas décadas, aumentou excessivamente a impermeabilização dos lotes e das vias públicas reduzindo a infiltração e acarretando escoamentos superficiais muito maiores, produzindo alagamentos críticos em muitos pontos da cidade. Neste contexto, o uso de técnicas que compensem o excesso de impermeabilização faz-se extremamente necessário.

É importante a cidade assumir uma mudança de paradigma. Em vez de tentar controlar os alagamentos que se formam nos pontos baixos no final de sub-bacias de drenagem, é preciso atuar logo no início da formação dos escoamentos, adotando técnicas que “seguram” as águas de chuva no local onde elas caem, o que vem sendo chamado de *controle na fonte*.

As referidas técnicas compensatórias podem simplesmente reter as águas para liberação posterior, reduzindo as vazões, mas mantendo os volumes. Ou podem melhorar a infiltração reduzindo os volumes escoados, recarregando os aquíferos freáticos e contribuindo para o escoamento de base dos rios e riachos.

Para o uso de técnicas compensatórias baseadas na infiltração, é necessário um estudo cuidadoso do solo a diferentes profundidades bem como a análise da posição do lençol freático ao longo do ano.

Já existe, no Recife, uma lei municipal que incentiva o telhado verde e os reservatórios no lote. É importante que o poder público, empreendedores do setor construtivo e a sociedade como um todo assumam o protagonismo de utilização das diferentes técnicas compensatórias para que se tenha uma cidade mais sustentável hidrologicamente, reduzindo os impactos negativos consequentes de um processo de urbanização que não teve controle urbano adequado.

techniques that “hold” rainwater in the places where it falls. This is called *control at source*.

The so-called compensatory techniques may simply retain water for later discharge, reducing flow, but maintaining the volume. Or they may improve infiltration and reduce the volume of runoff, recharging the water table and contributing to the base runoff of rivers and streams.

The use of sustainable drainage techniques involving infiltration requires careful study of the soil at various depths and analysis of the position of the water table in the course of the changing seasons.

Recife already possesses a municipal law that provides incentives for the installation of green roofs and reservoirs in lots. It is important that the public authorities, the construction industry, and society as a whole take a proactive role in the use of various sustainable drainage techniques so as to create a more hydrologically sustainable city and mitigate the negative impacts caused by urban development which has not been sufficiently planned.



3

MACRODRENAGEM: A estruturação fluida da cidade do Recife

MACRODRAINAGE:
The fluid structuring of the city of Recife

GERSON BATISTA FILHO

*A terra do mangue é preta,
Mas a terra do mangue tem olhos e vê.
Vê as nuvens, o céu,
Vê quando sobe a maré,
Vê o progresso também,
Olha os automóveis que correm no asfalto,
Sente a poesia dos caminhões que passam para a
aventura das estradas incertas e longas.
[...]*

*Joaquim Cardozo
Trecho de Terra do mangue*

*The land of the mangrove is black,
But the land of the mangrove has eyes and can see.
It sees the clouds and the sky,
It sees when the tide rises,
It sees progress too,
Sees the cars driving by on the tarmac,
Feels the poetry of the trucks driving off on an adventure
along long uncertain roads.
...*

*Joaquim Cardozo
Extract from Land of the Mangrove*

O problema das águas nas grandes cidades, seja de falta ou de excesso, representa, certamente, um dos maiores desafios a serem enfrentados pelos seus gestores, o que configura uma má herança recebida de seus predecessores. Com maior evidência nos países em desenvolvimento, esse problema tende a agravar as já precárias condições urbanísticas de muitas dessas cidades, uma vez que se torna mais difícil a cada dia formular soluções técnicas tanto para o atendimento das necessidades hídricas de todas as comunidades do planeta quanto para a propagação de enchentes em geometrias cada vez mais complexas e adensadas como as representadas por essas áreas urbanas.

Como se sabe, a água é um elemento natural essencial para a sobrevivência da vida na Terra. Ao longo da história humana, os rios foram fundamentais para o assentamento das primeiras civilizações, tanto no suprimento de água potável para o consumo das pessoas quanto no desenvolvimento da agricultura. O ser humano não consegue viver longe da água que bebe e dos resíduos que produz.

Desde a Antiguidade, a questão de definir o curso das águas provenientes de chuvas preocupa o Homem, pois a proximidade com as águas provocava benefícios e tragédias. Os povos antigos já se preocupavam em elaborar um bom planejamento do controle de águas da chuva, através de redes rudimentares, sabendo que o acúmulo destas causa diversos problemas nos aglomerados urbanos. Tais sistemas rudimentares inspiraram os sistemas modernos. As inovações tecnológicas relacionadas ao sistema de saneamento básico se intensificaram com o período do Renascimento. Naquela época, a preocupação com a saúde pública se intensificou, e alguns países da Europa iniciaram alterações e melhoramentos nos sistemas de coleta e destinação final de esgotos e de águas pluviais, o que vem ocorrendo até os dias presentes, por consequência do desenvolvimento urbano. O que se vê atualmente como resultado de pesquisas arqueológicas é que as civilizações antigas não economizaram esforços, com recursos econômicos e trabalho humano, para construir grandes obras de diques e canais de irrigação, com o fim de garantir sua sobrevivência.

No entanto, se, por um lado, a urbanização representa uma das manifestações mais significativas da atividade humana, por outro essa mesma manifestação traz consigo uma série de problemas relacionados à infraestrutura, caracterizados por deficiências nos sistemas de transporte urbano, abastecimento de água e esgotamento sanitário, moradia, problemas de contaminação do ar e das águas e inundações.

A Região Metropolitana do Recife (RMR) como um todo e a do município do Recife em particular, que é o objeto derradeiro deste trabalho, ao longo de sua história mais recente, têm sido castigadas por graves enchentes e deslizamentos de barreiras provocados por chuvas intensas. O que se observa é

The problem of water in big cities, be it the lack of it or an excess, is certainly one of the greatest challenges facing city managers today and a bitter legacy handed down to them by their predecessors. An increase in evidence on developing countries has shown that this problem is likely in the future to worsen the already pitiful urban planning conditions of many of these cities, as, day by day, it becomes more and more difficult to come up with technical solutions to meet the water needs of all the communities on the planet and to contain flooding in the ever more complex and dense geometries that such urban areas represent.

It is well known that water is a natural element that is essential for the survival of life on earth. Throughout human history, rivers have been fundamental in establishing the first civilizations, both by supplying drinking water and by helping to develop agriculture. Human beings cannot live far from fresh drinking water or from the silt produced by it.

Since ancient times, the question of determining the course of rainwater has exercised the minds of human beings. Proximity to water is a source of both benefits and calamities. Ancient peoples were already concerned with developing a good storm water control plan, using rudimentary networks, in the knowledge that the accumulation of such rainwater caused various problems for urban agglomerations. Such rudimentary systems were the inspiration behind modern systems. Technological innovation related to basic sanitation picked up pace during the Renaissance. At that time, there was growing interest in public health, and some European countries began to change the systems for the collection and disposal of sewage and the dispersal of rainwater for the better. This process has continued to this day, with huge consequences for urban development. Modern archaeological research shows that ancient civilizations spared no effort, in terms of economic resources and human labor, to construct enormous dikes and irrigation canals, for the purpose of ensuring their survival.

However, while, on the one hand, urbanization is one of the most significant expressions of human activity, on the other, this same manifestation brings with it a whole string of problems relating to infrastructure, characterized by deficiencies in urban transport systems, water supply and sanitary sewerage, and housing, problems with air and water pollution, and flooding.

The Recife Metropolitan Region (RMR) as a whole and the municipality of Recife in particular, which is the main object of this study, has throughout its more recent history been afflicted by severe flooding and catastrophic mudslides caused by heavy rain. It can be seen that the damage caused by such occurrences is tending to become greater, for a variety of reasons, which will be addressed below.

que os danos ocasionados por tais ocorrências tendem a ser cada vez maiores, por vários motivos que serão abordados mais adiante.

Pode-se dizer, no entanto, que o principal deles está relacionado ao uso e à ocupação do solo, pois, historicamente, os aspectos referentes ao escoamento seguro das águas de chuva, com graves consequências para o sistema de drenagem, natural ou construído, e para o ambiente, não têm sido considerados nas atividades de planejamento e de gestão urbana (quando existem). Tal sistema, em uma determinada área, faz parte do conjunto de elementos que integram a sua infraestrutura urbana e, em relação aos outros melhoramentos urbanos, tem, pelo menos, duas particularidades:

- O escoamento das águas pluviais sempre se dá, independentemente de existir ou não sistema artificial de drenagem adequado, ou seja, toda área dispõe de sua drenagem natural. A qualidade do sistema artificial, se existir, é que determinará o grau de benefícios ou de prejuízos à população da área respectiva.
- Os efeitos de sua ausência ou ineficiência são esporádicos, porém podem chegar a ser catastróficos: na planície, com inundações, e nos morros, com desabamentos. Tais efeitos podem atingir direta ou indiretamente os indivíduos, pois os escoamentos das águas de chuva, quando ocorrem de forma desordenada, podem provocar, isolada ou conjuntamente, entre outros, os seguintes problemas:
 - Inundação e até desabamento de residências.
 - Inundação de ruas e avenidas, dificultando o tráfego de pedestres e de veículos.
 - Erosão de áreas altas, às vezes até com desabamentos de encostas.
 - Assoreamento de elementos do sistema de drenagem, rios, canais e galerias, existentes nas áreas mais baixas.
 - Disseminação de doenças de veiculação hídrica.
 - Criação de focos de vetores biológicos.

Isso diz respeito apenas à configuração física atual da rede de macrodrenagem da cidade, assim como de toda a RMR.

Um sistema de drenagem pluvial de uma área urbana, e no Recife não é diferente, é formado por unidades de microdrenagem — sarjetas, galerias, canaletas — e por unidades de macrodrenagem — rios, riachos, canais. As primeiras delas são de menor porte, e suas falhas têm alcance, teoricamente, restrito ao seu entorno imediato; no caso da macrodrenagem, objeto deste artigo, esta constitui a espinha dorsal, propriamente dita, do sistema de drenagem como um todo, e seu mau funcionamento é que provoca, via de regra, os maiores transtornos às populações que ocupam, principalmente, as

It can be said, meanwhile, that the main reason concerns the use and occupation of land, since, historically, aspects relating to the safe runoff of storm water, with serious consequences for the drainage system, be it natural or built, and for the environment, have not been taken into account in urban planning and management (when these have in fact existed). Such a system, in a certain area, is one of the elements that make up urban infrastructure and, in relation to other urban improvements, it has at least two peculiar features:

- Stormwater runoff always occurs, regardless of whether there is an adequate artificial drainage system or not. In other words, the whole area has a natural drainage system. The quality of the artificial drainage system, if one exists, lies in the extent to which it will provide benefits or cause harm to the population residing in that area.
- The effects of not having a system or having an inefficient one are sporadic, but may turn out to be catastrophic: because of flooding on the plains, or because of mudslides on the hillsides. Such effects may directly or indirectly affect individuals, since the storm water runoff, when unchecked, can cause, one or many of the following problems, and others:
 - Flooding and destruction of homes.
 - Inundation of streets and avenues, making it difficult for vehicles and pedestrians to move around.
 - Erosion of higher-elevation land, sometimes with the collapse of hillsides.
 - Silting up of parts of the drainage system, rivers, canals and storm drains, in low-lying areas.
 - Spread of water-borne diseases.
 - Creation of foci for biological vectors.

This is only to mention the present-day physical configuration of the city's macro-drainage network, and that of the RMR as a whole.

The stormwater drainage system of an urban area — and Recife is no exception — is made up of micro-drainage units — gutters, gullies, storm drains — and macro-drainage units — rivers, streams, canals. The former are smaller in scale, and failures in these, in theory, have effects that are restricted to the immediate surroundings. Macro-drainage, which is the subject of this chapter, forms the real backbone of the drainage system as a whole. If it functions badly, it generally causes greater disruption for the local population, especially in urban flatlands. Furthermore, problems with the macro-drainage network may have a considerable impact on the functioning of the micro-drainage system.

According to Ribeiro and Rooke (2010), an adequate urban drainage system, whether for surface or subsurface water, provides a series of benefits, including: development of the transport

planícies urbanas. Além do mais, problemas na rede de macrodrenagem podem afetar consideravelmente o funcionamento da microdrenagem.

Segundo Ribeiro e Rooke (2010), um adequado sistema de drenagem urbana, quer de águas superficiais ou subterrâneas, proporciona uma série de benefícios, tais como: desenvolvimento do sistema viário; redução de gastos com manutenção das vias públicas; valorização das propriedades existentes na área beneficiada; escoamento rápido das águas superficiais, reduzindo os problemas do trânsito e da mobilidade urbana por ocasião das precipitações; eliminação da presença de águas estagnadas e lamaçais; recuperação de áreas alagadas ou alagáveis; segurança e conforto para a população. Ou seja, a rede de drenagem de uma cidade é, de fato, um dos principais elementos estruturadores da infraestrutura urbana. Por outro lado, a ausência ou inadequação desse sistema proporciona todos os problemas que são o oposto dos benefícios acima citados, entre outros. É o que se percebe na cidade do Recife.

É evidente, porém, que esse sistema não foi sempre assim, pois é o resultado de contínuas transformações provenientes do processo de ocupação de toda a sua área após a expulsão dos holandeses. Nesse caso, lamentavelmente, tal processo se mostrou bastante danoso para o escoamento das águas de chuva, daí a maioria dos problemas de alagamento e de inundações da planície e de desmoronamentos de encostas que atualmente se verificam na região. Para um melhor entendimento da situação atual, é interessante que sejam feitas algumas considerações de caráter histórico.

A planície fluviomarinha da RMR, onde está localizado o município do Recife, teve sua formação geológica concluída no período quaternário pelas aluviões trazidas, ao longo de cinco milhões de anos, nas enxurradas dos rios Beberibe, Capibaribe, Tejipió, Jaboatão e Pirapama (SILVA, 1998). Tal planície ocupa, nas palavras de Josué de Castro:

[...] uma área que, em tempos pré-históricos, correspondeu a uma larga enseada (Figura 1), cuja orla marinha penhascosa alcançava meia encosta da cinta de colinas que assentam num socorro cristalino, estendendo-se desde Olinda até Prazeres pelas elevações de Beberibe, Jacaré, Apipucos, Dois Irmãos, Jaboatão, Areia Branca e Guararapes. Rompendo com as suas águas entre as linhas de duas colinas dessa antimural terciária, o Rio Capibaribe desaguava primitivamente nessa enseada que, com a regressão das águas oceânicas em sua fuga milenária, ele ajudou a aterrar com seus materiais aluviais (CASTRO, 1948).

A paisagem então formada em épocas recentes passou a ser transformada pela ação do ser humano, por meio de inúmeros aterros que chegaram, inclusive, a anexar algumas ilhas fluviais formadas pelos deltas dos rios ao continente. Algumas delas, no Recife, permaneceram como ilhas até há

system; reduction in the cost of maintaining public roads; increased property values in areas benefiting; rapid runoff of surface water, reducing problems with transport and urban mobility caused by precipitation; elimination of stagnant bodies of water and mires; regeneration of flooded areas or areas prone to flooding; and safety and comfort for the population. In other words, a city's drainage network is one of the principal structuring elements of urban infrastructure. On the other hand, when such a system is absent or inadequate, this may cause all the problems that are the opposite of the benefits cited above, along with others. This is the situation we find in the city of Recife.

It is evident, however, that this system was not always like this, since it is the result of continual transformation by the process of occupation of its entire land area, since the expulsion of the Dutch. In this case, it is unfortunate that such a process has been considerably detrimental for the runoff of storm water and this has been the cause of most of the problems with flooding and inundation of the flatlands and mudslides on hill-sides which currently afflict the region. To shed further light on the present situation, we need to look back in history.

The geological formation of the estuarine floodplain of the RMR, which contains the municipality of Recife, was concluded in the quaternary period by the alluvia brought, in the course of five million years, by flooding of the rivers Beberibe, Capibaribe, Tejipió, Jaboatão and Pirapama (SILVA, 1998). In the words of Josué de Castro, this floodplain occupies:

... an area which, in prehistoric times, took the form of a large bay (Figure 1), whose cliffs reached half way up a range of hills resting on a bed of crystalline rock, stretching from Olinda to Prazeres, cut through by the upstream parts of the rivers Beberibe, Jacaré, Apipucos, Dois Irmãos, Jaboatão, Areia Branca and Guararapes. The waters of the River Capibaribe pass between the two hills of this third line of defense and originally flowed into this large bay. When the waters of the ocean retreated in their millennia-long fugue, the river helped to fill the bay with its alluvial material (CASTRO, 1948).

The landscape formed in Recife in recent times was thus transformed by the action of human beings, by way of numerous land-fillings that even succeeded in incorporating into the mainland some fluvial islets formed by the river deltas. Some of these, such as Retiro, Leite, Thomas Coque, Joaneiro and the like, were still islands until quite recently (SILVA, 1998).

Human beings were the final element to contribute to the transformation of this environment, but they have also brought about some of the most rapid (and most incompetent) changes. In fact, in around 500 years, an estuarine region shared by various important rivers, which absorbs and tempers flooding, has been

84 pouco tempo, como, por exemplo, as do Retiro, do Leite, de Thomas Coque, de Joaneiro, etc. (SILVA, 1998).

O Homem foi o último elemento a participar da transformação desse ambiente, porém foi o mais veloz (e incompetente). De fato, em cerca de 500 anos transformou uma região estuarina comum a vários rios importantes, absorvedora e amortecedora de enchentes, em uma grande área praticamente impermeável, incapaz de conviver naturalmente com as variações periódicas do regime pluviométrico da região. Tais transformações, porém, não chegaram a desfigurar por completo a natureza hídrica da área, como bem registrou Valdemar de Oliveira: *"No Recife, o que não é água, foi água, ou lembra a água, sendo essa a razão porque a crismaram de 'cidade anfíbia'"* (OLIVEIRA, 1942).

No século XVII, quando a ocupação dessa área ainda era incipiente, com características de zona rural, do ponto de vista da hidráulica dos cursos de água principais, podiam ser feitas as seguintes considerações:

- As margens dos rios, ou seus leitos maiores, eram praticamente livres de ocupação, porém já havia ali algumas casas — assim como viveiros de pescados — que chegaram a ser atingidas pelas enchentes da época. Tais estruturas, no entanto, não chegavam a comprometer o escoamento do rio.
- Havia muitas áreas inundáveis ao longo das margens, na parte mais baixa das bacias, que funcionavam como reservatórios de amortecimento de cheias. Em alguns pontos, essas áreas serviam, inclusive, como elementos de transferência de escoamento de uma calha à outra, atenuando ainda mais os picos de cheias.
- Havia uma zona estuarina comum aos rios principais, Capibaribe, Beberibe e Tejiptio, que, por sua grande extensão e proximidade com o mar, absorvia os picos de cheia, sem provocar remansos nas calhas dos rios e sem causar transtornos às suas áreas lindeiras. Além do mais, esse estuário funcionava como seção de controle dos rios que nele desaguavam, estabelecendo o nível das marés como o nível de jusante de cada rio.

Com tal configuração fisiográfica, a condição dos escoamentos dos déflúvios gerados na própria área era tal que seus hidrogramas se mostravam alongados e suaves (achatados). Ainda mais, por se tratar de uma área pouco ocupada e plana, o coeficiente de escoamento (*run off*) correspondente podia ser admitido como da ordem de 0,15. Com o desenvolvimento do processo de urbanização, esse valor, atualmente, pode chegar a ser superior a 0,80, o que significa que, para uma mesma chuva, as vazões de escoamento atuais nessa área chegam a ser mais de 5 vezes superiores àquelas que ocorriam no passado.

transformed into a huge practically impermeable area, incapable of coexisting naturally with the seasonal variations in rainfall in the region. Such transformations, however, have not completely distorted the hydrological features of the region. As Valdemar de Oliveira has noted, "[i]n Recife, anything that is not water now, once was water, or reminds us of water, and this is why it has been called an 'amphibious city'" (OLIVEIRA, 1942).

In the 17th century, when occupation of this area was still in its early stages and the area still had rural features, in terms of the hydraulics of its main watercourses, the following observations could be made:

- The banks of the rivers, or their largest beds, were practically free of occupation, although there were some houses — and fisheries — which were affected by flooding at the time. Such structures, however, did not affect the drainage of the river.
- Many areas along the river banks were subject to flooding, in low-lying parts of the basin, which functioned as reservoirs that held back floodwaters. At some points, these areas also served to transfer runoff from one channel to another, providing further alleviation at times when flooding was at its peak.
- The main Rivers — Capibaribe, Beberibe and Tejiptio — shared an estuary, which, in view of its great extent and proximity to the sea, absorbed peak floodwaters, without creating backwaters in the channels of rivers and without causing disruption to neighboring areas. Moreover, this estuary helped to regulate the rivers that flowed into it, setting the level of the tides at the level of the downstream section of each river.

As the physical geography of the region is configured in this way, the hydrographs for runoff in the area are elongated and smooth (flattened). Furthermore, as the area is flat and sparsely occupied, the corresponding runoff coefficient may be as low as 0.15. After urban development, this figure can now rise above 0.80, meaning that, for a single rain shower, current runoff flows in this area may be more than five times greater than those that occurred in the past.

This occurs because urban development, especially when it is disorderly — as is generally the case nowadays — significantly alters the natural environment and impacts the aquatic ecosystem both hydraulically and biologically. When such development is planned and respects the hydraulic aspects of drainage, its impact is less severe and requires simpler and less costly compensatory measures. If not, as tends to be the case in the vast majority of Brazilian cities, the results are often catastrophic and complex measures involving large-scale physical interventions at the level of the drainage basin as a whole are needed to reduce the intensity of

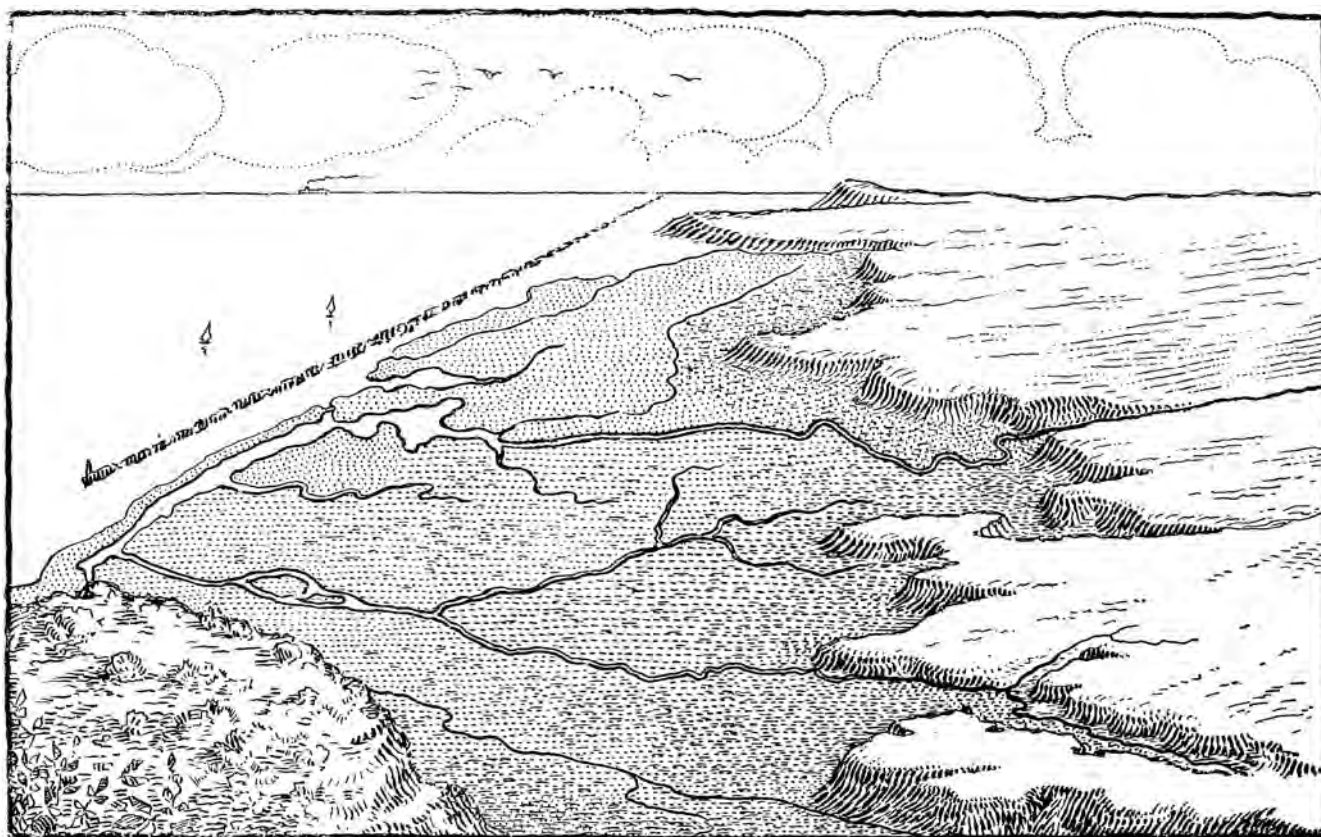


FIGURA 1
Desenho esquemático da baía entulhada
do Recife segundo J. C. Branner, 1904.

FIGURE 1
Schematic Drawing of Recife as a Land-filled Bay
Source: J. C. Branner.

Isso ocorre porque o desenvolvimento urbano, principalmente quando se dá de forma desordenada, como no caso presente, altera de modo significativo o ambiente natural e afeta o ecossistema aquático, tanto em termos hidráulicos quanto biológicos. Quando tal desenvolvimento se dá de forma planejada, respeitando, inclusive, os aspectos hidráulicos da drenagem, seus impactos são mais brandos e demandam medidas compensatórias mais simples e econômicas. Do contrário, como costuma ocorrer na grande maioria das cidades brasileiras, os resultados são muitas vezes catastróficos, e, para amenizar a intensidade dos impactos, são necessárias medidas complexas, que envolvem grandes intervenções físicas em toda a bacia hidrográfica, com custos bastante elevados, o que nem sempre são consideradas obras prioritárias.

Do ponto de vista político-institucional, a legislação brasileira praticamente isenta o poder público da responsabilidade sobre os danos decorrentes das enchentes por falta de uma atuação preventiva, uma vez que o “serviço de drenagem urbana” não é tarifado diretamente, sendo, portanto, considerado inviável economicamente, ficando a população, ou seja os contribuintes, com o ônus material e emocional de todas as perdas pessoais decorrentes das inundações, como desabamento de imóveis, perda de móveis e de utensílios domésticos, perda de documentos e de outros bens; quando lhes sobra a vida. A atuação preventiva acima citada envolve o planejamento

impact. This is a high-cost project which is not always accorded high priority.

From a political-institutional point of view, Brazilian legislation effectively exempts the public authorities from responsibility for damage caused by flooding. As a consequence of lack of preventive action — since the cost of “urban drainage services” is not covered by direct tariffs — provision of such services is considered economically non-viable, with the population, or rather tax-payers, left to bear the material and emotional burden of all the personal losses caused by flooding, including the collapse of buildings, the loss of furniture and domestic appliances, and the loss of documents and other possessions, in the eventuality that their lives are spared. The aforementioned preventive action involves planning of the occupation of the area or, in the absence of this, adoption by the public authorities, of compensatory measures to mitigate the effects of the ineptitude of their predecessors.

In the early days of occupation of the site, floods coming from the head of the river were able to spread out into natural basins, without significantly affecting the few inhabited areas constructed on high points. For the same reasons outlined above, this flooding was also of lower intensity compared to today.

The evolution of Recife as a city, like that of other great cities around the world, has been conditioned by aspects of its physical

86 da ocupação da área ou, na falta deste, da adoção, pelo poder público, de medidas compensatórias para mitigar os efeitos da sua inépcia histórica.

Na situação primitiva da ocupação, as cheias provenientes da cabeceira dos rios encontravam condições favoráveis a seu espriamento em bacias naturais, sem afetar, de modo significativo, as poucas áreas habitadas, construídas em cotas mais elevadas. Pelas mesmas razões acima apontadas, essas cheias também tinham intensidades menores, para os mesmos períodos de retorno, comparativamente à condição atual.

A evolução urbana do Recife, como a de grandes cidades do mundo, foi condicionada por elementos do seu meio físico e por uma série de fatores de ordem econômica e social. Dentre os elementos do meio físico, os rios e demais cursos de água e todo o sistema de macrodrenagem a eles associado se destacam como seus principais elementos formadores, o que, no caso do Recife, mostra-se, na atualidade, extremamente evidente. Isso se deve, entre outros motivos, ao fato de o sistema de drenagem funcionar, predominantemente, por gravidade e ter suas unidades normalmente de grande porte e trabalhando à superfície livre. Assim, as cotas dos terrenos a serem ocupados deveriam considerar as necessidades de carga hidráulica dessas unidades, o que não ocorreu ao longo do tempo. No caso do Recife, essa necessidade é reforçada pelo fato de a cidade ocupar uma grande planície de cotas muito baixas em relação ao nível do mar.

Como se mostra na Figura 2, o relevo natural da planície aluvionar já permitiria, caso não estivesse ocupado, o alagamento periódico e frequente de grande extensão de terreno apenas pelo movimento das marés, na área que atualmente corresponde à parte dos bairros da Boa Vista, de Joana Bezerra, da Imbiribeira, do Pina, entre outros.

Sua evolução urbana propriamente dita teve o início real no século XVII pelas mãos dos holandeses, quando o que hoje é o centro da cidade consistia do estuário comum dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejiú. Sabe-se que o povo holandês sempre teve grande tradição em obras hidráulicas para controle das águas, o que pode ser comprovado através de algumas obras ainda remanescentes daquela época. Nesse período, em respeito às questões de drenagem, na área central de Antônio Vaz, camboas e canais foram construídos e aterrados locais alagadiços e encharcados para incorporar novos espaços à expansão urbana. O saneamento e a arborização da ilha são apontados por alguns estudiosos como os primeiros do continente sul-americano. O material de aterro para a ampliação de terra firme era fornecido através do saneamento do solo por aberturas de canais.

A figura a seguir, que mostra a Cidade Maurícia, Olinda e parte da Várzea, datada de 1648, é considerada a melhor representação gráfica do Recife durante o domínio holandês.

environment and also by a series of economic and social factors. Among these physical elements, the rivers and other watercourses and the whole macro-drainage system associated with them are the principal elements, and, in the case of Recife, these are still strikingly evident today. This is due, among other factors, to the way the drainage system depends primarily on gravity and normally involves large-scale units on an open surface. Plots designed for occupation should thus consider the hydraulic load of these units, but this has not historically occurred. In the case of Recife, this is aggravated by the fact that the city occupies a large plain of areas that are very low-lying in relation to sea level.

As shown in the figure below, were it not occupied, the natural relief of the alluvial plain already allows periodic frequent large-scale flooding of land through the movement of the tides alone, in the area currently occupied by parts of the Boa Vista, Joana Bezerra, Imbiribeira, Pina, and other neighborhoods.

The evolution of the city properly speaking began only in the 17th century under Dutch rule, when, what is now the city center was occupied by the estuary shared by the rivers Capibaribe, Beberibe and Tejiú. The Dutch are known for their long-tradition of drainage and land reclamation, as can be seen from some of the engineering works that remain from that time. In this period, drainage in the central area of Antônio Vaz was accomplished by way of constructing artificial lakes and canals and land-filling local marshes and wetlands, to create new land for the city to expand into. Sanitation and the provision of vegetation cover on this island have been shown by some scholars to have been some of the very first attempts at such projects in the whole of South America. The land-fill material used to increase the quantity of dry land was the earth dug out to create canals for the sanitation network.

The illustration below, which shows the city of Maurícia, Olinda and part of Várzea, dated 1648, is considered to be the best graphic representation of Recife from the time of Dutch rule.

Following the expulsion of the Dutch from Recife, the growth of the city was no longer controlled by drainage and hydraulics, thereby inverting the direction of this relationship, as continues to occur today.

Later, over the years, practically the whole area of the city went through a process of intensive occupation, with no non-structural measures, in such a way that, nowadays, its urban areas are saturated to the maximum, with a high degree of soil sealing, which contributes to the accumulation of runoff. In other words, there has been a considerable increase in the volume of surface runoff at the same time as a reduction in groundwater recharge, to the detriment of both sub-surface and subterranean drainage.

One of the consequences of this process of occupation has been that the city has lost many of its secondary watercourses and constricted

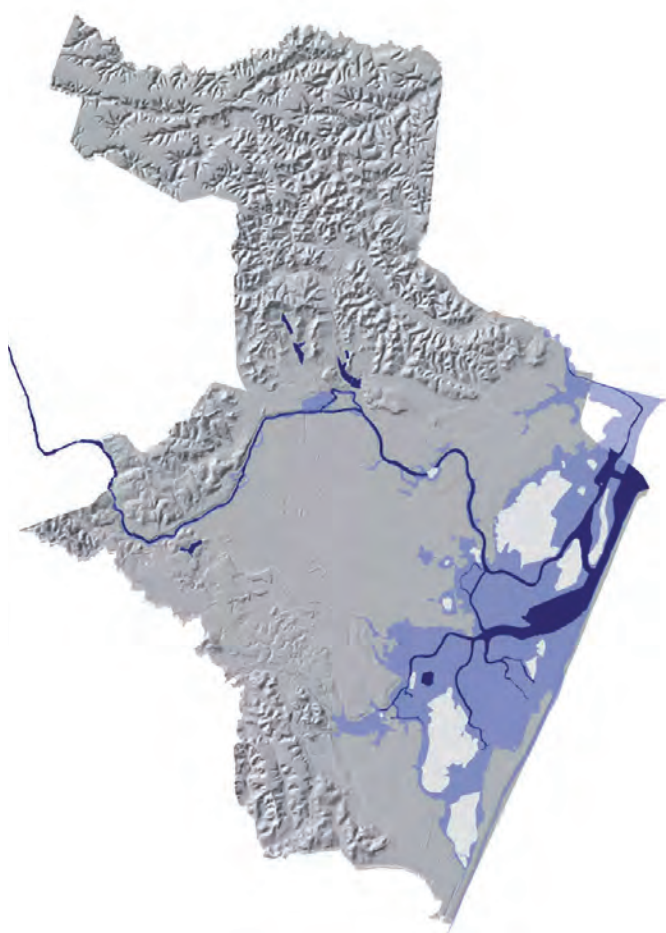


FIGURA 2
Mapa do Recife.

FIGURE 2
Map of Recife.

- Leito atual do rio
- Linha de preamar (1831)
- Istmo de areia



FIGURA 3
Mapa de Cornelis Golijath — a Cidade
Maurícia (1648)

FIGURE 3
Cornelis Golijath Map — The City of Maurícia (1648)

Com a expulsão dos holandeses das terras do Recife, o crescimento da cidade passou a não mais ser comandado pelos aspectos da drenagem e da hidráulica, invertendo-se, portanto, o sentido dessa relação, o que vem acontecendo até os dias atuais.

Posteriormente, ao longo dos anos, praticamente toda a área da cidade passou por um processo de intensa ocupação, sem medidas não estruturais, de modo que atualmente suas áreas urbanas se encontram no limite da saturação, com um grau de impermeabilização bastante elevado, o que contribui para a produção de deflúvios. Em outras palavras, há um considerável aumento dos volumes de escoamento superficial simultâneo à diminuição da recarga dos aquíferos, o que reduz os escoamentos subsuperficiais e subterrâneos.

Como um dos resultados desse processo de ocupação, a cidade perdeu muitos de seus cursos de água secundários e confinou as seções de escoamento das calhas principais, de modo que a capacidade de transporte de enchentes foi substancialmente diminuída. Isso ao mesmo tempo que a produção de deflúvios foi aumentada pela impermeabilização do solo local. Em consequência, a densidade de canais na região se tornou muito baixa, como já citado anteriormente. Tudo isso ainda é agravado pelo lixo que é lançado nos cursos de água por uma população que não teve oportunidade de ter uma educação formal de qualidade e que não é recolhido de forma eficaz pelo poder público. Embora esse lixo não contribua para a formação de deflúvios, dificulta o escoamento das águas, o que potencializa os efeitos das inundações.

É importante considerar ainda que a quase totalidade das construções urbanas próximas aos cursos de água ocupam as denominadas *Áreas de Proteção Permanente* (APPs), que são espaços territoriais especialmente protegidos de acordo com o disposto no inciso III, § 1º, do art. 225 da Constituição Federal. Conforme definição da Lei nº 12.651/2012. As APPs foram instituídas pelo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) e consistem em espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa.

Segundo alguns autores, diversos são os fatores que explicam a ocupação em APPs. Dentre eles, pode-se citar a inexistência ou mínima conscientização da população acerca da importância ambiental e da preservação desses espaços, devido à falta de educação também ambiental; o contínuo desrespeito às leis, devido à falta de sanções ou repreensões significativas que inibam novas práticas; e o desconhecimento, pela população, de legislação ambiental, que prevê a intocabilidade das APPs, o que demanda a socialização, a democratização do repertório jurídico brasileiro, a chamada *popularização da questão ambiental* (PINHEIRO & PROCÓPIO, 2008).

the drainage sections of the main channels, in such a way that their capacity to carry floodwaters has been substantially reduced. At the same time, the quantity of runoff produced has been increased by soil sealing in the locality. As a consequence, the density of canals in the region has, as mentioned above, become extremely low. All of this is further exacerbated by the dumping of garbage in watercourses by a population that has not had the opportunity to receive good-quality formal education and the fact that solid waste is not collected effectively by the public authorities. Although this garbage does not contribute to the formation of runoff, it impedes the flow and worsens the effects of flooding.

It is also important to bear in mind that almost all urban constructions in the vicinity of watercourses occupy so-called Permanent Protection Areas (PPAs), which are described in Clause III, Section 1 of Article 225 of the Federal Constitution as specially protected territorial spaces. PPAs were introduced by the Forestry Code (Law nº 12,651, of 25 May 2012) and comprise environmentally fragile and vulnerable public or private territorial spaces subject to legal protection, in urban or rural areas, whether they possess native vegetation cover or not.

According to some authors, various factors can be adduced to explain the urban development of PPAs. These include the lack of (or minimal) awareness on the part of the population regarding the importance of the environment and the preservation of such areas. This is a consequence of the lack of environmental education, ongoing disrespect for laws and the lack of sanctions or significant penalties to inhibit illegal occupation, in combination with lack of knowledge, on the part of the population, regarding environmental legislation stipulating that PPAs should be left untouched. Changing this would require a democratic, socially-progressive approach to Brazilian legislation, known as *popularization of environmental issues* (PINHEIRO & PROCÓPIO, 2008).



FIGURA 4
Visão atual da baía ocupada.

FIGURE 4
Present-day view of occupied bay.

1. A CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM DO RECIFE

90

Na sua configuração atual, o município do Recife conta com um sistema natural de drenagem que envolve o sistema de bacias hidrográficas do chamado *Estuário Comum do Recife*, constituído pela desembocadura dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejipiú.

Esse estuário compreende, basicamente, a denominada *Bacia do Pina* e a Bacia de Evolução do Porto do Recife, situada ao longo da faixa de cais, com formato retangular, medindo cerca de 3 km extensão, com largura variando entre 160 e 475 m e profundidades variando entre 9 e 12 m. A Bacia de Evolução, na realidade, do ponto de vista hidráulico, é um canal natural que representa a única saída para o mar dos escoamentos superficiais da cidade do Recife.

O porto, aliás, foi o principal elemento indutor da formação do núcleo urbano do Recife, a partir do século XVII, de acordo com o plano urbanístico do arquiteto holandês Pieter Post.

Por estar localizado em uma zona estuarina de cotas muito baixas, o Recife sofre forte influência das variações das marés. Estuários constituem os setores terminais dos rios até onde o canal fluvial é atingido pelas correntes de maré. De um modo geral, a amplitude das marés é que determina as características dos estuários. No caso dos denominados *estuários micromareais*, a penetração da maré se faz até pouca distância da costa. No caso dos estuários macromareais, acontece o contrário. Se a ação das marés enfraquece, outras ações (ondulação, deposição de sedimentos continentais) podem se tornar dominantes nessa caracterização.

Além da amplitude das marés, as variações relativas do nível do mar, o clima local, as condições de ocupação e a cobertura vegetal da bacia hidrográfica determinam o tipo e a quantidade de sedimentos transportados pelo rio e, por conseguinte, acabam exercendo, também, um papel importante na caracterização dos estuários. As duas forças principais que atuam neles são a da própria corrente fluvial e a das marés. A importância da corrente fluvial depende, como é evidente, da sua vazão e da velocidade de escoamento. Em período de cheia, por exemplo, a turbidez dos rios pode atingir, no mar, distâncias consideráveis das praias.

A corrente fluvial, geralmente, é amortecida pela força da maré enchente; de modo inverso, ela vai ser reforçada pela corrente da vazante. Ao chegar ao estuário, a força dessa corrente é diminuída pela redução natural da declividade do leito do rio e pela resistência oferecida pela água do mar e acaba por se extinguir. A maré enchente penetra, então, ao longo do canal fluvial até distâncias variáveis, de acordo com as vazões do rio e com a amplitude das marés. À medida que a maré enchente vai avançando ao longo do rio, a sua amplitude vai se reduzindo, até desaparecer completamente.

Na preamar, o nível do mar é mais elevado que o nível da água no rio; daí a penetração da água do mar ao longo de sua calha, ou enchente. Inversamente,

1. THE CONFIGURATION OF THE MACRODRAINAGE SYSTEM IN RECIFE

In its current configuration, the municipality of Recife has a natural drainage system that involves the drainage basin system of the Recife Estuary, a common area into which the rivers Capibaribe, Beberibe and Tejipiú all flow.

This estuary comprises, basically, the Pina Basin and the Recife Port Basin, situated along a rectilinear strip of quayside, around 3 km in length, with a width varying between 160 and 475 m and with depth ranging from 9 to 12 m. The Port Basin is, in fact, from a hydraulic point of view, a natural canal that represents the only outlet to the sea for the surface runoff waters of the city of Recife.

The port was also the main focus of the formation of the urban nucleus of Recife, from the 17th century onwards, according to the urban plan of the Dutch architect Pieter Post.

As it is located in a low-lying estuarine zone, Recife is greatly affected by variations in the tide. Estuaries constitute the final sections of rivers, where river waters mingle with the tides of the sea. Generally speaking, the height of the tide determines the specific features of estuaries. In the case of estuaries known as *micro-tidal estuaries*, the tide penetrates only a very short distance from the coastline. In the case of macro-tidal estuaries, the reverse occurs. If the action of the tides diminishes, other factors (waves, continental sediment deposits) may become dominant.

Apart from the height of tides, variations relative to sea level, the local climate, and the conditions of occupation and vegetation cover of the drainage basin may all determine the type and quantity of sediment transported by the river and, consequently, all play an important role in determining the character of estuaries. The two main forces acting upon estuaries are the river current and the tides. The importance of the river current clearly depends on the speed of flow and runoff. During periods of flooding, for example, the turbidity of the river may extend a considerable distance out to sea.

The flow of current of a river is generally tempered by the force of the flood tide and, inversely, is strengthened by the ebb tide. On arriving in the estuary, the strength of this current is diminished by the natural reduction in the declivity of the river bed and by the resistance offered by the seawater so that it ends up being reduced to zero. The flood tide then moves inland along the river channel, the distance being determined by the rate of flow of the river and the strength of the tides. As the flood tide advances along the river, it diminishes in strength, until eventually it disappears completely.

At high tide, sea level is higher than the level of water in the river and this enables sea water to flow into the river channel. Inversely, at low tide, the water level is higher in the river than in the sea, because the river water mingles with the sea water that has entered it during flood tide. For this reason, during low tide, the outflow of rivers can attain high speeds. When high tides

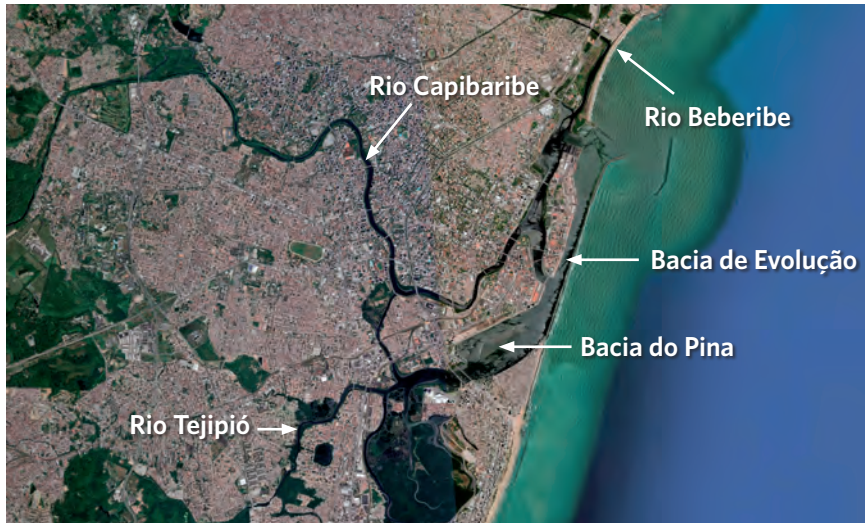


FIGURA 5
Estuário Comum do Recife

FIGURE 5
The Recife Estuary



FIGURA 6
Bacia de Evolução do Porto do Recife

FIGURE 6
Evolution of Recife Port Basin

na baixa-mar, o nível da água é mais alto no rio que no mar, porque à água do rio se juntou a água marinha que nele penetrou durante a enchente. Por esse motivo, durante as vazantes ocorrem descargas que podem atingir velocidades elevadas. Quer durante a maré baixa, quer durante a maré alta, não há corrente alguma, e a água fica praticamente parada. É nos momentos em que a maré está no seu ponto médio que se atingem as velocidades mais elevadas.

Esse fato tem, como é óbvio, importantes consequências em termos de sedimentação, uma vez que a ausência de correntes durante a maré alta vai produzir a deposição de sedimentos transportados em suspensão ou resultantes da floculação das argilas com origem fluvial em contato com as águas marinhas ricas em íons.

and low tides reach their highest and lowest points respectively, there is no current whatsoever and the water barely moves. It is when the tide is at its midpoint that the highest speeds occur.

This obviously has important consequences in terms of sedimentation, since the absence of currents during high tide will cause the deposition of sediment transported in suspension or resulting from the flocculation of alluvial clays when they come in contact with ion-rich marine waters.

If, during a storm in a certain drainage basin, high tides coincide with a swollen river, the latter is unable to discharge all the water it is carrying and this will accumulate, raising the respective level at its mouth and giving rise to significant flooding upstream.

Se, durante uma tormenta em determinada bacia hidrográfica, coincidirem as marés altas com as ondas de cheia do rio, este não consegue dar vazão a toda a água que transporta, a qual se vai acumulando, fazendo subir o respectivo nível junto à foz e originando cheias importantes, no sentido de montante.

Esta é, em linhas gerais, a explicação para o fenômeno de influência das marés, que ocorre nas regiões estuarinas dos rios, o que, no caso do Recife, envolve toda a planície aluvionar, que corresponde aos estuários dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejiptio, como já foi ressaltado anteriormente.

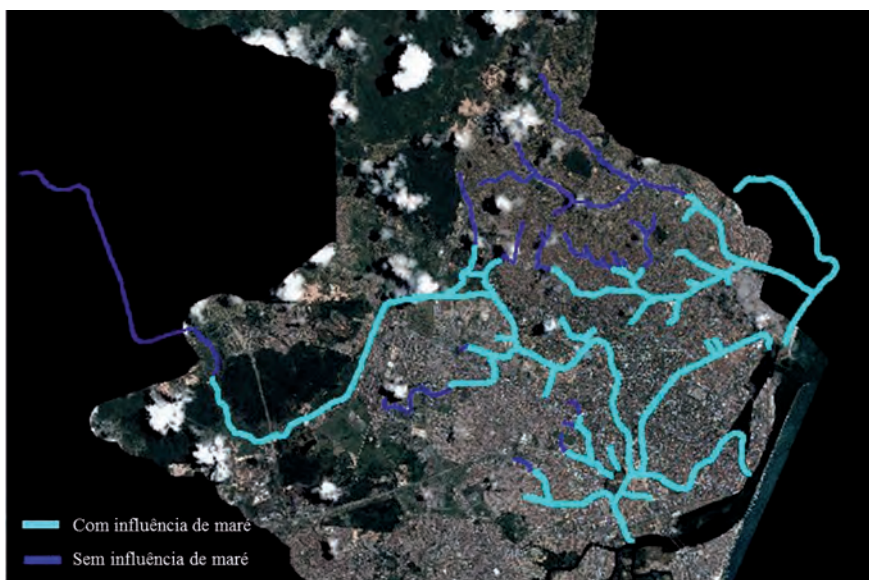


FIGURA 7
Incursão da maré na rede de macrodrenagem do Recife

FIGURE 7
IncurSION of tide in Recife macro-drainage network

O grupo de bacias hidrográficas acima citadas se constitui no mais importante para a cidade do Recife em particular, cortada que é pelos seus principais cursos de água, o que lhe vale a denominação, oficiosa, de *cidade anfíbia*. Essas três bacias, no entanto, não cobrem totalmente a superfície do município, que é completado por partes das bacias hidrográficas dos rios Paratibe e Jaboatão. O primeiro deles compreende uma área total de 118 km², praticamente toda inserida na RMR, e contém parcelas dos municípios do Paulista, do Recife, de Olinda e de São Lourenço da Mata, com áreas de 69,1 km², 22,9 km², 23,6 km² e 1,4 km², respectivamente. É importante observar que os 22,9 km² inseridos no município do Recife estão localizados em áreas de morros e de colinas, a montante da rodovia BR-101, ainda sem ocupação urbana e, portanto, não exercem nenhuma influência, positiva ou negativa, no sistema de drenagem da cidade. De fato, no que diz respeito à ocupação,

This, generally speaking, explains the influence of the tides, which occurs in the estuarine part of a river, which, in the case of Recife, involves the whole alluvial plane comprising the estuaries of the rivers Capibaribe, Beberibe and Tejiptio, as outlined above.

The aforementioned drainage basins are the most important for the city of Recife in particular, crisscrossed as it is by its main watercourses, giving it the unofficial appellation of *amphibious city*. These three basins, however, do not cover the totality of the land mass of the municipality, which also includes parts of the drainage basins of the rivers Paratibe and Jaboatão. The first of these comprises a total area of 118 km², practically all of it within the RMR, with sections measuring 69.1 km², 22.9 km², 23.6 km² and 1.4 km² respectively in the municipalities of Paulista, Recife, Olinda and São Lourenço da Mata. It should be noted that the 22.9 km² located in the municipality Recife is situated in hillside areas, upstream from the BR-101 highway, which are still unoccupied and thus have no influence whatsoever, positive or negative, on the city's drainage system. In fact, with regard to occupation, two distinct situations can be found in this basin. Upstream of BR-101 development is still fairly incipient, with no significant human settlements. Downstream from this highway, however, the presence of human beings can be more strongly felt, in the Paulista and Paratibe communities, the urban parts of Olinda and the Rio Doce and Janga seaside communities, which are densely occupied. However, it does not affect the urban parts of Recife.

The River Jaboatão, with a 413.1 km² drainage basin and a 75-km-long channel, from its source to the mouth of this river, in Barra de Jangada, in the municipality of Jaboatão dos Guararapes. Eighty-nine percent of the area of this basin lies within the RMR, shared by the municipalities of Jaboatão dos Guararapes (203.6 km²), Moreno (89.5 km²), São Lourenço da Mata (52.1 km²), Cabo (18 km²) and Recife (4 km²). The 4 km² belonging to Recife are located in the far southwest of the city, in an area which is hilly and thus experiences no problems with inundation and flooding. Here the main problem is that of the erosion of hillsides, which jeopardizes the safety of local inhabitants and causes silting of the shallow river. Six rivers or streams belonging to this drainage basin lie, partially or in their totality, within the urban parts of Recife.

At present, Recife's macro-drainage network contains, in addition to the river beds cited above, a total of 99 canals, with a total length of 132.63 km, complemented by a 1,558 km micro-drainage system of gutters, pipes and drains.

The Recife Estuary is shared by a group of three rivers, which, together, form the main structural support for the macro-drainage system of the city of Recife, crisscrossed by its principal rivers. Prior to urban development, the alluvial plain formed a grand catchment basin comprising the

verificam-se duas situações distintas na bacia: a montante da rodovia BR-101 ainda é bastante incipiente, não apresentando núcleos urbanos de porte. A jusante dessa rodovia, ao contrário, a presença do Homem já se faz notar com mais intensidade, estando ali situadas as localidades do Paulista e de Paratibe, além de parte da área urbana de Olinda e das praias de Rio Doce e do Janga, já densamente ocupadas. Mas não há interferência na área urbana do Recife.

Quanto ao Rio Jaboatão, sua bacia hidrográfica mede 413,1 km², e sua calha se estende por 75 km, desde a nascente até a foz, em Barra de Jangada, no

estuários dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejiú. As indiscriminadas urbanizações que começaram a ocorrer, áreas que naturalmente serviam para fornecer e absorver o escoamento, foram obstruídas por aterros e estruturas construídas com solos impermeáveis, gerando mais escoamento. Em uma tentativa de reduzir custos, esses aterros não foram elevados suficientemente acima do nível do mar e foram realizados com materiais de baixa permeabilidade. A planície permaneceu baixa, sujeita à influência das variações de maré, com uma alta tableta d'água, dificultando o escoamento tanto em elementos de macro-drenagem quanto em sarjetas e bueiros, como será detalhado. As principais características dessas bacias são as seguintes.

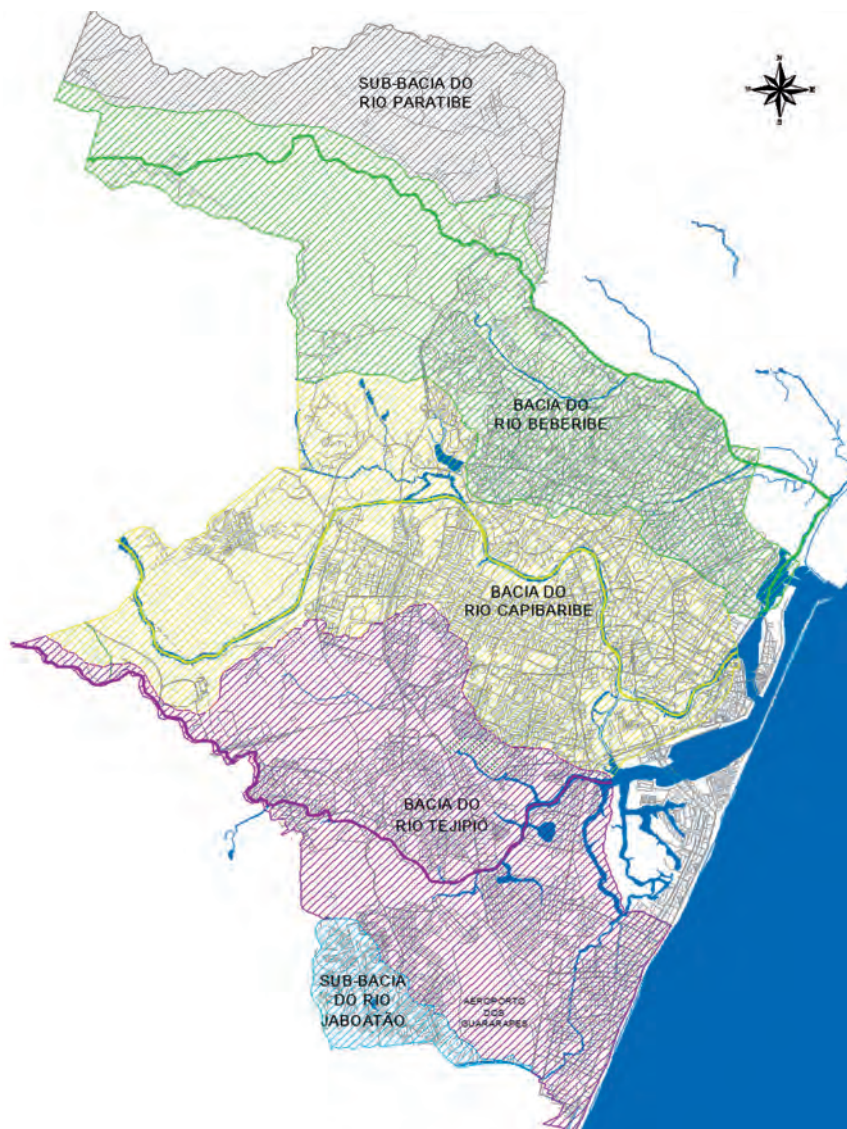


FIGURA 8

Bacias hidrográficas do município do Recife

FIGURE 8

Drainage Basins of the Municipality of Recife

94 município do Jaboatão dos Guararapes. Essa bacia tem 89% de sua área inserida na RMR, distribuída nos municípios de Jaboatão dos Guararapes (203,6 km²), Moreno (89,5 km²), São Lourenço da Mata (52,1 km²), Cabo (18 km²) e Recife (4 km²). Os 4 km² pertencentes ao Recife estão localizados no extremo sudoeste da cidade, em áreas de colinas, portanto altas, e não apresentam problemas de alagamentos e inundações. Aí a questão é de erosão das encostas dos morros, que põe em risco a segurança dos habitantes locais e provoca assoreamento do baixo curso do rio. Seis canais pertencentes a essa bacia hidrográfica estão inseridos, total ou parcialmente, na área urbana do Recife.

Atualmente, a rede de macrodrenagem do Recife conta, além dos leitos dos rios citados, com uma malha de 99 canais que perfazem uma extensão de 132,63 km, complementado por um sistema de microdrenagem com 1.558 km de galerias enterradas e canaletas superficiais.

O denominado *Estuário Comum do Recife* recebe um grupo de três rios que, juntos, formam o principal suporte estrutural da macrodrenagem da cidade do Recife, cortada que é pelos seus leitos principais. Com efeito, antes da ocupação urbana, sua planície, de caráter aluvionar, formava uma grande bacia de acumulação, correspondente aos estuários dos rios Capibaribe, Beberibe e Tejipló, que são os que compõem esse grupo. Com a sua ocupação feita de forma indiscriminada, as áreas que foram destinadas pela natureza para servir de escoadouro dos deflúvios e para absorvê-los foram obstruídas pelos aterros e construções e passaram a ser geradoras de escoamentos,

1.1. THE CAPIBARIBE BASIN

The Capibaribe Drainage Basin rises in the municipality of Jataúba, at an altitude of 1,000 m above sea level and 195 km from its mouth in the Port of Recife. It flows through more than twenty municipalities, including their main towns and cities.

With a total area of 7,400 km², this drainage basin is composed geologically mostly of a crystalline rock remnant of the Barreiras Group, and, to a lesser extent, by more recent deposits.

The portion of this basin lying within the RMR represents only a small fraction of this area (334,9 km²), just 5% of the total, but this does not diminish the importance of its main river for the region, notably for the urban parts of São Lourenço da Mata, Camaragibe and Recife, through which it runs. In the city of Recife, the Capibaribe Basin covers the central zone and the neighborhoods of Caxangá, Cordeiro, Casa Forte, Madalena, Torre, Prado, Afritos, and others that are only partially contained within it.

From a morphological point of view, this basin has a form factor of 0.13 and relatively high compactness index of 2.06, giving it above average potential to produce flooding. This has been experienced dramatically by the population of the city on various occasions, such as in 1975, when almost half of the urban area was flooded.

The construction by the Federal Government of the Tapacurá, Goitá and Carpina barrages, along with work carried out on the main course

Rios <i>River</i>	Número de canais <i>Number of Canals</i>	Extensão (km) <i>Extent (km)</i>		
		Revestido <i>Reinforced</i>	Não revestido <i>Not Reinforced</i>	Total <i>Total</i>
Capibaribe	33	29,01	10,24	39,25
Beberibe	25	18,06	12,10	30,16
Tejipló	14	5,50	11,74	17,24
Jordão	3	12,71	0,44	13,15
Jiquiá	18	15,60	9,83	25,43
Jaboatão	6	2,35	5,05	7,40
Total <i>Total</i>	99	83,23	49,40	132,63

QUADRO 1
Quantidade e extensão de canais por bacia

TABLE 1
Number and extent of canals by basin

por se tornarem impermeáveis. Por medida de economia, esses aterros não foram elevados o bastante e foram executados com material de baixa permeabilidade. Assim, a planície permaneceu ainda baixa, sujeita a influência das variações das marés, com o nível do lençol freático elevado, o que dificulta os escoamentos tanto nos elementos da macrodrenagem quanto nas galerias e canaletas, conforme se analisa mais adiante. Com relação às bacias citadas, suas principais características são apresentadas a seguir:

1.1. BACIA DO CAPIBARIBE

A Bacia Hidrográfica do Capibaribe tem suas nascentes no município de Jataúba, a uma altitude de 1.000 m em relação ao nível do mar e a 195 km de sua foz, no Porto do Recife. O seu leito atravessa mais de duas dezenas de municípios, cortando inclusive várias de suas sedes municipais.

Com uma área total de 7.400 km², essa bacia hidrográfica, geologicamente, é constituída em maior parte de rochas cristalinas, sendo o restante formado pelo Grupo Barreiras e, em menor escala, por depósitos recentes.

A porção dessa bacia compreendida nos limites da RMR representa uma pequena parcela dessa área (334,9 km²), apenas 5% do total, o que não diminui a importância do seu rio principal para a região, notadamente para as áreas urbanas dos municípios de São Lourenço da Mata, de Camaragibe e do Recife, por ele atravessadas. Na cidade do Recife, a Bacia do Capibaribe compreende a zona central e os bairros de Caxangá, do Cordeiro, de Casa Forte, da Madalena, da Torre, do Prado, dos Aflitos, além de outros parcialmente abrangidos.

Do ponto de vista morfológico, essa bacia apresenta um fator de forma de 0,13 e um índice de compacidade relativamente alto, de 2,06, o que lhe confere um potencial acima de médio de produção de cheias. Isso já foi comprovado de forma dramática várias vezes pela população da cidade, como em 1975, quando as águas ocuparam quase metade da área urbana.

A implantação pelo Governo Federal das barragens de Tapacurá, Goitá e Carpina, juntamente com algumas ações desenvolvidas na calha principal do rio para aumentar sua seção de escoamento (dragagens para remover o assoreamento), retificar seu eixo e eliminar alguns obstáculos existentes, serviu para amenizar de forma considerável o problema das cheias.

1.2. BACIA DO BEBERIBE

O Rio Beberibe nasce no município de São Lourenço da Mata, portanto dentro dos limites da RMR. Sua bacia hidrográfica mede 79 km² e compreende

of the river to increase its runoff section (dredging to remove silt), the straightening of its main axis and the removal of some obstacles, served to considerably reduce the problem of flooding.

1.2. THE BEBERIBE BASIN

The Beberibe River rises in the municipality of São Lourenço da Mata, within the RMR. Its drainage basin measures 79 km² and covers portions of the municipalities of Recife (55.4 km²), Olinda (13.3 km²), Paulista (9.4 km²) and São Lourenço da Mata (0.9 km²).

In the upper parts of the basin, the valley cuts fairly deep through the sandy sediment of the Barreiras Group, and stretching as far as the Beberibe Formation. In the estuarine zone, there is a predomination of more recent deposits, especially fluvial-deltaic sedimentation, coastal dunes, and the kind of saltwater mangroves that are currently almost extinct.

This basin is divided by the BR-101 highway into two distinct areas so far as the kind of occupation is concerned. Upstream of this highway, occupation is fairly incipient, with remnants of the native forest vegetation still found in abundance. Over half of this area belonging to Recife is located in this part of the basin. On the other side, the basin is heavily occupied, encompassing various neighborhoods of Olinda and Recife, such as Guabiraba, Nova Descoberta, Cajueiro, Peixinhos, Jardim Brasil, Água Fria and parts of the neighborhoods of Casa Amarela, Tamarineira and Encruzilhada.

The drainage network in the west comprises principally the upper parts of the Rivers Beberibe and Morno and Riacho dos Macacos, which is the most important tributary of the second of these. As there is still no intensive urban development, surface runoff in this section of the basin occurs naturally, with no impediment to the free passage of waters and, above all, no transfer of runoff to areas downstream.

The eastern sector has a drainage system comprising the middle and lower parts of the Rivers Beberibe e Morno, the Vasco da Gama and Malária Canals and the Euclides and Abacaxi Creeks, along with their respective tributaries. As this area has already been fairly heavily occupied, there are visible constriction points, generally caused by the presence of buildings constructed in inadequate locations (deep in the river bed) or insufficiently large crossings (road bridges, footbridges, storm drains and so forth).

In the more urban part of the basin, the main tributary of the Beberibe is Vasco da Gama Canal, whose right bank lies in the vicinity of the old Peixinhos slaughterhouse. Córrego do Euclides flows into this canal. The catchment basin of the canal, measuring 13.04 km², has its source on the hill of the same name in the Casa Amarela neighborhood and has a clearly defined course throughout its trajectory. At present,

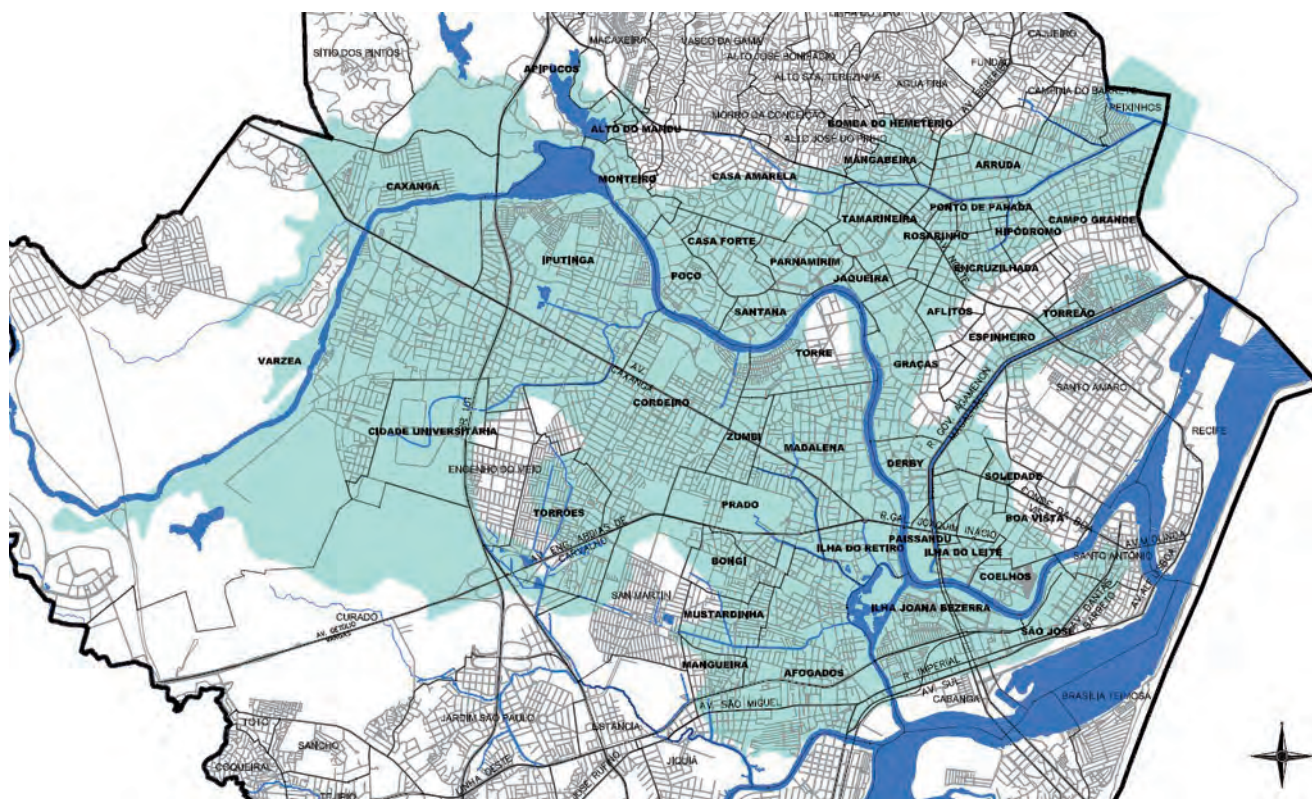


FIGURA 9
Área inundada em Recife, na enchente
de 1975

FIGURE 9
Areas of Recife inundated during the 1975 floods

parcelas dos municípios do Recife (55,4 km²), de Olinda (13,3 km²), do Paulista (9,4 km²) e de São Lourenço da Mata (0,9 km²).

Nas áreas superiores da bacia, seu vale é bastante pronunciado, inserido nos sedimentos arenosos do Grupo Barreiras, chegando a atingir a Formação Beberibe. Na zona estuarina, predominam os depósitos recentes, destacando-se as aluviões flúvio-deltaicas, as dunas litorâneas e os mangues salinizados, atualmente quase em extinção.

Essa bacia é dividida pela BR-101 em dois setores distintos em termos de ocupação. A montante dessa rodovia, sua ocupação é ainda bastante incipiente, podendo-se encontrar ali resquícios de mata exuberante, que é a vegetação nativa da região. Mais da metade da área pertencente ao Recife está localizada nesse setor da bacia. Do outro lado, esta se apresenta com um índice de ocupação já elevado, pois engloba diversos bairros de Olinda e do Recife, tais como Guabiraba, Nova Descoberta, Cajueiro, Peixinhos, Jardim Brasil, Água Fria e parte dos bairros de Casa Amarela, Tamarineira e Encruzilhada.

A rede hidrográfica do setor oeste é formada principalmente pelas partes superiores dos rios Beberibe e Morno e pelo Riacho dos Macacos, que é o mais importante tributário deste último. Por ainda não ter ocupação intensa, os escoamentos superficiais nesse setor da bacia ocorrem de modo natural, sem empecilhos à livre passagem das águas e, principalmente, não transferem deflúvios para as áreas mais baixas.

it is reinforced in some parts, but is still subject to disorderly occupation of its banks, blocking runoff. In its upper part, upstream of Av. Norte, the main problem is that of erosion of hillsides, resulting more from the actions of human beings than from natural factors as such.

On its left bank, in the municipality of Olinda, the Beberibe's main tributary is Canal da Malária, which rises in Fosforita, crosses Jardim Brasil and Varadouro and discharges its waters into the sea in the vicinity of Ilha do Maruim. The final stretch, between Varadouro and Ilha do Maruim, has been straightened and reinforced by Olinda City Hall.

The drainage problems of the Beberibe basin have already been extensively studied in the 1970s, when various actions were undertaken to solve them. Projects were drawn up for three barrage reservoirs upstream of BR-101, one on the Beberibe, one on Rio Morno and another on Riacho dos Macacos; the straightening and improvement of these waterways; the construction of a lake between PE-015 and the point where Vasco da Gama Canal flows into the river; and the straightening and improvement of Canal da Malária. Work began on some of these projects, but has been suspended because of a lack of financial resources.

O setor leste possui um sistema hidrográfico formado pelas partes média e inferior dos rios Beberibe e Morno, além dos canais Vasco da Gama e da Malária e dos Córregos do Euclides e do Abacaxi, com seus respectivos afluentes. Como essa área já se encontra bastante ocupada, são visíveis os pontos de estrangulamento das calhas, provocados, de um modo geral, pela presença de construções em locais inadequados (no leito maior do rio) ou por obras de travessias subdimensionadas (pontes, pontilhões, bueiros, etc.).

Na parte mais urbanizada da bacia, o principal afluente do Beberibe é o Canal Vasco da Gama, que o encontra, pela margem direita, nas proximidades do antigo Matadouro de Peixinhos e recebe, ao longo de seu percurso, a contribuição do Córrego do Euclides. Esse canal, cuja bacia de contribuição mede 13,04 km², tem seu início no morro de mesmo nome, no bairro de Casa Amarela, e possui um traçado bem definido ao longo de todo o seu caminamento. Atualmente, encontra-se revestido em alguns trechos, mas sofre ainda com a ocupação desordenada de suas margens, o que provoca a obstrução de seu escoamento. No seu trecho superior, a montante da Av. Norte, o principal problema é a erosão dos morros, que decorre mais da ação do Homem do que propriamente de fatores naturais.

Na margem esquerda, no município de Olinda, o Beberibe tem como afluente principal o Canal da Malária, que nasce na Fosforita, atravessa Jardim Brasil e o Varadouro e deságua nas proximidades da Ilha do Maruim. O seu trecho final, entre o Varadouro e a Ilha do Maruim, foi retificado e revestido pela Prefeitura de Olinda.

Os problemas de drenagem da Bacia do Beberibe já foram bastante estudados na década de 1970, quando se definiram várias ações para o seu equacionamento. Nesse sentido, foram projetadas três barragens de acumulação a montante da BR-101, sendo uma no Beberibe, uma no Rio Morno e a outra no Riacho dos Macacos; a retificação e o melhoramento das calhas desses rios; a construção de um lago de pulsação entre a PE-015 e a confluência com o Canal Vasco da Gama; e a retificação e o melhoramento da calha do Canal da Malária. Algumas dessas obras chegaram a ser iniciadas, porém foram interrompidas por falta de recursos financeiros.

1.3. BACIA DO TEJIPÍÓ

Essa bacia, com área total de 93,2 km², está inteiramente contida na RMR e drena porções dos municípios do Jaboatão dos Guararapes, de São Lourenço da Mata e do Recife. A parte superior de sua bacia é formada por sedimentos do Grupo Barreiras, onde o relevo chega a ser bastante movimentado, com pontos de altitude próxima aos 150 m. Sua porção inferior, já na Planície Costeira, é constituída de depósitos recentes (aluviões e mangues) e cobrem a

1.3. THE TEJIPÍÓ BASIN

This basin, with a total area of 93.2 km², is entirely contained within the RMR and covers portions of the municipalities of Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, and Recife. The upper part of the basin is formed by sediments of the Barreiras Group and the elevation can vary considerably in this area, with some peaks rising to almost 150 m. The lower portion, already on the coastal plain is made up of recent (alluvial and mangrove) deposits which cover most of its area. This basin contains other watercourses of great importance for draining in Recife which share the same outlet as the Tejipió. These are the rivers Jiquiá and Jordão, and the Setúbal Canal, which is a tributary of the latter.

Together, these watercourses are responsible for the drainage of almost all the urbanized zone situated in the western sector of Recife, which covers neighborhoods such as Tejipió, Areias, Estância, Afogados and Imbiribeira. It also receives surface runoff from the whole southern zone of the city, which includes the neighborhoods of Boa Viagem, Setúbal and Pina, through the River Jordão and the Setúbal Canal, which are its main receptors.

The main river in this basin rises in the municipality of São Lourenço da Mata and, up to the PE-007 highway, marks the boundary between Recife and Jaboatão dos Guararapes. Thereafter, it flows through the municipality of Recife to the Pina Basin, where it joins with the Capibaribe before flowing into the sea. The total extent of this waterway is around 20 km, in the course of which it runs through populous neighborhoods in the western zone of the city, such as those mentioned above.

In relation to drainage, the main problems occur between the BR-232 and BR-101 highways, where the banks are low-lying and inappropriately occupied. From this point on, the river ceases to have clearly defined limits and is rimmed by mangrove. In this stretch, the flat topography of the area, the low altitude and the penetration of the tides through its natural channel are factors that give the river its peculiar characteristics. It is well known that the mangrove area mentioned above is increasingly being occupied by clandestine or dubiously regulated land-filling operations. These should be prohibited or authorized only after hydrological and environmental studies have been undertaken to establish minimum quotas.

It is in this stretch that the Tejipió receives waters from its main tributary, the River Jiquiá. The basin measures 20.38 km² and includes parts of the Várzea, Cidade Universitária, Jardim São Paulo, Estância, Torrões, and San Martin neighborhoods, among others. Part of this sub-basin is sparsely occupied, especially upstream of BR-101, in the Várzea and Curado neighborhoods, and near the point at which it flows into the Tejipió, where its bed is fairly broad

98 maior parte de sua área. A esta bacia, pertencem outros cursos de água de grande importância para a drenagem do Recife e que têm a foz em comum com o Tejiptio. São eles os rios Jiquiá e Jordão, além do Canal do Setúbal, afluente deste último.

Em conjunto, esses cursos de água são responsáveis pela drenagem da quase totalidade da zona urbanizada situada no setor oeste do Recife, que compreende, entre outros, os bairros de Tejiptio, Areias, Estância, Afogados e Imbiribeira. Além do mais, recebe os escoamentos de superfície de toda a zona sul da cidade, que contempla os bairros de Boa Viagem, de Setúbal e do Pina, através do Rio Jordão e do Canal do Setúbal, que são seus principais corpos receptores.

O rio principal dessa bacia nasce no município de São Lourenço da Mata, serve de limite entre o Recife e Jaboatão dos Guararapes até a PE-007 e, a partir daí, segue em terras recifenses até sua foz na Bacia do Pina, onde se junta ao Capibaribe para posterior deságue no mar. A extensão total de seu leito é de cerca de 20 km, ao longo dos quais corta áreas de bairros populosos da zona oeste da cidade, como os citados acima.

Com relação à drenagem, os principais problemas são registrados entre a BR-232 e a BR-101, onde as cotas de suas margens são baixas; e sua ocupação, feita de forma indevida. Desse ponto em diante, seu leito passa a não ter limites bem definidos, sendo margeados por mangues. Nesse trecho, a topografia plana da área, a baixa altitude e a penetração das marés através de sua calha natural são fatores que imputam características peculiares. É fato notório que a área de mangues acima citada vem sendo cada vez mais ocupada por aterros clandestinos ou regularizados de forma duvidosa, o que deverá ser coibido ou autorizado apenas a partir de estudos hidrológicos e ambientais feitos para se definirem as cotas mínimas a serem obedecidas.

É nesse trecho que o Tejiptio recebe seu principal afluente, que é o Rio Jiquiá. Sua bacia mede 20,38 km², compreendendo partes dos bairros da Várzea, da Cidade Universitária, de Jardim São Paulo, da Estância, de Torões, de San Martin, dentre outros. Essa sub-bacia ainda contém parte de sua área pouco ocupada, principalmente a montante da BR-101, nos bairros da Várzea e do Curado, e nas proximidades de seu encontro com o Tejiptio, onde seu leito é bastante espreado, com predominância de vegetação do tipo manguê. São válidas aqui as mesmas considerações feitas para o rio principal a jusante da BR-232.

Aqui, os principais focos de alagamentos ocorrem com mais frequência entre a BR-101 e a Av. Recife, em Jardim São Paulo e nas proximidades da Rua São Miguel, no bairro do Jiquiá. Nesses locais, os escoamentos são prejudicados por estrangulamentos em sua seção provocados por ocupação indevida de suas margens, assim como pela presença de vegetação no seu leito, fertilizado pelos esgotos nele lançados. Vale ressaltar que essa presença de

with a predominance of mangrove-type vegetation. The same remarks made with regard to the main river downstream of BR-232 apply here.

Here, areas of flooding occur more frequently between BR-101 and Av. Recife, in Jardim São Paulo and in the vicinity of Rua São Miguel, in the Jiquiá neighborhood. In these localities, runoff is impeded by constriction caused by improper occupation of banks and by vegetation on the river bed fertilized by sewage discharged into the river. It should be noted that such vegetation is, for the same reason, common in the unreinforced rivers and canals of the city.

The other sub-basin worth noting is that of the River Jordão, whose main tributary is the Setúbal Canal. Together, these two watercourses drain an area equivalent to 21.17 km², covering the neighborhoods of Jordão, Boa Viagem and Pina, and parts of Setúbal and Imbiribeira.

The Jordão rises at the point in the uplands that bears the same time, at a location which, after the removal of earth to build low-income communities, has begun to undergo substantial erosion. From this point, it flows in perpendicular line towards the coast until it crosses the southern line of the Brazilian Federal Railway, where it turns left and continues northwards, crossing Rua Antônio Falcão and flowing into Setúbal Canal. After this point, the river bed ceases to be clearly defined and there is a large area of mangrove, with a number of channels of varying width flowing through it, between Mascarenhas de Moraes and Domingos Ferreira Avenues, up to the area around Pina Bridge, where it flows into the Tejiptio.

Setúbal Canal runs parallel to the coast, receiving waters from a narrow strip of shoreline that stretches from Olho d'Água Lagoon to Rua Antônio Falcão, where the aforementioned mangrove zone commences. At Rua Armindo Moura, there is a watershed, perpendicular to the beach, which divides it into a northern and a southern branch. The first of these runs through land belonging to the municipality of Recife and is already fully reinforced. The other belongs to the municipality of Jaboatão dos Guararapes and is partially reinforced, up to a point slightly further than the Guararapes Shopping Mall.

As noted at the beginning of this chapter, human beings cannot survive without access to sources of fresh water to meet their basic needs. On the other hand, efforts need to be made to ensure that this same element does not destroy lives.

vegetação é comum a todos os leitos de rios e de canais não revestidos da cidade, pelo mesmo motivo.

A outra sub-bacia aqui considerada é a do Rio Jordão, que tem como principal afluente o Canal do Setúbal. Juntos, esses dois cursos de água drenam uma área de 21,17 km², correspondentes aos bairros do Jordão, parte de Setúbal e da Imbiribeira, de Boa Viagem e do Pina.

O Jordão nasce no alto de mesmo nome, em local onde, após um movimento de terra para a construção de vilas populares, iniciou-se um intenso processo de erosão. Daí ele segue perpendicularmente ao litoral até atravessar a linha sul da RFFSA, onde vira à esquerda e continua no sentido norte, até o cruzamento com a Rua Antônio Falcão, local de seu encontro com o Canal do Setúbal. A partir daí, seu leito passa a não ser mais definido, e o que há é um grande manguezal, entrecortado por diversas calhas de larguras variáveis, que se estende entre as avenidas Mascarenhas de Moraes e Domingos Ferreira, até as imediações da ponte do Pina, onde deságua no Tejipió.

O Canal do Setúbal corre paralelamente ao litoral, recebendo contribuições de uma faixa estreita de área litorânea que vai da Lagoa Olho d'Água até a Rua Antônio Falcão, no início da zona de mangues acima referida. Na altura da Rua Armindo Moura, existe um divisor de águas, perpendicular à faixa de praia, que o divide em dois ramos, norte e sul. O primeiro deles corre em terras recifenses e já se encontra totalmente revestido. O outro pertence ao município de Jaboatão dos Guararapes e tem sua calha revestida parcialmente, até um pouco além do Shopping Guararapes.

Como foi dito no início deste artigo, o Homem não pode sobreviver sem acesso às fontes de água para satisfazer suas necessidades básicas; da mesma forma não pode permitir que esse mesmo elemento lhe destrua a vida.



4

O NOVO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM DO RECIFE: desafios à urbanização e à sustentabilidade face aos conflitos com a água na Veneza brasileira

RECIFE'S NEW MASTER PLAN FOR DRAINAGE:
*urban development and sustainability in the context of
water crises in the Venice of Brazil*

RONALD F. A. VASCONCELOS

O presente artigo constitui o quarto texto desta coletânea e se dispõe a apresentar de forma resumida o conjunto de estudos/serviços desenvolvidos no âmbito do novo Plano Diretor de Drenagem do Recife, elaborado pela Prefeitura do Recife, por intermédio da Emlurb – Autarquia Municipal de Manutenção e Limpeza Urbana, no período de dezembro de 2013 a abril de 2017.

Intenta apresentar todos os trabalhos desenvolvidos que resultaram em inúmeros produtos mostrados aqui de forma sucinta, mas que dá uma ideia da dimensão do trabalho realizado. Para além da simples concepção de um Plano Diretor (definição de diretrizes), são produtos consistentes no nível de projetos básicos e executivos e a minuta da lei municipal de drenagem permite ao Poder Executivo iniciar, desde a sua conclusão, um conjunto de intervenções que se fazem necessárias ao bom manejo das águas de chuvas que se precipitam sobre a cidade no período chuvoso.

Importa destacar que o novo Plano de Drenagem foi concebido dentro da visão moderna, ambientalista, de retenção na origem e convivência com a água, em oposição à visão higienista, que predominou até recentemente, de afastamento da água. Buscou também considerar a interface da drenagem com os demais subsistemas do saneamento básico: água, esgoto e lixo, em que o Recife apresenta indicadores preocupantes que precisam ser revistos. Além de considerar o problema habitacional para as camadas mais pobres da população, cujas residências em boa parte estão localizadas às margens dos cursos de água, em sua grande e média calha, quando não, literalmente, dentro da pequena calha. Problemas estes que são exponenciados quando levamos em conta que o Recife é uma cidade erguida dentro de um estuário, cuja sua maior singularidade.

The present chapter presents an outline of the studies/services developed as part of Recife's new Master Plan for Drainage, drawn up by Recife City Hall, through Emlurb – Municipal Authority for Urban Cleaning and Maintenance, between December 2013 and April 2017.

The aim here is to succinctly present all the various products of this process, while providing some idea of the scale of the work accomplished. This goes beyond the mere drafting of a Master Plan (containing guidelines) to lay out a consistent range of products at the level of preliminary plans and execution plans and the details of municipal drainage legislation. Their conclusion has enabled the executive branch of government to begin work on the interventions necessary for adequate management of the storm water that falls on the city in the rainy season.

It is worth noting that the new Drainage Plan was put together as part of a modern, environmentally-sensitive vision involving retention at source and harmonious coexistence with water, as opposed to the hygiene-oriented vision, which has held sway until recently, involving keeping water at a distance. An attempt has also been made to take into consideration the interface between drainage and other basic sanitation sub-systems: water, sewage, and solid waste, in which areas the indicators in Recife are worryingly in need of review. Due consideration also needs to be given to the issue of affordable housing, which is mostly located on the banks of large- and medium-scale watercourses, or, literally, within small-scale watercourses. Such problems are exacerbated by the fact that Recife is a city built on an estuary, which is possibly its prime distinguishing feature.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na elaboração de qualquer plano, entender o contexto no qual se está trabalhando é um procedimento fundamental, pois implica se aproximar ao máximo da realidade. No presente caso, este procedimento implicou em considerar como relevantes os seguintes aspectos:

- Os riscos relativos ao meio físico onde o Recife está inserido: riscos geológicos (erosão, deslizamento, subsidência), riscos de inundações e de saúde pública (contração de doenças pelo contato direto da população com águas poluídas).
- A estrutura rígida de alguns sistemas de infraestrutura que não promove a devida interface entre o sistema natural de águas, os mecanismos artificiais de drenagem, a insuficiência da limpeza urbana, a quase inexistência de esgotamento sanitário e o sistema viário desconsiderando as linhas da drenagem.
- O fato de o sistema de drenagem não ter sido, ao longo dos séculos, considerado como elemento condicionador do planejamento da cidade, ou seja: a drenagem como modular ambiental.
- A interface direta dos assentamentos subnormais com os espaços ocupados pela água.
- A ausência de controle urbano, um serviço público desconsiderado pelas administrações públicas em todo o País.

Com efeito, o Recife é uma cidade singular, sob os mais diferentes aspectos; porém, uma de suas singularidades pouco percebidas pela maioria de sua população é o fato de ser uma cidade implantada dentro de um estuário. E nada mais frágil na natureza do que um estuário. Nesse sentido, os problemas de drenagem que hoje tanto incomodam a população são decorrentes de decisões e práticas inadequadas ao longo de quase cinco séculos de ocupação, pois, para os primeiros portugueses que aqui chegaram, os problemas de drenagem estavam absolutamente resolvidos.

A evolução urbana do Recife é o resultado da ação antrópica sob o ambiente natural, sendo condicionada pelos elementos fisiográficos que caracterizam o seu meio físico e por uma série de outros fatores de ordem econômica e social que lhes conferem uma condição particular de cidade. Quando se trata, pois, de analisar a problemática da drenagem no Recife, essa análise não deve apenas se restringir ao padrão do serviço que norteou sua produção ao longo do tempo, baseado no paradigma higienista.

O perfeito entendimento do contexto, no qual estão inseridos os serviços de drenagem, é condição fundamental para o bom enfrentamento da solução do problema desde a sua fase de diagnóstico. No caso da cidade do Recife, esse aspecto se reveste de significativa importância pelo fato de ser o Recife

1. BACKGROUND

In the drawing up of any plan, an understanding of the context is a fundamental step, since this enables the plan to meet real needs. In the present case, this procedure involves consideration of the following aspects.

- Risks relating to the physical environment in which Recife is located: geological risks (erosion, landslides, and subsidence), risk of flooding and threats to public health (diseases contracted through direct contact with polluted water).
- The inflexibility of some infrastructure systems that does not provide a suitable interface between the system of natural waters, artificial drainage mechanisms, insufficient urban cleaning, the virtual nonexistence of sanitary sewerage, and a road system that does not take account of drainage lines.
- The fact that the drainage system has not, for centuries, been considered as a fundamental factor in the planning of the city: i.e. has not been considered as a modular environmental element.
- The direct interface between substandard settlements and spaces occupied by water.
- The absence of urban planning control, a public service that is neglected by the public authorities throughout the country.

As a result, Recife is, for various reasons, a unique city. However, one aspect of its uniqueness that has been overlooked by the majority of the population is the fact that Recife is a city built in an estuary. There is nothing more fragile in the natural world than the ecosystem of an estuary. The drainage problems that currently bedevil the population are the consequence of inadequate decisions and practices stretching back five centuries. When the first Portuguese settlers arrived on these shores, however, the drainage problems had already been fully resolved.

The evolution of Recife as a city is the result of the action of human beings on the natural environment, as determined by the physical geography of the location and a series of other factors of a social and economic order peculiar to the city. In the case of Recife's drainage problems, however, analysis cannot be restricted to the standard of service guided by the hygiene-based paradigm that has hitherto prevailed.

Perfect understanding of the context in which drainage services are installed is a fundamental precondition for finding a solution to the problem, beginning with diagnosis. In the case of Recife, this carries special importance because Recife is an amphibious city, as the poet Carlos Pena Filho put it¹, "...half robbed from the waters, half figment of the imagination".

It is thus worth noting some of the factors previously referred to as exercising an especially

¹ PENA FILHO, Carlos (1999).

104 uma cidade anfíbia ou, como diria Carlos Pena Filho ¹, “[...] metade roubada às águas / metade à imaginação”.

Por essa razão, torna-se importante ressaltar alguns dos fatores anteriormente referidos pela sua posição de condicionantes significativos aos problemas de drenagem do Recife. Entre os fatores ligados ao seu meio físico, salientaremos a presença da água, a sua topografia e alguns aspectos de sua geomorfologia.

Inicialmente, destacamos as diversas formas de manifestações da água em seu espaço territorial, com a intenção de mostrar que todo o processo de urbanização da cidade, bem como as diretrizes do seu planejamento, não poderia deixar de considerar a conservação da água e de seus espaços drenantes como elemento determinante. Em seguida, buscaremos mostrar resumidamente como se processou a sua ocupação territorial e, ao mesmo tempo, procuraremos ressaltar o estreito inter-relacionamento com a água em todo esse processo, mormente nas restrições impostas ao sistema de drenagem e nas implicações ao quadro de salubridade da cidade.

Encravada numa área de 218,5 km², a cidade do Recife é constituída por uma planície fluviomarina, em forma de um semicírculo, com raio de 10 km, sendo circundada por um cordão de morros de pequena altitude, com cotas variando de 20 até os 80 m, que se deslocam na direção oeste, desde o norte, nas colinas de Olinda, até o sul, com os morros dos Guararapes.

O subsolo da planície é de formação aluvionar, onde se intercalam camadas de areia e argila, que variam do tipo orgânicas até aquelas produto do intemperismo nas rochas das colinas. Nestas últimas, o subsolo é do Grupo Barreiras, sendo composto de argila-arenosa, de consistência dura, que se comporta, ao norte, mais sujeito aos deslizamentos quando saturado pela água, e ao sul, mais friável ou propenso a aberturas de grandes voçorocas. Essa formação geológica, junto ao processo de ocupação, tem feito os recifenses assistirem, no período chuvoso, a grandes acidentes ocasionados por escorregamentos de barreiras. Figura 1: Desenho esquemático da baía entulhada do Recife segundo J. C. Branner, 1904. (ver figura 1 - capítulo 3 - página 85), mostra de forma esquemática como se deu a formação do subsolo da cidade, que tem origem numa baía que, após a regressão marinha, vai sendo entulhada por toneladas de sedimentos trazidos pelos rios.

Toda a área da planície é entrecortada por um grande número de rios e riachos, que, em sua maioria, nascem na região das colinas, exceto o Rio Capibaribe — o mais caudaloso deles —, para cujo estuário é drenada toda a água que se precipita na cidade e que, proveniente dos demais cursos de água, para ali se deslocam antes de desaguar no oceano.

large impact on drainage problems in Recife. Factors related to the physical environment include, primarily: the presence of water, the topography, and some aspects of the city's geomorphology.

First, we should note the various forms that water takes in this city, which demonstrate how the whole process of urban development of the city, along with its planning guidelines, needs to take into consideration the great importance of conservation of water and its drainage. Thereafter, we shall attempt to provide a brief description of how urban development of Recife has taken place over time, highlighting the close inter-relationship with water throughout this process, especially in terms of the restrictions placed upon the drainage system and the implications for sanitary conditions in the city.

Crammed into a restricted area of 218.5 km², the city of Recife sits on a semi-circular fluvio-deltaic plain, with a radius of 10 km, surrounded by a chain of low-altitude hills, ranging from 20 to 80 m in height, and stretching westwards, from the hills of Olinda in the north, to the Guararapes range in the south.

The subsoil of the plain is alluvial, interspersed with layers and sand and clay, the organic type varying and including those produced by the temperate climate of the rocky hills. The subsoil here belongs to the Barreiras Group and is composed of sandy clay, of a hard consistency, which, in the north, is more likely to cause landslides when waterlogged, while, in the south, it is more friable and apt to create large sinkholes. The geological formation, along with the process of urban development, has caused the citizens of Recife, during the rainy season, to experience serious disasters involving the collapse of barges. Figure 1, below, shows how the subsoil of the city was formed, originating in a bay which, subsequent to the retreat of the sea, was filled with tons of sediment deposited by the rivers.

The whole plain is crisscrossed by a large number of rivers and streams, most of which have their source in the hills, with the exception of the River Capibaribe — the largest —, whose estuary receives all the water that falls on the city as rain, in addition to all the water from the other watercourses, before discharging them into the Atlantic Ocean.

While this network of waterways, in itself, gives the city a predominantly aquatic character, leading to it being called the “Venice of Brazil” (because both cities consist of various islands joined by bridges), other manifestations of the presence of water, such as high relative air humidity, high levels of rainfall, a high water table and the encroachment of sea water twice daily as a result of the effect of the tides, leave no doubt as to the omnipresence of water in this city and its ineradicably aquatic character.

In fact, the relation between Recife and water is so profound that it is best summed up by Valdemar de Oliveira's words to the effect that “[i]n Recife, anything that is not water,

¹ PENA FILHO, Carlos (1999).

Se toda essa malha hídrica, por si só, já iria conferir à cidade um caráter fortemente aquoso, daí a denominação de *Veneza Brasileira* (pela semelhança da existência de algumas ilhas ligadas por várias pontes), outras manifestações da presença da água como: elevada umidade relativa do ar, alto índice de precipitação pluviométrica, nível do lençol freático alto e incursão das águas marinhas, duas vezes por dia devido ao efeito das marés, não resta dúvida dessa onipresença da água, que, em todas essas formas de ocorrência, confere à cidade um caráter arraigadamente hídrico.

De fato, é tão profunda essa relação do Recife com a água que só mesmo a lapidar frase do professor Valdemar de Oliveira para definir melhor essa constatação: "No Recife, o que não é água já foi água ou lembra água"²; razão pela qual era de se esperar que todo o seu processo de urbanização tivesse, na conservação e fluidez dessa massa líquida, a sua preocupação principal.

Todas essas formas de manifestação da água, juntamente com características da ocupação dos aglomerados urbanos, do relevo e de sua cobertura vegetal, vão constituir na cidade unidades ambientais distintas, em que os aspectos de sua topografia e a presença de mais ou menos água se apresentam como elementos determinantes.

No Recife, não é difícil constatar essa presença marcante da água. São vários os rios, os riachos, os córregos, as lagoas e os canais. Onipresença que só não é mais percebida em razão dos incalculáveis aterros que se verificaram ao longo do processo de ocupação. Figura 2: Mapa da Cidade Maurícia de 1639. (ver figura 3 - capítulo 3 - página 87) reproduz um mapa elaborado pelo cartógrafo de Maurício de Nassau. Nela é possível perceber a marcante presença da água desde os primórdios da ocupação.

Quando observamos hoje a ocupação do Recife, em termos de extensão, é possível constatar que quase toda a sua área territorial se apresenta ocupada, exceto aquela relativa aos bairros da Guabiraba e de Pau-Ferro, que correspondem à sua área de expansão. Atualmente, é possível se falar em quase 133 km² de área ocupada, quando se desconta, de sua área total, aquelas dos espelhos de água e dessa área de expansão.

Historicamente o processo de ocupação foi se dando da porção oriental em direção ao interior. Nos primórdios, a primeira região ocupada foi aquela correspondente à península ligada ao istmo de Olinda, hoje Bairro do Recife, onde se instalaram uma vila de pescadores e os armazéns do porto.

Durante o domínio holandês, a ocupação se expande para a Ilha de Antônio Vaz — atual bairros de Santo Antônio e São José —, sendo interligada por duas pontes ao porto e à região da Boa Vista. A finalidade dessas pontes era permitir a interligação da área central com as terras secas do continente

once was water or reminds us of water"²; for which reason it would have been hoped that the process of urban development would have taken pains, above all, to conserve the fluidity of this mass of water.

All these manifestations of water, together with the main features of urban development, the relief map and vegetation cover, divide the city up into environmentally distinct units defined by their topography and by the degree to which water is present.

In Recife, with its multitude of rivers, streams, brooks and canals, it is hard not to notice the overwhelming presence of water. This would be even more apparent were it not for the countless land reclamation operations that have been undertaken in the course of the development of the city. Figure 2 reproduces a map drawn by Maurice of Nassau's cartographer. It shows the massive extent to which water was present even in the early days of the city.

The extent of urban development of Recife today shows that almost the entire territory has been occupied as the city expanded, with the exception of parts of the neighborhoods of Guabiraba and Pau-Ferro. At present, around 133 km² of the city, not counting bodies of water, are occupied.

Historically, the process of occupation of land moved westwards from the sea inland. The first part to be occupied was the peninsula that joins the city to the isthmus of Olinda, now known as the Recife City Center, where a fishing village and storage areas were installed.

During the Dutch period, occupation of the area expanded to Antônio Vaz Island — currently the neighborhoods of Santo Antônio and São José —, linked by two bridges to the port and the Boa Vista district. These 4-8 meter bridges functioned to connect the center to the arid territory of the hinterland, where sugar mills were located. The other link was to the harbor, making Recife primarily a port city.

It was in this period that a practice began that would later become indiscriminate: the reclamation of land from the sea for urban development, by way of land-filling and the incorporation of mangrove areas into the urban fabric. This would come to have a detrimental effect on the natural drainage of the site. This land reclamation would not immediately disrupt the natural balance only because the Dutch possessed great expertise with regard to the principles of hydraulics, ensuring that land reclamation was offset by the construction of runoff facilities to enable harmonious coexistence of human beings and water. In fact, the city center district is the one part of the city that, to this day, has the best drainage and sanitary sewerage systems.

² Conforme Valdemar de Oliveira em *a Geologia da planície do Recife*, 1942.

² According to Valdemar de Oliveira in *Geologia da planície do Recife* [Geology of the Recife Plain], 1942

(com cotas variando de 4 a 8 m), onde estavam localizados os engenhos de açúcar. A outra ligação era com o porto, definindo, assim, a sua primeira vocação, a de cidade portuária.

É nesse período que se iniciam práticas que mais tarde se tornariam indiscriminadas: a da construção dos aterros, dando início à formação de um sítio urbano conquistado às águas, e a da incorporação dos mangues, o que passará a comprometer a drenagem natural do sítio urbano. Se esses aterros não vão resultar imediatamente em desequilíbrios é porque os flamengos eram profundos conhecedores dos princípios da hidráulica, que garantia a ocupação de espaços hídricos compensada por obras de escoamento, numa convivência pacífica com as águas. De fato, a região do centro histórico da cidade é aquela que apresenta, até hoje, as melhores condições de drenagem e de funcionamento do sistema de esgotamento sanitário.

Há que se ressaltar que os aterros para a ocupação dos bairros não cessaram desde a expulsão dos holandeses em 1654, e os efeitos dessa prática somente agora começam a se fazer sentir, num processo de subsidência que implica, segundo Gusmão (1993), em sérias consequências na qualidade de vida da cidade, péssimas condições ambientais nas áreas atingidas e expressivas perdas econômicas na infraestrutura urbana de drenagem, pavimentação e esgotos.

No século XVIII, o crescimento populacional da cidade foi pequeno, e nem mesmo os aterros mais significativos foram suficientes para romper o tênue equilíbrio terra-água.

Já a partir da primeira metade do século XIX, o Recife apresenta um grande surto de crescimento. Esse crescimento decorre da ampliação de sua função regional e de centro de comercialização de produtos agropecuários.

É no século XIX que são consolidadas as principais vias de penetração, construídas quase sempre nos divisores de água³ das bacias de drenagem. Ao longo dessas vias, a ocupação vai se consolidando e se concentrando nas povoações de maior porte. Como consequência desse crescimento, as áreas aterradas aumentam extraordinariamente. Um grande número de ruas são aterradas por particulares e pelo poder público.

Como consequência, na transição para o século XX, a cidade apresentava uma situação de insalubridade preocupante, que era resultado de um quadro inóspito de epidemias que se abatiam sobre a cidade, decorrentes da falta de um serviço de saneamento adequado — drenagem, abastecimento de água e esgotamento sanitário; da conformação do tecido urbano — composto de vielas, becos e ruas muito estreitas, características das cidades do período colonial; e da tipologia das edificações.

³ O urbanista Antônio Baltar faz uma analogia interessante da ocupação do Recife, com a figura de uma mão estendida, onde a palma da mão corresponde à terra firme da planície e cada dedo aos divisores de água onde se implantaram eixos de penetração que serviu para estruturar o processo de ocupação da cidade. Ver Baltar, *Diretrizes de um plano regional para o Recife*, p. 47 (1951).

It should be noted that land reclamation did not come to an end with the expulsion of the Dutch in 1654 and the effects of the practice began to keenly felt only after this. The resulting subsidence, according to Gusmão (1993), brought serious consequences for the quality of life in the city, with terrible environmental conditions in the affected areas and significant economic losses related to urban drainage, paving and sewerage infrastructure.

In the 18th century, population growth in the city was slow and even the most significant land-fills were sufficient to upset the delicate equilibrium between land and water.

From the first half of the 19th century onwards, Recife saw a sudden burst of demographic growth. This was brought about by its heightened importance as a regional hub and center for the buying and selling of agricultural goods.

It was in the 19th century that the main roads were built, almost always on the watersheds³ between drainage basins. Urban development proceeded along these main roads, concentrated around larger settlements. As a consequence of this growth, the quantity of reclaimed land grew inordinately. A large number of streets were land-filled by private citizens or by the public authorities.

As a consequence, by the start of the 20th century, sanitary conditions in the city were a cause for great concern, with the city afflicted by a series of epidemics caused by the lack of adequate sanitation facilities — drainage, water supply, and sanitary sewerage; by the configuration of the urban fabric — composed of the lanes and back alleys and very narrow streets typical of cities in the colonial period; and by the building typology.

On the other hand, such insalubrious conditions were also the result of the acceleration in population growth following the abolition of slavery and the consequent construction of stilt-dwellings — known as *mocambos* — over the city's mangroves. These dwellings, built of off-cuts of timber, tinsplate, and the like, were home to an entire population of poor people who could not afford better quality accommodation (ANDRADE, 1987).

Around this time, the urban sprawl of the city was already expanding beyond the area now known as the *expanded center*, out as far as today's neighborhoods of Espinheiro, Encruzilhada, Afritos, Capunga, Torre, Madalena, and Afogados.

³ The urban studies scholar Antônio Baltar describes the occupation of Recife as resembling an open hand with upturned palm in shape, with the palm corresponding to the dry flatlands and the fingers the watersheds on which main roads were constructed to serve the urban development of the city. See *Diretrizes de um plano regional para o Recife*, p. 47 (1951).

De outro lado, esse quadro de insalubridade era resultado do crescimento populacional que se intensificou após a abolição da escravidão e o consequente aumento da construção de palafitas — os chamados *mocambos* —, suspensas sobre os manguezais da cidade. Nessas habitações, construídas de restos de madeira, ramagens de folhas de flandres, etc., localizava-se toda uma população pobre e sem condições de obter uma habitação de melhor qualidade (ANDRADE, 1987).

Por essa data, a mancha da ocupação já se expandia para além da área que hoje é denominada de *centro expandido*, atingindo os bairros do Espinheiro, da Encruzilhada, dos Aflitos, da Capunga, da Torre, da Madalena e de Afogados.

Contudo, logo nas primeiras décadas do século XX, esse quadro de insalubridade se modifica, pois a cidade seria objeto de três planos articulados que viriam mudar a sua configuração urbana: a ampliação do Porto, a reforma do Bairro do Recife e a implantação dos serviços de saneamento.

Após esse processo de reforma urbana, a cidade, segundo Andrade (1990), tinha todas as condições para um crescimento equilibrado nesse século, não se podendo prever que iria ocorrer um crescimento descontrolado a partir de 1940, quando a cidade, na expressão de Gilberto Freyre, começa a *inchar*. É a partir do pós-guerra que se observam grandes transformações no processo de produção e reprodução econômica no País, e a cidade começa a assumir o seu papel atual de metrópole regional. No Recife, a industrialização e suas consequências poluidoras, a deficiência da infraestrutura urbana, a especulação imobiliária e a questão da pobreza com seus bolsões de miséria, resultado do elevado êxodo rural, vão contribuir para deteriorar, cada vez mais drasticamente, os espaços urbanos e hídricos.

É nas décadas de 1960 a 1980 que os fenômenos das migrações e da especulação imobiliária se exacerbam, ocasião em que as terras secas da área continental da planície, resultado do parcelamento de antigos engenhos, serão fortemente disputadas pelas camadas de maior poder aquisitivo. Para as camadas de baixa renda, sobram as terras das áreas alagadas e alagáveis, tomadas aos mangues e aos rios e, na maioria das vezes, aterradas com aterros de cotas insuficientes.

Uma parte dessa população pobre habitava os *mocambos*, habitação sobre palafitas localizada às margens dos cursos de água. A outra parte foi afugentada para a periferia, dando origem às chamadas *favelas* e à ocupação efetiva dos morros da zona norte.

A ocupação desordenada dos morros viria a ter consequências ecológicas e sociais muito fortes, pois a destruição da vegetação para a construção das habitações, muitas vezes edificadas nas encostas com inclinação de mais de 30 graus, passaram a escorregar quando a camada superficial ficava impregnada de água (ANDRADE, 1990).

However, in the early decades of the 20th century, these insalubrious conditions began to change, as the city underwent three consecutive urban plans, which would change its configuration forever. These involved the expansion of the port, the regeneration of Recife City Center and the introduction of sanitary services.

After this process of urban reform, the city possessed, as Andrade (1990) puts it, all the conditions necessary for steady development into the next century and there was as yet no forewarning of the unbridled growth that was to occur after 1940, when the city, to use the expression coined by Gilberto Freyre, started to *become swollen*. The period after the Second World War saw huge changes in the processes of economic production and reproduction in Brazil and Recife started to assume its current role of regional metropolis. In Recife, industrialization and the pollution caused by it, the lack of infrastructure, real-estate speculation, and the emergence of pockets of abject poverty resulted in rural depopulation and a drastic deterioration in the quality of urban spaces and urban water resources.

In the 1960s, 70s, and 80s, migration and real-estate speculation occurred on a massive scale, at a time when the dry plains of the hinterland, as a result of the dismemberment of old sugar plantations, were becoming the subject of hot dispute among wealthier members of the population. The less privileged were left with wetlands and areas prone to flooding, occupying the mangroves and the rivers by way of inappropriately executed land-fill operations.

A portion of this low-income population inhabited the *mocambos*, living in stilt houses built on the banks of watercourses. Another portion was driven out to the periphery, giving rise to today's *favelas* (shanty towns) and the occupation of the hillsides to the north of the city.

The disorderly occupation of the hillsides would have devastating social and ecological consequences, because the deforestation carried out to build homes — often on slopes with an inclination of over 30 degrees — frequently gave rise to landslides when the surface layer became impregnated with water (ANDRADE, 1990).

It was also in the first half of the 20th century that the type of urban development now known to be most detrimental to the city got under way. This period saw a veritable "sealing off" of the city so far as water is concerned⁴. The city's waters became murky, foul-smelling, insalubrious mires, with high levels of pollution by industrial effluent and untreated domestic sewage.

The exponential pace of urban development broke once and for all with the fragile equilibrium that had pertained between human beings, the

⁴ This process of the city sealing off its waters has been characterized by the occupation of the banks of bodies of water, making it impossible for them to drain off naturally.

É ainda na primeira metade do século XX que tem início um estilo de urbanização apontado como dos mais inadequados à cidade. Nessa época, começa a se verificar um verdadeiro "fechamento" da cidade para a água⁴, que passará a se apresentar infecta, escura e mau cheirosa ou, em outras palavras, registrando um elevado grau de poluição, provocado por despejos industriais e por esgotos domésticos não tratados lançados nos corpos de água.

O extraordinário crescimento do processo de ocupação rompe de uma vez por todas o frágil equilíbrio homem-solo-água, passando a haver um contraste entre as condições de bem-estar social e de qualidade de vida, com a deterioração social, ecológica e sanitária da cidade, pela falta de um planejamento que modelasse essa ocupação em função dos rios e espaços que armazenavam a água. A Figura 3, a seguir, mostra o Rio Jordão, hoje canalizado, modelando a ocupação da zona sul.

Não por coincidência, os assentamentos populares da cidade se encontram espalhados por toda a sua área territorial, conferindo ao processo de ocupação da cidade uma especificidade própria, que se caracteriza pela ocupação das áreas alagáveis espalhadas por todo o tecido urbano, a ponto de não existir no Recife um só bairro que não registre a presença desses assentamentos.

Os efeitos e impactos desse caótico processo de urbanização se apresentam evidentes, pois as respostas da natureza são inexoráveis⁵. A cidade se apresenta, na atualidade, diante de uma série de riscos, basicamente, de duas categorias: os riscos geológicos (resultantes da interação entre agentes naturais e o Homem) e aqueles que vão influenciar no nível de salubridade e degradação do ambiente urbano.

Os riscos geológicos se consubstanciam nos processos de deslizamento, subsidência, inundação, erosão e sedimentação a que a cidade está submetida. A menor chuva é motivo de pânico para toda a população. Nos morros, com uma área habitada de cerca de 145 km², abrigando mais de 400 mil habitantes, numa densidade de 400 hab./ha, o maior risco presente é o de deslizamento no período chuvoso; potencializados que são pelo desmatamento, pelos cortes indiscriminados, pela erosão continuada das águas servidas e pela erosão das águas das chuvas decorrente da insuficiência dos elementos de microdrenagem.

Esse processo de erosão vai, por sua vez, ocasionar outro problema de grande magnitude, o assoreamento dos cursos de água pela deposição dos sedimentos que são carregados pelas chuvas na região das colinas.

Na planície, as inundações — decorrentes da ocupação dos cursos de água pela população, pela deposição dos resíduos sólidos, pela sedimentação

water and the soil, giving way to a city of huge discrepancies in terms of social well-being and quality of life, with a drastic deterioration in social, ecological, and sanitary conditions, caused by lack of planning leading to development being guided by the rivers and spaces where water was stored. Figure 3, below, shows the Jordão River, now canalized, shaping the pattern of urban development in the southern zone of the city.

It is no coincidence that low-income settlements in the city are scattered throughout its urban fabric, giving the urban development of Recife its unique character of occupation of all areas prone to flooding throughout the city, to the point where there is not one neighborhood in Recife that does not have at least one such settlement.

The effects and impact of this chaotic process of urban development are clear, because nature's reaction to it is inevitable⁵. The city currently faces two types of risk: those of a geological nature (resulting from the interaction of human beings and nature) and those that affect the level of salubrity and degradation of the urban environment.

Geological dangers include those related to landslides, subsidence, inundation, erosion and sedimentation, which the city undergoes. The slightest rainfall sparks panic throughout the city. On the hillsides, whose inhabited areas amount to around 145 km², with over 400,000 inhabitants, and a population density of 400 inhab./ha, the greatest threat is that of landslides during the rainy season, exacerbated by indiscriminate deforestation, and continuous erosion by storm water as a result of the lack of micro-drainage infrastructure.

This process of erosion, in turn, causes the further problem of the silting up of watercourses by the deposition of sediment carried downstream by the rains falling on the hills.

On the flatlands, flooding — caused by the occupation of watercourses by the population, the dumping of solid waste, sedimentation resulting from the deforestation of hills and the presence of human sewage — has led to an exponential increase in the growth of swamp vegetation.

The risk of subsidence has only recently been felt in the city. This is the result of land filling of extensive areas resting on thick layers of compressible soil, which exert repression through the effect of compaction. At present, this subsidence can be seen both in the more central neighborhoods of the city, such as Boa Vista, Parque Amorim, and Parnamirim, and in those situated further towards the periphery, such as

⁴ Esse processo de fechamento da cidade para a água se caracteriza pela ocupação das margens dos espelhos de água, impossibilitando-lhes a penetração.

⁵ Com efeito, em 1975 aconteceu a maior enchente registrada no Recife nesse século, quando quase toda a região da planície ficou encoberta pela água, que chegou a unir as bacias de drenagem dos principais rios da cidade, como se a água quisesse ver devolvidos os espaços que lhe foram subtraídos.

⁵ This gave rise, in 1975, to the most severe flooding recorded in Recife in the whole of the 20th century, with almost the entirety of city's flatlands inundated, causing the main drainage basins of the city's rivers to converge, as if the water was trying to take back the land that had been stolen from it.



FIGURA 3
Vista panorâmica do Canal do Jordão.

FIGURE 3
Panoramic View of Jordão Canal.

resultante dos cortes nos morros e pela presença dos esgotos fecais — vão exponenciar o crescimento da vegetação palustre.

O risco da subsidência só mais recentemente vem sendo sentido na cidade. Esse risco é resultado do aterramento de extensas áreas sobre espessas camadas de solo compressível, que recalcam pelo efeito do adensamento. Atualmente, essa situação de subsidência se apresenta tanto em bairros mais centrais da cidade, como Boa Vista, Parque Amorim, Parnamirim, quanto em bairros mais periféricos, como Mangueira, Mustardinha, Zumbi, Afogados, que apresentam cotas abaixo da máxima maré.

Outro problema de grande consequência diz respeito ao processo de poluição e de degradação instalados na cidade e, em decorrência, o risco da população de contrair moléstias que vão afetar sua saúde. Esse processo de poluição do solo e dos cursos de água acontece em razão do lançamento *in natura* de esgotos fecais, devido à falta de um sistema adequado de coleta e tratamento, também em razão da insalubridade das áreas baixas da cidade.

De fato, dos cursos de água, pode-se dizer sem medo de errar que todos se apresentam poluídos. Canais como o Derby-Tacaruna, Setúbal e Vasco da Gama-Peixinhos funcionam como verdadeiras cloacas de esgoto, a exalarem o mau cheiro característico de sua depuração. Rios como o Beberibe apresentam trechos completamente mortos, ou seja, desprovidos das formas mais rudimentares de vida aquática.

Mangueira, Mustardinha, Zumbi, and Afogados, parts of which lie below the level of high tide.

Another problem with huge consequences concerns the levels of pollution and degradation in the city and the impact in terms of harm to citizens' health. This is caused by pollution of the soil and watercourses by open-air disposal of raw human sewage and the lack of an adequate system for collection and treatment, and also by the insalubrious nature of low-lying parts of the city.

In fact, it would be no exaggeration to say that all watercourses in the city are polluted. Waterways such as the Derby-Tacaruna, Setúbal and Vasco da Gama-Peixinhos canals are in fact no more than open sewers and smell accordingly. Stretches of some rivers, such as the River Beberibe, are completely lifeless, devoid of even the most rudimentary forms of aquatic life.

The losses resulting from the pollution of watercourses are immeasurable. Apart from the loss of water quality, the city's rivers can no longer provide sustenance for families who used to rely on them to earn a living. Recife has also thus lost the opportunity to exploit its waterways for a variety of aquatic sports, which would attract tourists to the city. But the most serious consequence by far concerns the large number of transmissible diseases that find a highly fertile breeding ground in these rich water resources. The statistics for the prevalence of diarrhea, skin and eye infections, and parasitic infestations

Os danos resultantes desse processo de poluição dos cursos de água são inomináveis. Além da perda da qualidade da água, os rios da cidade deixavam, assim, de ofertar o alimento que servia de sustento para um universo razoável de famílias. O Recife perde ainda a possibilidade de explorar uma série de esportes náuticos que dinamizariam o turismo na cidade. Mas o que é mais grave é o grande número de doenças transmissíveis, que encontram nesse ambiente fortemente hídrico todas as condições propícias para proliferar. As estatísticas de doenças de origem diarreicas, infecções dérmicas, oftálmicas e infestações por parasitos são elevadas, causadas por vírus, protozoários e bactérias, a exemplo das hepatites, amebíase, esquistossomose, febre tifoide e filariose, em que o Recife bate todos os recordes.

Quanto aos serviços de infraestrutura, que são instrumentos insubstituíveis que inserem a cidade no seu meio físico para a produção de um ambiente saudável, o que se busca destacar é a inadequação do processo de produção desses serviços, notadamente o de drenagem, cujo padrão dominante seguiu o modelo higienista.

A primeira questão, não menos grave, diz respeito à falta de integração entre os serviços de infraestrutura, com excessiva priorização para a pavimentação de vias, cujo sistema de microdrenagem (as galerias) passa a ser utilizado para destinação inadequada dos efluentes dos esgotos.

A segunda questão está presente na inadequação da tecnologia adotada, concentradora dos investimentos. O padrão higienista dos serviços ofertados fundamentado em medidas estruturais consome grandes investimentos, pois é intensivo na realização de obras e instalação de equipamentos, em detrimento da visão moderna, de inspiração ambientalista, que propõe a convivência harmônica da ocupação territorial com os rios da cidade, baseado em medidas não estruturais, que demandam baixos investimentos.

A essas questões, pode-se somar outra: o problema da gestão dos serviços, que, ao longo dos anos, foi pouco priorizada e que apresenta deficiências quanto ao arranjo institucional e no pequeno contingente da “massa crítica” encarregada da provisão dos serviços. Ainda neste campo da gestão, cabe destacar a ausência do serviço de controle urbano, que tem sido um dos mais esquecidos pela administração pública. Essa ausência termina por consolidar na cidade uma série de práticas inadequadas, podendo-se citar como exemplo o lançamento de lixo nas estruturas de drenagem e a permissão de construções em locais inapropriados pelas diferentes camadas da população.

Só é possível se antever mudanças radicais na provisão dos serviços de drenagem se ocorrer uma total reversão na agenda do planejamento desses serviços, como preconiza o atual Plano Diretor de Drenagem, procurando adequá-la aos princípios norteadores do Plano Diretor de Drenagem do Recife (PDDR), que serão anunciados mais adiante e que consideram os elementos de drenagem como moduladores ambientais da ocupação urbana.

caused by viruses, protozoa and bacteria, such as hepatitis, amoebic dysentery, schistosomiasis, typhoid and filariasis, of which Recife has record levels.

As for the infrastructure that is indispensable for creating a healthy environment in the city, it can only be said that it is highly inadequate, especially in the case of drainage, which predominantly follows the hygiene-based model.

The first very serious question concerns the lack of integration of infrastructure facilities, with excessive priority given to the paving of roads, whose micro-drainage system (of drains) is used inappropriately for effluent and sewage.

The second issue concerns the inadequate technology adopted, which ties up large quantities of financial resources. The hygiene-oriented model of services based on structural measures is extremely expensive, since it depends heavily on public works and the installation of equipment, rather than on a more progressive environmentally-sensitive view, which promotes harmonious coexistence of urban development and the natural rivers of the city, based on low-cost non-structural measures.

To these questions, we can add another: that of the management of services, which, over the years, has received little attention and is deficient in terms of both its institutional structure and the small “critical mass” responsible for the provision of services. Still in the field of management, we should point to the absence of urban planning control, this being one of the most overlooked aspects of public administration. This shortcoming ends up consolidating in the city a series of inadequate practices, such as the use of drainage facilities for solid waste disposal and the granting of permission to developers in locations unsuitable for building to serve the housing needs of various strata of society.

It is only possible to bring about radical changes in the provision of drainage services if the way these services are organized is totally overhauled, as envisaged in the current Master Plan for Drainage, which seeks to adapt the system to the principles guiding the Master Plan for Drainage of Recife (PDDR), which will be introduced later and which takes into consideration drainage elements as environmental modulators of urban development.

2. PRINCÍPIOS NORTEADORES E OBJETIVOS DO PDDR

O Edital de Licitação e os seus Termos de Referência, intitulado *Elaboração dos estudos de concepção para gestão e manejo de águas pluviais e drenagem urbana do Recife*, mais tarde denominado resumidamente de *Plano Diretor de Drenagem do Recife* (PDDR), já definia os princípios a serem adotados na realização dos estudos, que representavam uma mudança radical no *approach*, até então considerado calcado na concepção higienista.

Nesse sentido, para solucionar os pontos problemáticos da drenagem do Recife, bem como multiplicar e enriquecer o manejo sustentável de seus sistemas de macro e microdrenagem, o PDDR foi norteado a partir dos seguintes princípios:

- Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento.
- Soluções ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis.
- Escoamento superficial controlado junto à origem.
- Redução dos impactos provocados por novos empreendimentos.
- Prioridade para: o controle urbano, a contenção da impermeabilização, a restrição à ocupação de várzeas e áreas frágeis e a criação de áreas de amortecimento (parques, reservatórios...) em vez de obras de canalização.
- Institucionalização dos princípios, incorporando-os na legislação municipal.
- Ações preferenciais no campo da gestão: ênfase no planejamento, na regulação, no controle urbano, na operação e na manutenção.

Dentro dessa visão, foram estabelecidos o objetivo geral e os específicos do PDDR, que foram considerados em toda a realização dos trabalhos, a saber:

OBJETIVO GERAL:

- Indicar soluções adequadas de natureza estrutural e não estrutural e servir de base para a elaboração de programas e projetos específicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir conjunto de medidas de controle estruturais e não estruturais integradas à lei de uso do solo e ao sistema de saneamento.
- Propor um plano global contendo diretrizes e metas a serem atingidas.
- Propor soluções de melhoria com estimativa de investimento.
- Propor medidas estruturais quando não existir outra alternativa, pois são aquelas que consomem a maior parte dos investimentos, como: obras e equipamentos. E que, na maioria dos casos, são inevitáveis, exemplos:
 - Intervenções no sistema de microdrenagem.
 - Intervenções na rede de macrodrenagem.
 - Implantação de bacias de detenção.
 - Adoção de sistemas de drenagem forçada: estações de bombeamento.

2. THE MAIN GUIDING PRINCIPLES AND OBJECTIVES OF THE PDDR

The Invitation to Tender and its Terms of Reference, titled: *Preliminary Studies for Management of Storm Water and Urban Drainage in Recife*, later called more succinctly the *Master Plan for Drainage of Recife* (PDDR), has already laid out the principles to be adopted by studies which represent a radical change of approach from the one based on hygiene-oriented principles hitherto adopted.

To solve Recife's drainage problems and expand and improve the sustainable management of its macro- and micro-drainage systems, the PDDR is guided by the following principles:

- The drainage basin as the unit of planning.
- Environmentally-sustainable and economically-viable solutions.
- Surface runoff controlled at source.
- Reduction of impact caused by new undertakings.
- Priority given to urban planning control, reducing soil sealing, restricting occupation of water meadows and vulnerable areas and the creation of buffer zones (parks, reservoirs and the like) instead of canals.
- Institutionalization of basic principles, incorporating them into municipal law.
- Management giving priority to planning, regulation, urban planning control, operation and maintenance.

Within the scope of this vision, general and specific objectives of the PDDR were established, to be taken into consideration in all work carried out as part of the plan.

GENERAL OBJECTIVE:

- To provide adequate solutions of a structural and non-structural nature and to serve as a basis for the development of specific programs and projects.

SPECIFIC OBJECTIVES:

- To establish a set of structural and non-structural control measures as part of the legislation on land use and the sanitation system.
- To propose an over-arching plan containing guidelines to be followed and targets to be achieved.
- To propose solutions for encouraging investment.
- To propose structural measures only when there is no other alternative, since such measures involving public works and equipment use up a large portion of investment. Those that are mostly unavoidable include:
 - Interventions in the micro-drainage system.
 - Interventions in the macro-drainage network.
 - Installation of detention basins.
 - Adoption of forced drainage systems: pumping stations.
 - Retaining walls on hillsides.
 - Provision of housing units.

- Contenção de encostas.
- Remanejamento de habitações.
- Propor medidas não estruturais: que são aquelas que quase não envolvem custos, como: medidas administrativas, de gestão, planejamento, articulação, exemplos:
 - Sistema de monitoramento e informações pluviométricas (Radar) (Articulação com a Apac).
 - Previsão e alerta em tempo real (Criação de Centro Controle Operacional).
 - Plano de ação para situações de emergência (Articulação com a Defesa Civil e CTTU).
 - Controle da vazão máxima dos reservatórios (Articulação com a Apac).
 - Monitoramento e controle da qualidade da água (Articulação com a CPRH).
 - Zoneamento de áreas ribeirinhas de inundação com restrições à ocupação.
 - Incentivo à manutenção de áreas permeáveis.
 - Implantação de parques lineares e bacias de contenção.
 - Recomposição das margens e da vegetação ciliar.
 - Atualização dos cadastros dos sistemas de macro e microdrenagem.
 - Programa de reúso de água.
 - Definição de papéis específicos na Administração Municipal.
 - Cobrança pela impermeabilização.
 - Educação e capacitação técnica.
 - Campanhas publicitárias.

Com base nos princípios e objetivos enunciados, o PDDR foi elaborado a partir de uma nova perspectiva para o condicionamento dos sistemas de drenagem. A seguir, ratificamos as principais diferenças entre a visão antiga, higienista, e a visão moderna, de base ambientalista, sobre a qual foi desenvolvido o novo Plano Diretor de Drenagem do Recife.

O conceito higienista se propunha a afastar a água do ambiente construído da cidade, canalizando-a e até mesmo escondendo-a para que fosse drenada tão rápido quanto possível, levando consigo o esgoto recebido e outros detritos lançados em rios e canais.

O conceito moderno, ambientalista, propõe a convivência harmônica entre os rios e as cidades, respeitando, dentre outros, o espaço necessário para o bom funcionamento da drenagem (principalmente as calhas de alagamento, como se mostra na Figura 4). Nesse conceito, é comum haver a conservação de ambientes ribeirinhos, valorizando-se seus aspectos paisagísticos e integrando-os a espaços lineares de estar, lazer e serviços variados.

- To propose non-structural measures, which are those that involve almost no cost, such as administration, management, planning, and liaising with other institutions. Such measures include:
 - A rainfall monitoring and information system (radar) (integrated with Apac).
 - Real-time forecasts and warnings (creation of an Operational Control Center).
 - Plan of action for emergency situations (in collaboration with the Civil Defense Force and CTTU).
 - Control of maximum outflow of reservoirs (in collaboration with Apac).
 - Monitoring and control of water quality (in collaboration with CPRH).
 - Zoning of riverside areas prone to flooding with restrictions on land use.
 - Promoting the upkeep of permeable areas.
 - Installation of linear parks and containment basins.
 - Regeneration of river banks and riverside vegetation.
 - Updating of macro- and micro-drainage system registers.
 - Water re-use program.
 - Establishment of specific roles in Municipal Administration.
 - Compensation for soil sealing.
 - Education and technical training.
 - Publicity campaigns.

Based on the principles and objectives outlined above, the PDDR adopts a new perspective on the development of drainage systems. We will now list the main differences between the old hygiene-oriented view and the modern environment-sensitive one, on which the new Drainage Plan for Recife has been based.

The concept of 'hygiene' involved removing water from the built environment of the city, channeling it and even hiding it away so that it could be drained off as soon as possible, taking with it the sewage and other waste deposited in rivers and canals.

The modern, environmentalist model aims to provide harmonious coexistence of rivers and cities, with due respect for, among other factors, the space needed for adequate drainage (principally flood channels, as shown in the figure below). According to this model, it is common to ensure conservation of riverside environments, respecting their landscapes and integrating them into linear spaces for recreation and various other activities.

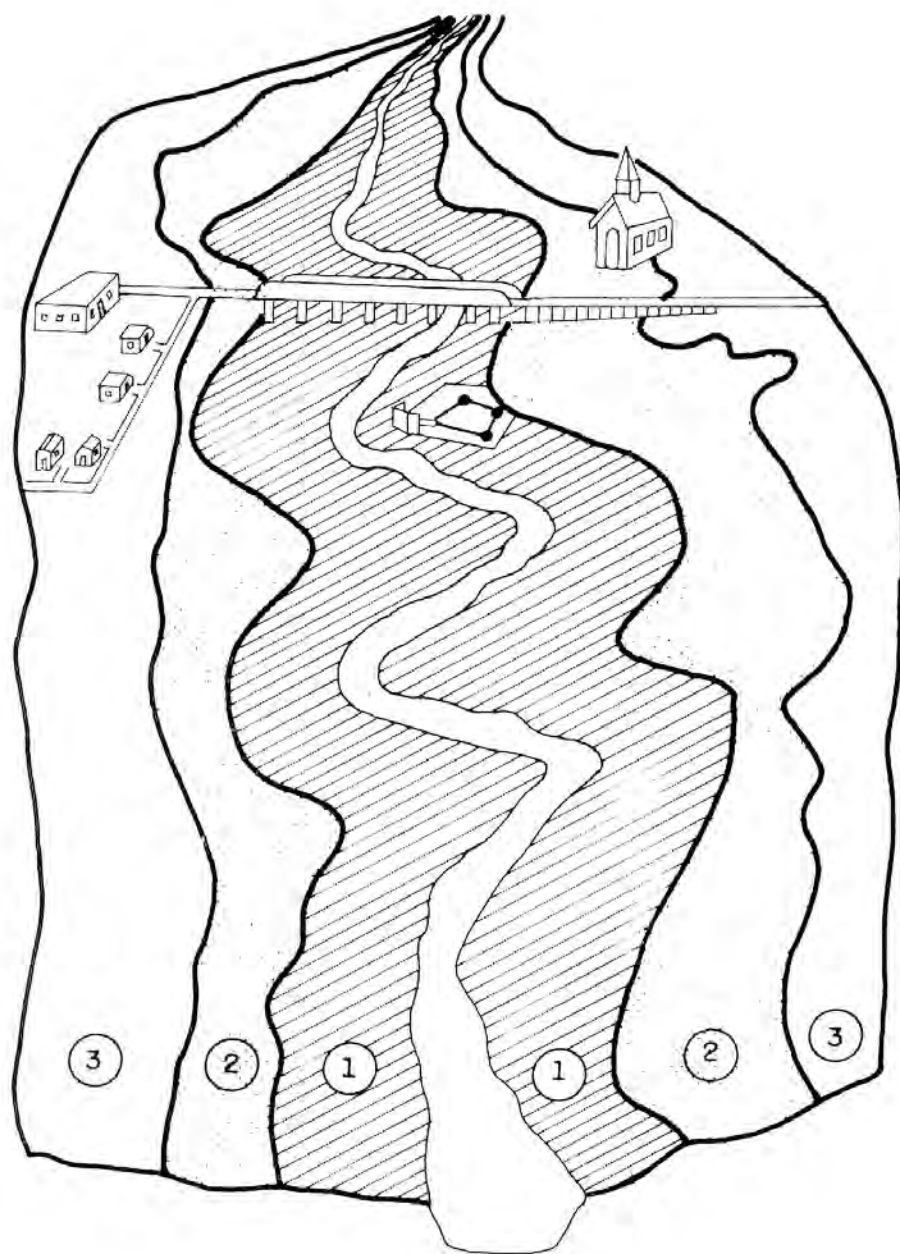


FIGURA 4
Calhas de alagamento.

FIGURE 4
Flood channels.

3. A SITUAÇÃO ATUAL DO SISTEMA DE DRENAGEM DO RECIFE

3. THE CURRENT SITUATION OF RECIFE'S DRAINAGE SYSTEM

114

Antes de apresentar a situação atual do sistema de drenagem do Recife, faz-se necessário compreender os efeitos que a intensificação da urbanização trouxe para as grandes cidades brasileiras durante o século XX, e em particular para o Recife, no contexto já exposto, cujos sistemas de drenagem foram implantados dentro da visão higienista de confinação das águas, que resultou em graves problemas hídricos para o ambiente urbano.

Com efeito, em 70 anos, de 1940 a 2010, a população urbana cresceu de 30% para 85% da população total do País. A partir desse fato, têm sido presenciados:

- O aumento de inundações, erosões, assoreamento, poluição e temperatura; ao mesmo tempo que se dá a diminuição da recarga de aquíferos e da qualidade de vida.
- O aumento do pico e do volume das enchentes, que passaram a ocorrer com cada vez mais velocidade devido ao alto índice de impermeabilização do solo urbano.

Esses efeitos ocasionados pela intensificação do processo de urbanização, por si só já se apresentam como um grande complicador, aos quais, no caso do Recife, se somarão outros, como veremos adiante. As figuras 5 e 6 nos permitem entender o que acontece com o escoamento das águas

Before presenting the current situation regarding the drainage system in Recife, we need to understand the effects of massive intensification of urban development in the 20th century on Brazilian cities in general and, in particular, on Recife, whose drainage systems followed the hygiene-based approach of confining waters, resulting in serious environmental problems with regard to water.

As a result, in 70 years, from 1940 to 2010, the proportion of the population living in cities grew from 30% to 85% in Brazil. This led to:

- Increased flooding, erosion, silting, pollution and heat; alongside reduced recharging of aquifers and quality of life.
- An increase in the height and maximum volume of flooding, which began to occur more rapidly owing to the highly impermeable urban soil.

These effects caused by urbanization per se are already giving rise to complications, which, in the case of Recife, are accompanied by others, as outlined below. The figures reproduced below show what happens to storm water runoff when heavy rainfall occurs.

A *Diagnosis of the Existing Drainage System* was produced using the most comprehensive series of field surveys conducted to date. The diagnosis could thus draw on cartographic data contained in the Basic Urban Map (MUB) that

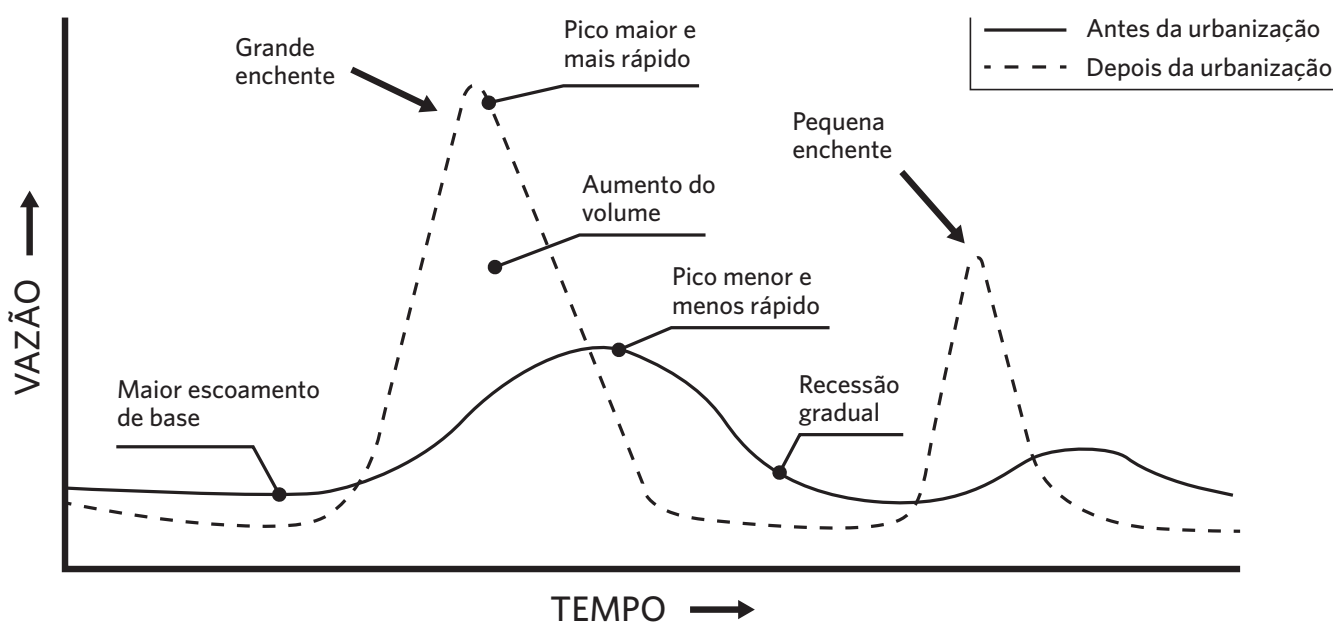


FIGURA 5
Aumento de pico e volume das inundações.

FIGURE 5
Increase in maximum height and volume of flooding.

de chuvas quando acontecem as maiores precipitações. Para a realização do Diagnóstico do *Sistema de Drenagem Existente*, foi realizada uma série de levantamentos de campo, os mais completos até hoje realizados na cidade. Para tanto, contou-se com uma cartografia até então inexistente, o Mapa Urbano Básico (MUB), que permitiu utilizar informações georreferenciadas em sistema GIS. De posse desse material, foi feita uma descrição das principais bacias de drenagem da área da cidade do Recife — definidas pelos espaços nos quais as águas escoam para os rios mais importantes que cortam a cidade — e das estruturas do sistema de drenagem existente. Em cada bacia, foram identificadas as sub-bacias correspondentes aos vários riachos e canais existentes na cidade, suas extensões, seus trechos com e sem revestimento e os principais problemas, especialmente os pontos mais importantes de ocorrência de alagamentos.

Um sistema de drenagem pluvial de uma área urbana é formado por unidades de microdrenagem — sarjetas, galerias, canaletas — e por unidades de macrodrenagem — rios, riachos, canais —, o que constitui a sua rede hidrográfica propriamente dita. As primeiras dessas unidades são de menor porte, e suas falhas têm alcance restrito ao seu entorno imediato; no caso da macrodrenagem, esta constitui a espinha dorsal do sistema de drenagem como um todo, e seu mau funcionamento é que provoca os maiores transtornos às populações das áreas urbanas. Além do mais, problemas na rede de macrodrenagem podem afetar consideravelmente o funcionamento da microdrenagem.

As águas que caem sobre o Recife escoam para o Atlântico predominantemente por meio de três rios: Capibaribe, Beberibe e Tejiupió. Duas pequenas áreas, situadas ao norte e ao sul-sudoeste, drenam, respectivamente, para os rios Paratibe e Jaboatão. Os três primeiros desembocam na chamada *Bacia de Evolução do Porto do Recife*, sendo esta, do ponto de vista hidráulico, um canal

had not existed previously, using GIS geo-referenced data. This material was used to produce a description of the main drainage basins in the area surrounding the city of Recife — defined as spaces in which runoff water flows into the most important rivers that run through the city — and existing drainage structures. For each basin, the sub-basins of the various streams and canals in the city were identified, along with their lengths, the extent to which they are lined or reinforced, and the main problems they encounter, especially the points most prone to flooding.

The storm water drainage system of an urban area is made up of micro-drainage — gutters, drains, sewers — and macro-drainage units — rivers, streams, canals —, the two making up the drainage network as a whole. Failures in micro-drainage units, which are smaller in scale, have a limited impact on the immediate surroundings, while macro-drainage functions as the backbone of the drainage system as a whole. Failures in the latter cause the greatest disruption for people living in urban areas. Macro-drainage network problems may also have a considerable impact on the functioning of micro-drainage units.

The rainwater that falls on Recife is drained off into the Atlantic Ocean by three main rivers: the Capibaribe, Beberibe and Tejiupió. Two small areas, in the north and south-southwest, are drained by the Rivers Paratibe and Jaboatão respectively. The three main rivers flow together into the Recife Port Basin, which, from a hydraulic point of view, is a natural channel forming the only outflow to the sea for surface runoff in the city of Recife.

The figure reproduced below shows the parts of the municipality and their respective basins.

The main watercourses of the basins shown in the figure above are complemented by the main rainwater conduit network, the channels

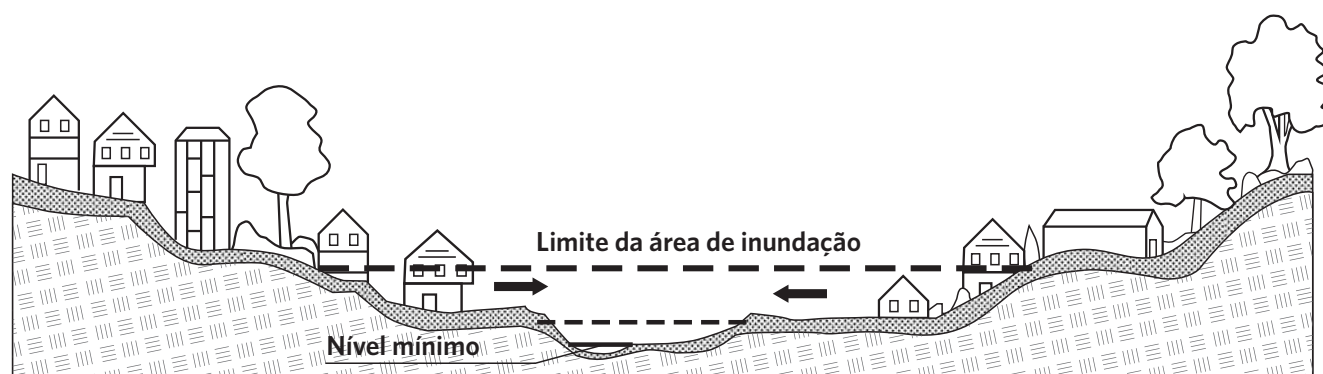


FIGURA 6
Avanço da cidade sobre as calhas de inundação.

FIGURE 6
Expansion of the city over flood channels.

116 natural que representa a única saída para o mar dos escoamentos superficiais da cidade do Recife.

A figura 7 mostra as áreas do município pertencentes a cada uma das bacias acima citadas.

of the rivers and streams that flow into these rivers, including: the River Morno, a tributary of the River Beberibe, which, in turn, receives waters from Riacho dos Macacos; the River Camaragibe and Riacho Dondon, which are tributaries of the River Capibaribe; and the Rivers Moxotó and Jiquiá, the latter receiving waters from the River Curado.

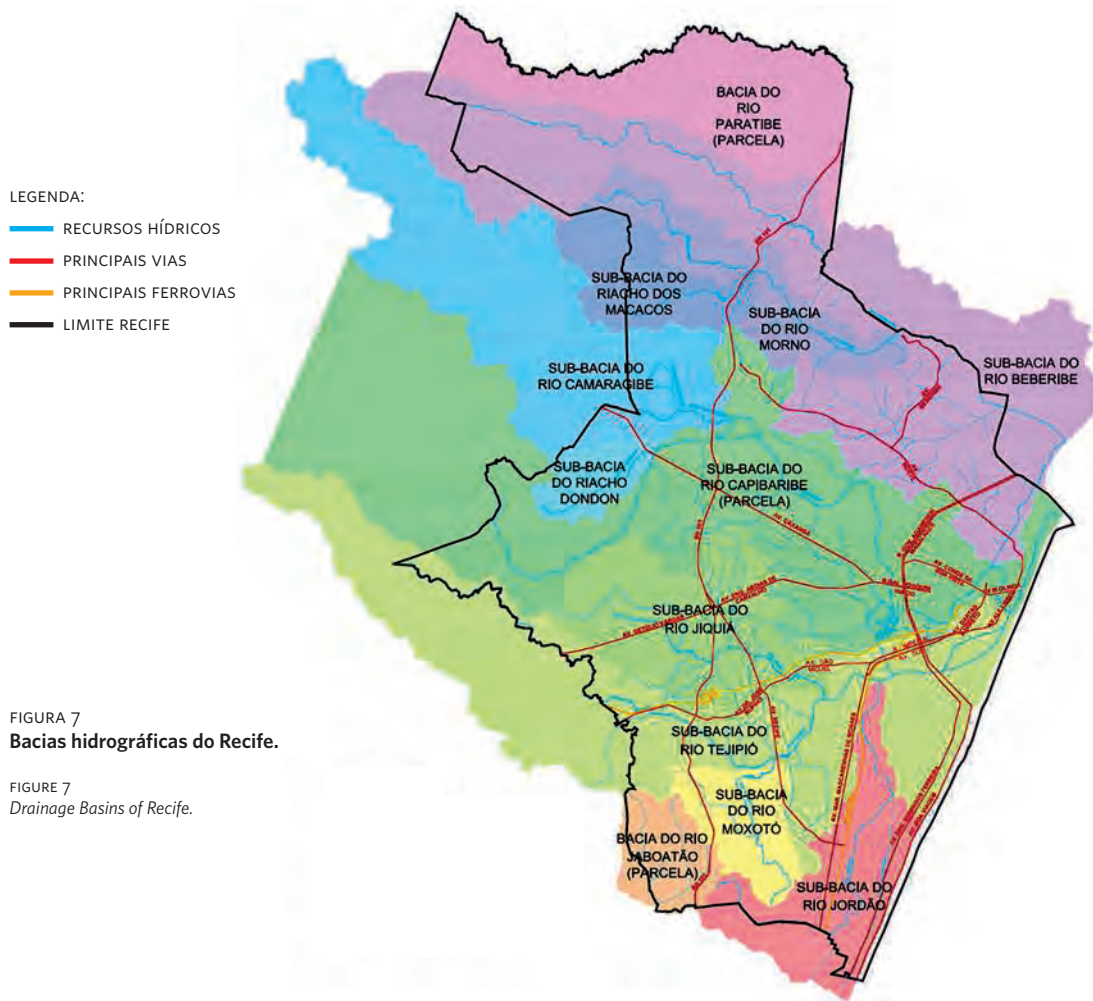


FIGURA 7
Bacias hidrográficas do Recife.

FIGURE 7
Drainage Basins of Recife.

Afora os cursos de água dominantes das bacias mostradas na figura acima, complementam a rede principal de condução das águas pluviais as calhas de rios e riachos que afluem a esses rios, incluídos: o Rio Morno, afluente do Beberibe, que, por sua vez, recebe as vazões do Riacho dos Macacos; o Rio Camaragibe e o Riacho Dondon, afluentes do Capibaribe; os rios Moxotó e Jiquiá, este recebendo o Rio Curado.

Dos rios urbanos do Recife, o Riacho Dondon, o Rio Moxotó e o Rio Curado são os que menos sofreram agressões decorrentes das ações antrópicas, que vêm modificando as condições de ocupação da cidade. Em parte, isso se

The urban rivers of Recife that are least affected by human occupation are Riacho Dondon, the River Moxotó and the River Curado. This is partly because these three drainage basins occupy, albeit partially, mangrove areas or areas owned by institutions.

Apart from these large-scale natural drainage lines, the main macro-drainage structure in the city consists of a network of 99 canals, 115.308 km in total length, an average of 1.05 km per canal per km², a figure that is considered low for a city with a physical geography like that of Recife. This large number of canals was one of the great

deve ao fato de que essas três bacias hidrográficas ocupam, ainda que parcialmente, áreas institucionais ou áreas de mangue.

Além dessas grandes linhas de drenagem natural, a estrutura principal de macrodrenagem da cidade é constituída por uma rede de 99 canais. Essa rede de canais soma 115,308 km de extensão, o que significa uma média de 1,05 km de canal por km², valor que pode ser considerado baixo para uma cidade com as características fisiográficas do Recife. Esse grande número de canais foi um dos grandes “achados” do PDDR, pois até então só eram conhecidos cerca de 66 canais, representando o número atual um incremento de 50%.

Da extensão total de canais que compõem a rede de macrodrenagem do Recife, cerca de 75,871 km (66%) tem revestimento, e o restante, pouco mais de 39,437 km, não tem revestimento (34%). Importa destacar que apenas cinco canais se encontram totalmente revestidos. Nos demais, faltam trechos nas nascentes, na parte central ou no trecho de deságue dos demais canais já revestidos.

No conjunto de todas as bacias acima referidas, existe um sistema de microdrenagem com cerca de 1.138,43 km de galerias e uma extensão de 416,08 km de canaletas, principalmente nas áreas de morros.

O Diagnóstico fez um histórico das enchentes ocorridas na cidade do Recife e menciona a relevância da contribuição da ação do Homem para as transformações ocorridas que dificultam o escoamento das águas. Apresenta também a densidade da ocupação, que mostra uma impermeabilização elevada, sendo grande produtora de deflúvios.

Menciona, como consequência do processo de ocupação, a perda de cursos de água secundários e o confinamento de seções de escoamento das calhas principais, de modo que a capacidade de transporte de enchentes foi substancialmente diminuída.

Tudo isto é agravado, ainda, pelo lançamento de resíduos sólidos nos cursos de água em estruturas de micro e de macrodrenagem, seja por deficiência do sistema de coleta desses resíduos, seja por falta de educação, ou pelas duas causas simultaneamente. Embora esse lixo não contribua para a formação de deflúvios, dificulta o escoamento das águas, o que potencializa os efeitos das inundações.

Estão citadas ocorrências de enchentes desde o ano de 1842, sendo as mais recentes as de 1966, 1970 e 1975 (a maior de todas, ocasião em que a planície do Recife, grande calha do Capibaribe, foi toda inundada). Após esses últimos eventos, foram construídas as barragens de Tapacurá, Goitá, Carpina e mais recentemente Jucazinho, com o que efetivamente foram reduzidos os riscos de novas enchentes de grandes proporções na Bacia do Rio Capibaribe.

Foram realizados também estudos hidrológicos que permitiram estimar vazões para diferentes tempos de recorrência e, assim, simular perfis

“findings” of the PDDR. Prior to this study, only 66 canals had been registered. This means that the number has been increased by 50%.

Of the canal system that makes up Recife's macro-drainage network, 75.871 km (66%) is lined or reinforced, while the rest, slightly over 39.437 km, has no such reinforcement (34%). It should be noted that only five canals are fully reinforced. In the others, parts of all sections of the canal lack such reinforcement.

The basins referred to above cover a micro-drainage system of around 1,138.43 km of sewers and 416.08 km of gutters, principally on hills.

The Diagnosis provides an historical overview of flooding occurring in the city of Recife and notes the significant part that human activities have played in bringing about the transformations that have made water runoff difficult. The density of occupation, with high levels of soil sealing, is one of the biggest causes of flooding.

The diagnosis also notes that one of the consequences of the process of occupation is the loss of secondary watercourses and the constriction of the runoff sections of the main water channels, in such a way as to severely diminish their capacity to transport floodwaters.

All of these problems are further compounded by the disposal of solid waste in micro- and macro-drainage watercourses, be it as a result of the shortcomings of the collection system, lack of education, or both. Although such waste does not cause floodwater, it impedes runoff, thereby worsening the effects of flooding.

There are reports of serious flooding in Recife dating back to 1842, with the most recent being in 1966, 1970 and 1975. The last of these was the most catastrophic and resulted in the whole flood plain of Recife, the grand flood channel of the Capibaribe, being totally inundated. This led to the construction of the dams of Tapacurá, Goitá, Carpina, and, more recently, Jucazinho, which effectively reduced the risk of further flooding in large portions of the River Capibaribe basin.

Hydrological studies were also carried out to estimate the various flood recurrence times and, thus, simulate the hydraulic profile of high waters in the various channels. Knowledge of these figures and of the characteristics of these watercourses was used to examine the impact of floods of various magnitudes.

Based on the estimates and simulations conducted for various watercourses, for a recurrence time of 25 years, as recommended by the Ministry of Cities, it was possible to identify areas most susceptible to flooding and inundation along with macro-drainage structures of insufficient scale to cope with the local hydrological conditions. These studies used rainfall-runoff-type mathematical models to produce hydrographs for the project and maps showing the high floodmark obtained in a hydraulic simulation involving all the watercourses of a given basin. These results were made possible by the use of surveys,

118 hidráulicos de cheia nas diversas calhas. Com essas vazões e as características dos cursos de água, analisaram os impactos ocasionados por cheias de diferentes magnitudes.

Com base nas estimativas de vazões e nas simulações feitas para os diversos cursos de água, considerando um tempo de retorno de 25 anos, como recomenda o Ministério das Cidades, foi possível identificar as áreas mais suscetíveis de alagamentos e inundações e as estruturas da rede de macrodrenagem cujas dimensões são incompatíveis com o regime hidrológico considerado. Para tais estudos, foram utilizados modelos matemáticos do tipo chuva x deflúvio para a determinação dos hidrogramas de projeto e mapas mostrando a mancha de cheia obtida da simulação hidráulica efetuada para o conjunto dos cursos de água de uma determinada bacia. Tais resultados só foram possíveis graças aos levantamentos realizados, disponibilidades de mapas georreferenciados e potentes *softs*, até então não existentes quando da realização do Plano Metropolitano de Macrodrenagem realizado pela Fidem há mais de 30 anos.

Observa-se que o problema das enchentes no Recife decorre mais da ocupação urbana da cidade (utilizando espaços antes destinados à água), da configuração atual da sua rede de macrodrenagem, que também é vítima desse processo de ocupação, principalmente pela população de baixa renda, e da pequena diferença entre o nível médio do mar e as cotas de terrenos em áreas da planície, do que do regime pluviométrico.

A figura a seguir dá uma mostra da mancha de cheia obtida pela simulação hidráulica efetuada para o conjunto de cursos de água da Bacia do Rio Tejipió, constituindo essa informação um outro grande achado do PDDR, uma vez que, com essa informação, foi possível demarcar as cotas de inundações que devem ser preservadas além da pequena calha. Permitiu também indicar ações fundamentais a serem realizadas para evitar o transtorno das inundações, em termos de obras e serviços de engenharia, quando das maiores precipitações.

geo-referenced maps and powerful software that had not been available when the FIDEM Metropolitan Drainage Plan was drawn up over 30 years ago.

Note that the problem of flooding in Recife is more the result of urban development occupying spaces previously used by water than of the existing configuration of its macro-drainage network, which is also more greatly affected by such occupation (especially by the low-income population) and by the fact that areas in the floodplain rise only slightly above mean sea levels than by the actual levels of precipitation.

The figure below shows the floodmark obtained by hydraulic simulation for a number of watercourses in the River Tejipió basin. This information represents another significant finding of the PDDR, since it has made it possible to establish flood defenses that should be preserved beyond the main channel of the watercourse. It has also led to proposals for actions fundamental for avoiding the disruption caused by flooding, in terms of engineering works and services, during periods of heavy rainfall.

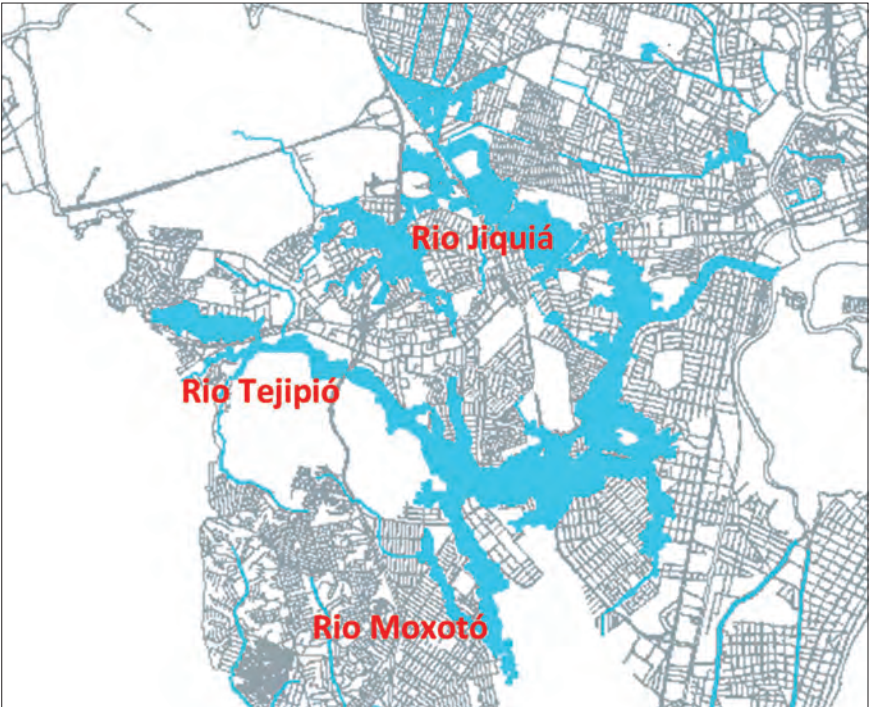


FIGURA 8
Enchente do Rio Tejió e afluentes

FIGURE 8
Flooding of River Tejió and Tributaries

No quadro abaixo, constam, de forma resumida, informações sobre o sistema de drenagem da cidade do Recife.

The table below provides an overview of data relating to Recife's drainage system.

Rios <i>River</i>	Número de canais <i>Number of Canals</i>	Extensão (km) <i>Extent (km)</i>	
		Revestido <i>Reinforced</i>	Sem revestimento <i>Not Reinforced</i>
Capibaribe	33	28,354	10,872
Beberibe	24	18,507	4,245
Tejió	12	5,725	10,865
Jordão	3	12,295	0,49
Jiquiá	17	8,475	8,185
Jaboatão	6	2,515	4,780
Total	95	75,871	39,437

QUADRO 1
Relação de canais por rio (também inclusos os canais de riachos afluentes).

TABLE 1
Canals per River (including tributary streams).

120 Os principais problemas identificados no sistema de drenagem do Recife podem ser vistos nas fotos apresentadas a seguir, que por si sós falam mais que inúmeras palavras.

The problems with Recife's drainage system can be seen in the following photographs, which speak for themselves.



FIGURA 9
Ocupação das margens do Canal do Rio da Prata.

FIGURE 9
Occupation of Banks of Rio da Prata Canal.



FIGURA 10
Travessia de tubulação com interferência, Rio Jiquiá.

FIGURE 10
Inadequate pipeline crossing River Jiquiá.



FIGURA 11
Aspectos não hidráulicos do Canal da Borborema.

FIGURE 11
Hydraulic aspects of Borborema Canal.



FIGURA 12
Alagamento na Av. Recife, cruzamento com a Av. Dom Helder.

FIGURE 12
Flooding at crossroads between Av. Recife and Av. Dom Helder.



FIGURA 13
Alagamento próximo ao mercado de Afogados.

FIGURE 13
Flooding near Afogados Market.



FIGURA 14
Tubulação da Compesa às margens do Canal Carneiro Mariz.

FIGURE 14
Water pipeline along bank of Carneiro Mariz Canal.



FIGURA 15
Casa erguida sobre o Canal de Guarulhos.

FIGURE 15
House built over Guarulhos Canal.



FIGURA 16
Ocupação das margens do Jordão depois de revestido.

FIGURE 16
Occupation of Banks of Jordão Canal after reinforcement.

122 Entretanto, cabe registrar que existem umas poucas situações dignas de registro, em que as estruturas de macrodrenagem se encontram em boas condições, como podem ser vistas nas fotos a seguir:

We should nevertheless not neglect to mention a few examples of adequate conditions where macro-drainage structures are in good condition, as shown in the photographs below.



FIGURA 17
Lago na nascente do Canal do Cavouco, UFPE.

FIGURE 17
Lake at source of Cavouco Canal, UFPE.



FIGURA 18
Tratamento das margens do Canal do Cavouco, UFPE

FIGURE 18
Treatment of banks of Cavouco Canal, UFPE



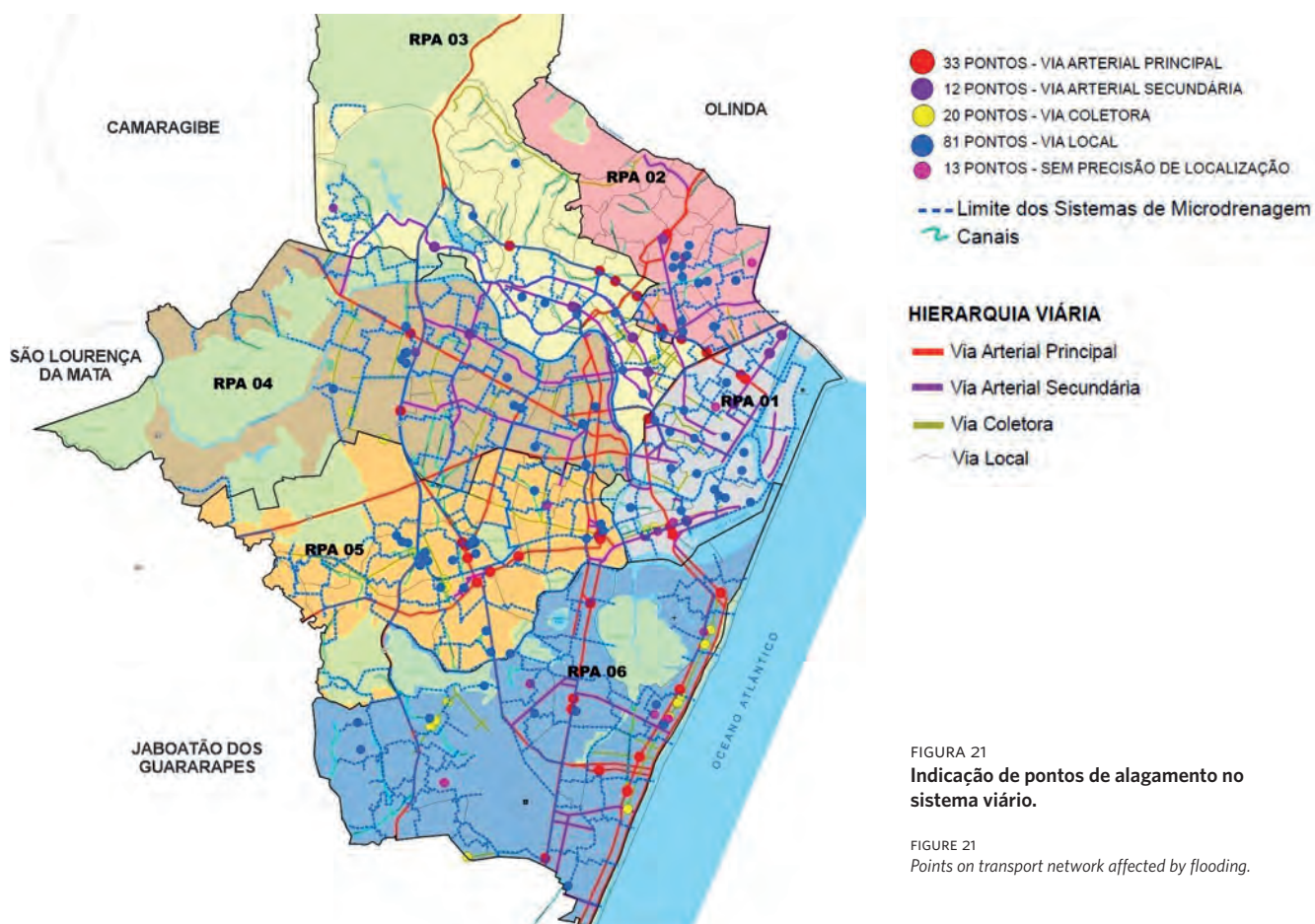
FIGURA 19
Travessia certa de tubulação sobre o Canal do Cavouco.

FIGURE 19
Adequate pipeline crossing on Cavouco Canal.



FIGURA 20
Canal do Setúbal já totalmente revestido

FIGURE 20
Setúbal Canal, already fully reinforced



Os principais problemas recorrentes no sistema de drenagem do Recife podem ser sintetizados nos seguintes tópicos:

- Uso do sistema de drenagem para escoamento de dejetos.
- Ocupação das áreas de inundação.
- Inúmeras áreas afetadas por alagamentos devido à influência das marés.
- Obstruções na macrodrenagem em virtude da presença de esgotos e crescimento da vegetação.
- Galerias semiobstruídas e danificadas.
- Vários assentamentos de baixa renda localizados ao longo dos rios e canais, causando confinamento da calha fluvial.
- Ocupação dos morros e das encostas, aumentando as vazões e a formação de sedimentos e pondo em risco a vida da população.
- Desobstrução dos pontos críticos das principais artérias do sistema viário, num total de 160 pontos, indicados na figura 21, assim distribuídos:
 - 33 pontos em vias arteriais principais.
 - 12 pontos em vias arteriais secundárias.
 - 20 pontos em vias coletoras.
 - 81 pontos em vias locais.
 - 14 pontos sem precisão de localização.

The main recurrent problems of the drainage system in Recife can be summed up as follows.

- Use of drainage system for waste disposal.
- Occupation of areas prone to flooding.
- Large number of areas affected by flooding, due to influence of tides.
- Macro-drainage obstructed by sewage and vegetation.
- Damaged and partially obstructed sewers.
- Low-income settlements located along the banks of rivers and canals, constricting the main channel of the watercourse.
- Occupation of hillsides increasing runoff and formation of sediment and endangering the lives of residents.
- Need to clear 160 critical points in the main transport arteries, as shown in the Figure below, distributed as follows:
 - 33 points on principal arteries.
 - 12 points on secondary arteries.
 - 20 points on collector roads.
 - 81 points on local roads
 - 14 points with no precise location.

4. PRINCIPAIS PROBLEMAS A SEREM SOLUCIONADOS

124

De forma resumida, os problemas que necessitam de solução são de duas categorias, a saber:

- Inundações no sistema de macrodrenagem: rios, riachos e canais.
- Alagamentos no sistema de microdrenagem: sistema viário de circulação (num total de 160 pontos críticos).

Para dar conta de uma grande gama de problemas, o Edital de Licitação já previa a realização de uma série de serviços, estudos e projetos, cujos tópicos mais importantes serão adiante indicados. O documento intitulado *Relatório de Concepção: estudos de alternativa e complementares* apresenta os estudos desenvolvidos para a solução dos problemas, com estimativa de custo e indicação de solução escolhida, diretrizes de programas e ações, indicações para elaboração de projetos e sugestão para o sistema de gestão. Com base no Relatório de Concepção, foram ratificados os produtos e subprodutos elencados abaixo.

É importante destacar que os trabalhos realizados no PDDR foram muito além do que o que comumente é previsto na realização de um Plano Diretor, que engloba em linhas gerais a realização de diagnóstico e apresentação de diretrizes, pois foi realizada uma série de serviços, projetos (básicos e executivos) e estudos que ultrapassam o escopo de um Plano Diretor, como pode ser constatado nos principais produtos realizados:

- Diagnóstico do Sistema de Drenagem.
- Relatório Ambiental Preliminar – (RAP).
- Relatório do Estudo de Concepção (estudo de alternativas + estudos complementares).
- Plano Consolidado (resumo dos estudos desenvolvidos – relatório executivo).
- Projeto executivo de cinco canais: Malária, Ibura, Guarulhos, Jardim Planalto e Vila das Crianças.
- Álbum – cadastro de canais.
- Projeto de Dragagem: rios Tejió e Jiquiá.
- Minuta da lei de drenagem.
- Manual de Drenagem.
- Propostas de tratamento das margens de rios e canais.
- Projeto básico de requalificação ambiental da bacia dos rios Tejió e Jiquiá.
- Cadastro do sistema de macrodrenagem.
- Cadastro do sistema de microdrenagem.

4. THE MAIN PROBLEMS IN NEED OF SOLUTION

In short, the problems that need to be solved fall into two categories:

- Flooding in the macro-drainage system: rivers, streams and canals.
- Flooding in the micro-drainage system: 160 critical points in the transport network.

To address this large range of problems, the Invitation to Tender already envisaged the provision of a series of services, studies, and projects, the most important of which are outlined below. The document entitled *Concept Report: studies of alternatives and complementary studies* presents studies carried out with a view to solving these problems, estimating costs and outlining the solutions chosen, program guidelines and actions, project execution recommendations, and management suggestions. The Concept Report was used to establish the list of products and sub-products listed below.

It is important to note that the work carried out by the PDDR extended far beyond the customary remit of a Master Plan, which generally covers only a diagnosis and guidelines. The PDDR goes further and provides a series of services, basic plans and execution plans, and studies that exceed the scope of a Master Plan, as can be seen from the following main products:

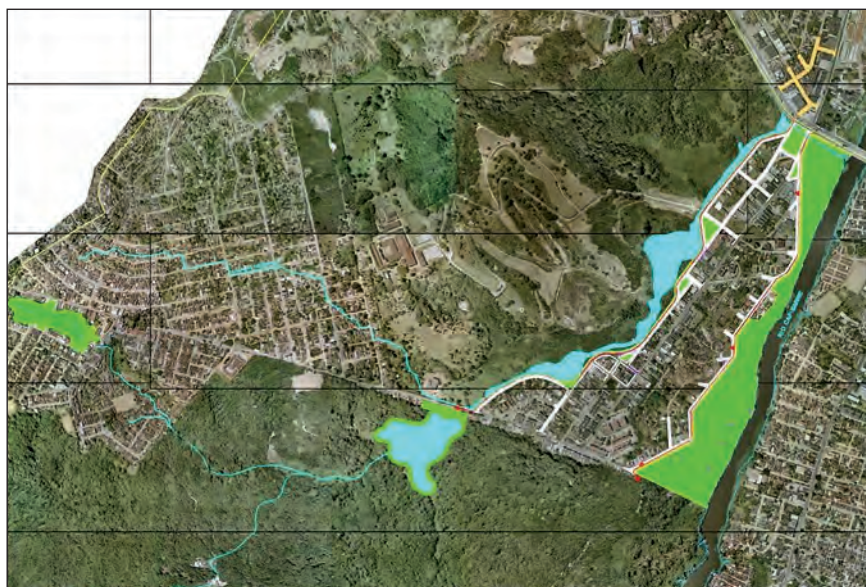
- Diagnosis of the Drainage System.
- Preliminary Environmental Report – (PER).
- Concept Study Report (study of alternatives + complementary studies).
- Consolidated Plan (summary of studies conducted – executive summary).
- Execution plans for five canals: Malária, Ibura, Guarulhos, Jardim Planalto, and Vila das Crianças.
- Album – register of canals.
- Dredging project: Rivers Tejió and Jiquiá.
- Details of drainage legislation.
- Drainage Manual.
- Proposal for treatment of banks of rivers and canals.
- Basic environmental regeneration project for Tejió and Jiquiá River basins.
- Register of macro-drainage system.
- Register of micro-drainage system.

5. AS PROPOSTAS: PROGRAMA E PROJETOS

As propostas apresentadas no Relatório de Concepção do PDDR podem ser resumidas numa proposta de tratamento urbano-ambiental das margens dos principais rios e riachos ainda não revestidos, a exemplo do *Projeto Capibaribe*, e na realização de amplo Programa de Projetos, Obras e Fiscalização denominado *Caminho das Águas*, envolvendo:

- Projeto das intervenções nos trechos dos pontos críticos.
- Recuperação dos trechos de canais já revestidos (ex.: Canal Vasco da Gama-Arruda) — 31 canais: 76 km.
- Projeto dos trechos com revestimento incompleto (exs.: canais Guarulhos, Vila das Crianças, Rio da Prata, Jardim Planalto e Mauriceia do PDDR) — 64 canais: 40 km.
- Projeto de canais não revestidos prioritários (5 + 8 canais).
- Projeto de outras intervenções previstas (pontes, bueiros, reservatórios de amortecimento, estações de bombeamento).
- Implantação das obras projetadas (11 canais licitados pela URB + 2 concluídos).
- Dragagem do baixo estuário dos rios Tejió e Jiquiá.

Uma amostra da proposta de tratamento urbano-ambiental para as margens dos rios, riachos e canais pode ser visualizada na figura 22, na qual busca-se manter o riacho sem revestimento, com retirada de algumas edificações de suas margens, implantação de um reservatório de contenção, fazendo-o armazenar as águas das chuvas ainda na origem, antes de desaguar no Capibaribe, e implantação de binário viário e ciclovia pelas margens do riacho como forma de permitir o controle urbano.



5. PROGRAM AND PROJECT PROPOSALS

The proposals presented in the PDDR Concept Report can be succinctly described as a proposal for urban environmental treatment of the banks of the main unreinforced rivers and streams in Recife, along the lines of the *Capibaribe Project*, and the implementation of a wide-ranging program of projects, public works and inspection operations, collectively known as *The Path of the Waters*. These include:

- Project involving interventions in critical stretches.
- Regeneration of stretches of already reinforced canals (e.g.: Vasco da Gama-Arruda Canal) — 31 canals: 76 km.
- Project involving stretches with partial reinforcement (e.g.: the Guarulhos, Vila das Crianças, Rio da Prata, Jardim Planalto and Mauriceia Canals covered by the PDDR) — 64 canals: 40 km.
- Project involving top-priority unreinforced canals (5 + 8 canals).
- Project involving other planned interventions (bridges, storm drains, flood control reservoirs, pumping stations).
- Installation of planned works (11 canals commissioned by URB + 2 concluded).
- Dredging of estuarine lower parts of the Tejió and Jiquiá Rivers.

One example of the urban environmental treatment proposals for the banks of rivers, streams and canals is presented in the figure below. This proposal aims to retain the original unreinforced banks, remove some constructions erected on the banks, install a containment reservoir to collect rainwater at source before it flows into the Capibaribe River, and install a dual carriageway and cycle route along the banks to enable oversight.

FIGURA 22
Proposta de tratamento urbano-ambiental para o Riacho Dondon, de modo a mantê-lo sem revestimento.

FIGURE 22
Proposal for urban environmental treatment of Riacho Dondon in such a way as to maintain its original banks.

126 Dentro do Relatório de Concepção, no Estudo de Alternativas realizado, foi feita uma análise financeira de viabilidade econômica para o PDDR, sendo desenvolvida uma estimativa de custos referente às intervenções previstas para que os elementos da drenagem urbana exerçam devidamente suas funcionalidades, buscando-se resolver ou mitigar as situações problemáticas de alagamentos. No que se refere aos elementos da macrodrenagem, considerando-se rios e canais, foram estimadas intervenções de obras e serviços em calhas, para adequá-las às vazões previstas e para serem evitados transbordamentos pontuais. Neste quesito, o quantitativo abrange, por exemplo, a dragagem para os rios Tejipió e Jiquiá e o revestimento de canais. Para a macrodrenagem, também foram estimados gastos com desapropriações necessárias de ocupações localizadas em áreas marginais a rios e canais sujeitas a inundações e até mesmo dentro da pequena calha. Já para os elementos de microdrenagem, foram estimados custos de obras e serviços voltados para o solucionamento dos pontos críticos da drenagem, que afetam a mobilidade urbana.

Este quantitativo possibilitou a visualização do montante de custos por cada bacia hidrográfica, para as obras e os serviços referentes à macrodrenagem, e montante de custos gerais para as obras e os serviços referentes à microdrenagem, conforme pode ser observado nos quadros apresentados a seguir.

The Concept Report section of the Study of Alternatives contains a financial analysis of the economic viability of the PDDR, including estimates of costs for the interventions proposed with a view to ensuring that urban drainage units serve their proper purpose and that problematic flooding is mitigated or resolved. With regard to macro-drainage elements, such as rivers and canals, the estimates are for interventions relating to public works and services involving improving watercourses in such a way as ensure that they can cope with the predicted flows of water and to prevent them from occasionally bursting their banks. This sum covers, for example, dredging of the Rivers Tejipió and Jiquiá and lining of canals. The estimates for macro-drainage also include the cost of providing compensation for any necessary expropriation of land or homes constructed on the banks of rivers and canals prone to flooding or within the waterway. The estimates for micro-drainage include the cost of constructing public works and services aiming to address the urban mobility problems caused by critical points in the drainage system.

The tables below show the total cost for each drainage basin, for public works and services relating to macro-drainage, and the overall costs of micro-drainage works and services.

Item <i>Item</i>	Bacia Hidrográfica <i>Drainage Basin</i>	Desapropriações (R\$) <i>Expropriations</i>	Obras civis (R\$) <i>Public Works</i>	Valor subtotal (R\$) <i>Subtotal</i>
1	Bacia do Rio Capibaribe	63.212.725,00	26.948.891,39	90.161.616,39
2	Bacia do Rio Camaragibe	48.480.350,00	10.721.011,32	59.201.361,32
3	Bacia do Rio Beberibe	124.854.850,00	43.737.115,85	168.591.965,85
4	Bacia do Rio Tejiú	89.729.625,00	111.446.704,11	201.176.329,11
5	Bacia do Rio Jiquiá	134.903.850,00	70.888.735,67	205.792.585,67
6	Bacia do Rio Jaboatão	28.748.700,00	23.965.780,40	52.714.480,40
7	Bacia do Rio Moxotó	20.571.750,00	9.899.362,79	30.471.112,79
8	Bacia do Rio Jordão	21.909.750,00	2.632.443,06	24.542.193,06
Valores totais (R\$) Totals		532.411.600,00	300.240.044,59	832.651.644,59

QUADRO 2
Custos referentes à macrodrenagem
(com BDI).

TABLE 2
Costs relating to Macro-drainage (with Budget Difference
Income—BDI).

Item <i>Item</i>	Valor (R\$) <i>Cost</i>
Preço total por km <i>Total cost per km</i>	912.816,44
Extensão por km <i>Total length in km</i>	160,00
Preço total (R\$) <i>Total cost (R\$)</i>	146.050.629,60
Administração da obra (7%) <i>Site Administration (7%)</i>	10.223.544,07
Demais despesas (10%) <i>Other costs (10%)</i>	14.605.062,96
Valor total <i>Total Cost</i>	171.792.213,07

QUADRO 3
Custos referentes à microdrenagem.
(com BDI)

TABLE 3
Costs relating to micro-drainage (with BDI).

O somatório total dos custos para a macrodrenagem e a microdrenagem é de **R\$ 1.003.530.881,22** (valor referente a abril de 2017).

Dentre as principais intervenções previstas para os elementos de macrodrenagem, referente à estimativa acima, estão as obras e os serviços de revestimento e complemento de revestimento para diversos canais da cidade. Os quantitativos gerais para essas intervenções estão especificados no quadro abaixo.

Cumprir destacar que, nos custos previstos, não estão inseridos valores referentes a despesas maiores com obras gerais de urbanização nas áreas urbanas cortadas por esses cursos de água. Também é importante salientar que mais da metade dos custos previstos diz respeito à desapropriação de cerca de 60 mil edificações localizadas na pequena e média calhas dos cursos de água, quase sempre ocupadas por população de baixa renda, que deverá ser retirada sob pena de ser atingida por inundações periódicas, trazendo perdas materiais a quem já tem pouco e até de vidas humanas. Para tanto, faz-se necessária a elaboração de um importante programa habitacional, assunto tratado no Plano de Habitação de Interesse Social que vem sendo desenvolvido pela PCR.

The total costs for both macro-drainage and micro-drainage operations are

R\$ 1,003,530,881.22 (as of 2017).

The main interventions envisaged for macro-drainage are, according to the above estimate, the public works and services relating to reinforcement and completion of reinforcement of the various canals in the city. Specific quantitative data for these operations are presented in the table below:

It is worth noting that these estimated costs do not include larger costs relating to general urban development projects in the areas served by these watercourses. It should also be noted that the expropriation of around 60,000 buildings located in the small- and medium-sized channel waterways, almost all occupied by low-income communities accounts for more than half of the projected cost. These communities will need to be removed, as they run the risk of being periodically flooded, with potential loss of life and damage to the property of individuals who already possess very little. There is therefore a need to develop a substantial housing program, an issue that is addressed by the Social Interest Housing Plan being developed by Recife City Hall.

	Canais existentes na cidade <i>Existing Canals</i>	Canais a serem revestidos <i>Unreinforced canals to be reinforced</i>	Canais de revestimento a serem complementados <i>Partially reinforced canals to be fully reinforced</i>
Quantidade <i>Quantity</i>	95 canais <i>95 canals</i>	11 canais <i>11 canals</i>	51 canais <i>51 canals</i>
Extensão <i>Length</i>	115.308 km <i>115,308 km</i>	8.601 km (7,45% do total) <i>8,601 km (7.45% of total)</i>	29.336 km (25,44% do total) <i>29,336 km (25.44% of total)</i>

QUADRO 4
Quantitativos de canais a serem revestidos.

TABLE 4
Numbers of Canals to be Reinforced.

7. DIRETRIZES DE PROGRAMAS E PROJETOS PARA O SISTEMA DE DRENAGEM

7. DRAINAGE SYSTEM PROJECT AND PROGRAM GUIDELINES

129

Como parte integrante do PDDR, foram apresentadas diretrizes de programas e projetos necessárias para o desenvolvimento progressivo de ações visando a solução dos problemas, que estão indicadas mais adiante. São diretrizes que não constituem procedimentos independentes do plano e que não estão voltadas para solucionar questões isoladas. Antes disso, são processos que se integram uns aos outros e que, se aplicados de modo sinérgico, monitorado e atualizado com variáveis que incidam sobre o sistema de drenagem, garantirão a conservação e o funcionamento das estruturas e condições necessárias à totalidade unificada da dinâmica do sistema de drenagem da cidade do Recife. Em termos gerais, os objetivos pretendidos com a aplicação dessas diretrizes são quatro:

- **Retardamento de deflúvios:** escoamento progressivo da água da chuva.
- **Redução dos picos de chuva:** desaceleração da concentração pluvial nos locais de maior armazenamento de águas.
- **Amortecimento de enchentes:** diminuição dos volumes das enchentes.
- **Desobstrução, desassoreamento e livre escoamento** das áreas sujeitas a inundações e alagamentos.

The PDDR also contains program and project guidelines necessary for the ongoing development of actions aiming to solve the problems outlined below. These guidelines do not constitute procedures separate from the plan and are not intended to solve isolated problems. They are inter-related processes that, if applied in synergistic fashion and constantly monitored and updated using drainage system variables, will ensure the conservation and adequate functioning of the structures and conditions necessary for the dynamics of Recife's drainage system as a unified whole. Put briefly, these objectives have four main goals:

- **Preventing flooding:** ongoing runoff of storm water.
- **Lowering rainfall peaks:** slowing the concentration of rainwater in places where greater quantities of water are stored.
- **Tempering flood waters:** reducing the volume of flooding.
- **Unblocking, dredging and providing runoff:** in areas prone to flooding and inundation.

A) DIRETRIZES REFERENTES À MACRODRENAGEM MACRO-DRAINAGE GUIDELINES

1 – Contratação da dragagem proposta para as calhas dos rios Tejipió e Jiquiá.

Contracting a company to produce a dredging proposal for the Rivers Tejipió and Jiquiá.



FIGURA 23
Rio Jiquiá: Leito assoreado.

FIGURE 23
Rio Jiquiá: silted up riverbed.

2 – Continuação das obras projetadas para a calha do Rio Beberibe.

Continuation of works planned for the River Beberibe.



FIGURA 24
Rio Beberibe: Via marginal recém-implantada.

FIGURE 24
River Beberibe: recently installed riverside route.

130

3 – Projetos executivos para calhas e margens dos rios Tejipló e Jiquiá.

Executive projects for channels and banks of Rivers Tejipló and Jiquiá.



FIGURA 25
Rio Tejipló: Áreas marginais degradadas.

FIGURE 25
River Tejipló: degraded banks.

4 – Recuperação das calhas dos canais já revestidos.

Regeneration of channels of already reinforced canals.



FIGURA 26
Canal Farias Neves: Revestimento danificado.

FIGURE 26
Farias Neves Canal: damaged lining.

5 – Conclusão do revestimento dos canais parcialmente revestidos.

Completion of reinforcement of partially reinforced canals.



FIGURA 27
Canal Guarulhos: Trecho não revestido.

FIGURE 27
Guarulhos Canal: unreinforced stretch.

6 – Delimitação de vias laterais, paralelas aos canais.

Establishment of routes along canal banks.



FIGURA 28
Canal do Cavouco: Margens não definidas.

FIGURE 28
Cavouco Canal: banks not clearly defined.

7 – Retirada de habitações de dentro das calhas dos canais.

Removal of housing from within channels of canals.



FIGURA 29
Canal do ABC: Habitações na calha do canal

FIGURE 29
ABC Canal: Housing in channel of canal

8 – Remoção de obstruções.

Removal of obstructions.



FIGURA 30
Curso de água obstruído por tubo da Compesa

FIGURE 30
Watercourse obstructed by water pipeline

B) DIRETRIZES REFERENTES À MICRODRENAGEM / MICRO-DRAINAGE GUIDELINES

1 – Promover a limpeza periódica e permanente das galerias e bocas de lobo da cidade.

Periodical and permanent cleaning of sewers and storm drains in the city.



FIGURA 31
Limpeza de galeria.

FIGURE 31
Cleaning of sewers.

2 – Providenciar a substituição das tampas danificadas das caixas coletoras com introdução do meio-fio vazado.

Replacing damaged water collector covers with grills.

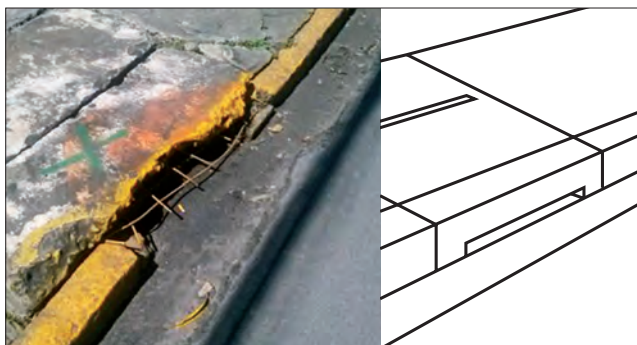


FIGURA 32
Boca de lobo danificada.

FIGURE 32
Damaged storm drain

132

3 – Promover diagnóstico físico das galerias com pipe-view (vídeo inspeção e gravação).

Physical diagnosis of sewers using Pipe-View (video inspection and recordings).

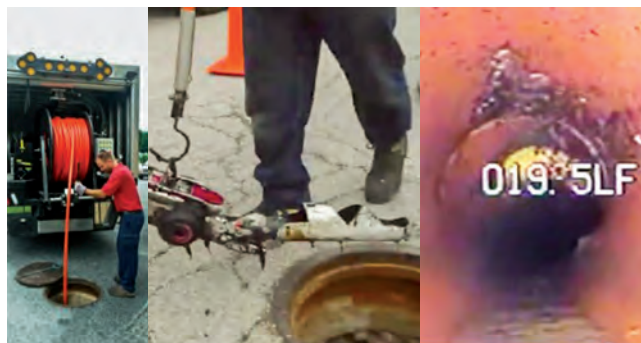


FIGURA 33
Imagens ilustrativas.

FIGURE 33
Illustrative images.

4 – Promover a recuperação das galerias danificadas.

Repair of damaged sewers.



FIGURA 34
Galeria danificada.

FIGURE 34
Damaged sewer.

5 – Contratação de projetos executivos para pontos críticos de drenagem da cidade.

Physical diagnosis of sewers using Pipe-View (video inspection and recordings).



FIGURA 35
Boa Viagem: Rua Ernesto de Paula Santos alagada.

FIGURE 35
Boa Viagem: Rua Ernesto de Paula Santos flooded.

6 – Instituir campanha de educação ambiental e de convívio com a água.

Living with water and environmental education campaign.



FIGURA 36
Imagem ilustrativa/internet.

FIGURE 36
Illustrative image/Internet.

Além das diretrizes anteriormente apresentadas, no campo da gestão do sistema de drenagem também foram estudados os principais problemas existentes e indicadas diretrizes visando à superação, buscando uma modernização, atualização da estrutura e organização do atual sistema gestor, cuja responsabilidade cabe à Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (Emlurb). Essas diretrizes foram desenvolvidas com base em estudos, levantamentos e entrevistas com atuais integrantes do sistema de gestão, possibilitando então o desenvolvimento de um **Modelo Conceitual Básico** para a Gestão da Drenagem Urbana do Recife, que, dentre outros, abrange os principais objetivos do sistema de gestão, a saber: **planejar, implantar, manter e operar** regularmente as estruturas naturais e construídas de drenagem, assegurando o fluxo e escoamento das águas nas áreas urbanas de forma segura para a população e suas atividades, prevenindo e controlando as enxurradas, os alagamentos e os deslizamentos, especialmente quando da ocorrência de eventos climáticos severos.

Sintetizando-se as indicações apresentadas e aplicando-as à unidade responsável pela gestão do sistema, de modo a implantar, manter e sempre atualizar o Plano Diretor, as estruturas e os serviços de drenagem, foram desenvolvidas as seguintes diretrizes:

1. **Criação de uma Unidade Técnica de Drenagem Urbana**, vinculada ao Comitê Gestor de Planejamento Urbano, a ser integrada pela Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos, Secretaria de Mobilidade e Controle Urbano, Secretaria do Meio Ambiente e Sustentabilidade e Secretaria de Saneamento, com as atribuições e os papéis definidos nos relatórios específicos do PDDR.
2. **Criação de um Órgão Gerencial Geral Técnica de Drenagem Urbana**, vinculado à Gerência Geral de Drenagem da Emlurb, com as atribuições de desenvolver estudos e projetos de drenagem e de acompanhar, desenvolver e atualizar o Plano Diretor de Drenagem, além de outras atribuições.
3. **Realização de concurso público para provimento de cargos de nível superior e de nível médio especializados em drenagem urbana**, tanto para suprir o pessoal necessário para a organização e funcionamento da Gerência Geral Técnica de Drenagem Urbana quanto para suprir as necessidades existentes de pessoal para gestão da operação do sistema de drenagem e a substituição dos efetivos em vias de aposentadoria.

In addition to the guidelines presented above, the main problems existing in the field of drainage system management were also studied and guidelines for addressing them drawn up, with a view to modernizing and upgrading the structure and organization of the existing management system, which is the responsibility of the Urban Cleaning and Maintenance Authority (Emlurb). These guidelines were developed on the basis of studies, surveys and interviews with members of the current management team, thereby enabling the development of the **Basic Conceptual Model** for the Management of Urban Drainage in Recife, which covers, among other topics, the main objectives of the management system of regularly **planning, installing, maintaining and operating** natural and built drainage structures, ensuring flow and runoff of water in urban areas in a way that is not harmful to the population and their activities, predicting and controlling torrents, flooding and mudslides, especially those brought about by severe weather events.

To produce a synthesis of the recommendations presented and apply them to the unit responsible for system management, as a way of installing, maintaining and constantly updating the drainage structures and services outlined in the Master Plan, the following guidelines were drawn up.

1. **Creation of a Technical Urban Drainage Unit**, linked to the Urban Planning Management Board, to be integrated into the Department of Planning and Urban Development, the Department of Infrastructure and Public Services, the Department of Mobility and Urban Control, the Department of the Environment and Sustainability and the Department of Sanitation, with positions and duties outlined in specific PDDR reports.
2. **Creation of a General Technical Urban Drainage Management Organization**, linked to Emlurb's General Drainage Management Department, with responsibility for developing and drainage studies and projects and accompanying, developing and updating the Master Plan for Drainage, among other responsibilities.
3. **Recruitment of university graduates and school leavers for urban drainage posts**, both to meet the personnel needs of General Urban Drainage Technical Management team and to keep up staff levels in sectors responsible for operational management of the system.
4. **Partnership with the Pernambuco Water and Climate Agency (Apac)** to receive weather and climate forecasts by radar and in real time, to assist drainage planning for severe weather events, bringing forward special drainage operations where necessary.

- 134 4. **Celebração de Convênio com a Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac)** para recebimento de previsões de tempo e clima em tempo real e por meio de radar, permitindo o planejamento da drenagem quanto a eventos climáticos severos, antecipando operações especiais de drenagem.

À GUIA DE CONCLUSÃO

O estado desejado para os cursos de água do Recife em 2037

Em 2037, a cidade do Recife será a primeira capital dos estados brasileiros a completar 500 anos. O que se deseja e o que as ações de planejamento projetam é que os recifenses venham a ter uma cidade próspera do ponto de vista econômico, socialmente integrada e ambientalmente equilibrada. Neste último aspecto, o **estado desejado** que se busca é de uma perfeita **integração entre o ambiente construído e o ambiente natural**.

Nessa perspectiva, a evolução da relação entre os cursos de água da cidade e as áreas construídas sobressai como necessidade de que, desde já, as diretrizes indicadas no PDDR sejam postas em prática, buscando, de forma gradual e contando com os recursos disponíveis, alcançar a situação ideal para o sistema de drenagem do Recife. A situação futura dependerá bastante do tratamento que seja dado já agora ao seu sistema de drenagem, ou seja, depende que seja posto em execução o seu atual Plano Diretor de Drenagem Urbana.

A figura 37 mostra o Rio Capibaribe, principal curso de água do Recife, cujas propostas de intervenção já estão desenhadas e vêm sendo executadas na mesma linha aqui preconizada para seu estado desejado, de harmoniosa integração entre o ambiente construído e o natural.

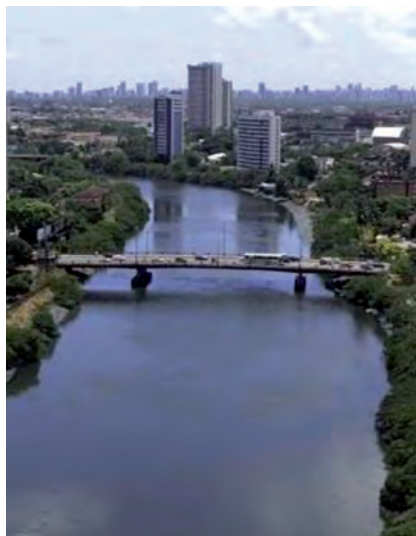


FIGURA 37
Vista do Rio Capibaribe.

FIGURE 37
View of Capibaribe River.

PRELIMINARY CONCLUSIONS

The desired situation of watercourses in Recife in 2037

In 2037, Recife will be the first Brazilian State capital city to celebrate 500 years of existence. The desired aim of the actions planned is that citizens of Recife should reside in an economically prosperous, socially integrated and environmentally balanced city. With respect to the last of these, the **desired situation** requires perfect **integration of the built and natural environments**.

The relation between the city's watercourses and built fabric should thus evolve in such a way that the recommendations laid out in the PDDR be put into practice immediately, in an attempt to gradually achieve, within the scope of the resources available, an ideal outcome for Recife's drainage system. The future situation will depend greatly on the way the drainage system is treated right now. In other words, it depends on immediate implementation of the current Master Plan for Urban Drainage.

The figure below shows the River Capibaribe, the main waterway of Recife, for which intervention proposals similar to those outlined here have already been drawn up and are being implemented with a view to achieving the desired state of harmonious integration of the natural and the built environment.

FIGURA 38
Vista do Rio Capibaribe.

FIGURE 38
View of Capibaribe River.





5

A GESTÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO RECIFE

***THE MANAGEMENT OF RECIFE'S
DRAINAGE SYSTEM***

**PEDRO OLIVEIRA
MARILIA DANTAS
JAIME CABRAL**

1. ASPECTOS RELATIVOS AO PLANEJAMENTO

1. ASPECTS RELATED TO PLANNING

138

1.1. CONCEPÇÃO DA DRENAGEM DO RECIFE

O Recife é uma cidade litorânea, formada originalmente por pequenas ilhas colonizadas pelos exploradores portugueses no século XVI, a partir de um porto marítimo. Com o desenvolvimento do comércio local, sobretudo o do açúcar, a cidade foi se expandindo para a parte continental a partir, principalmente, de aterros que foram reduzindo o espaço das águas.

A formação dos sistemas de drenagem de águas pluviais da cidade do Recife está ligada, sobretudo, ao processo de ocupação, onde os vários aterros efetuados, especialmente a partir do século XVII, foram aos poucos definindo a malha de macrodrenagem. A cidade é cortada por três rios principais (Figura 1): os rios Tejiptó e Beberibe têm a nascente em municípios vizinhos, já o Rio Capibaribe tem sua nascente na região Agreste do Estado. No entanto, é na cidade do Recife que os três disputam praticamente a mesma foz, podendo ser considerada uma região estuarina compartilhada.

1.1. DRAINAGE IN RECIFE

Recife is a coastal city originally comprising a collection of small islands settled as a sea port by Portuguese explorers in the early 16th century. With the development of local industry, especially sugar cane, the city expanded inland, principally by reclaiming land from rivers and the sea.

The development of Recife's storm water drainage systems has been related above all to the process of urban development involving land-filling. It has been this process which, especially from the 17th century onwards, has caused the macro-drainage network to take on its current shape. Three main rivers run through the city (Figure 1): the rivers Tejiptó and Beberibe rise in neighboring municipalities, while the River Capibaribe has its source in the Agreste region of the State of Pernambuco. In the city of Recife the three rivers flow together into the sea through a shared estuary.

In terms of relief, around 50% of the territory lies on an estuarine alluvial plain, representing

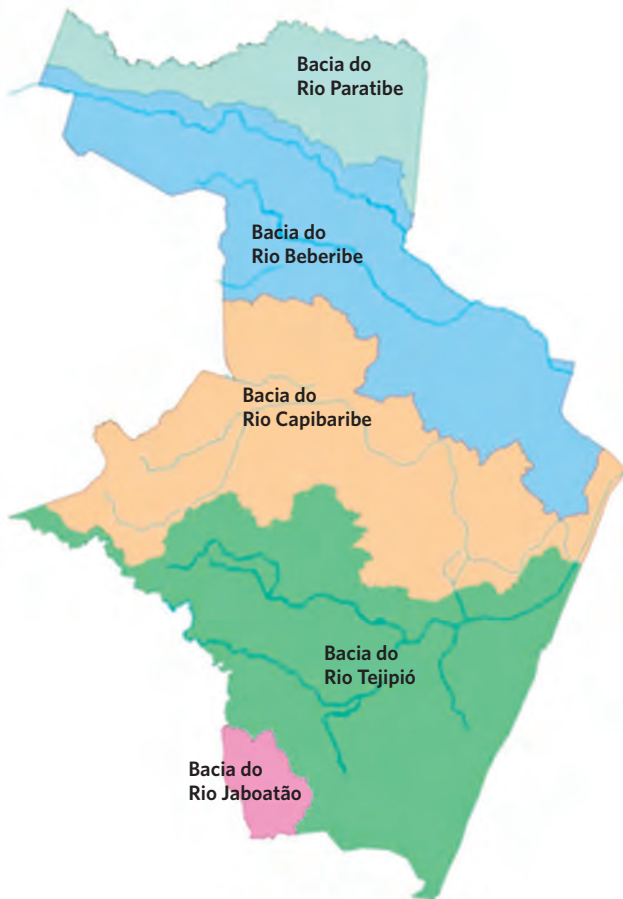


FIGURA 1
Macrobasias principais do Recife.

FIGURE 1
Main Macro-Basins of Recife.

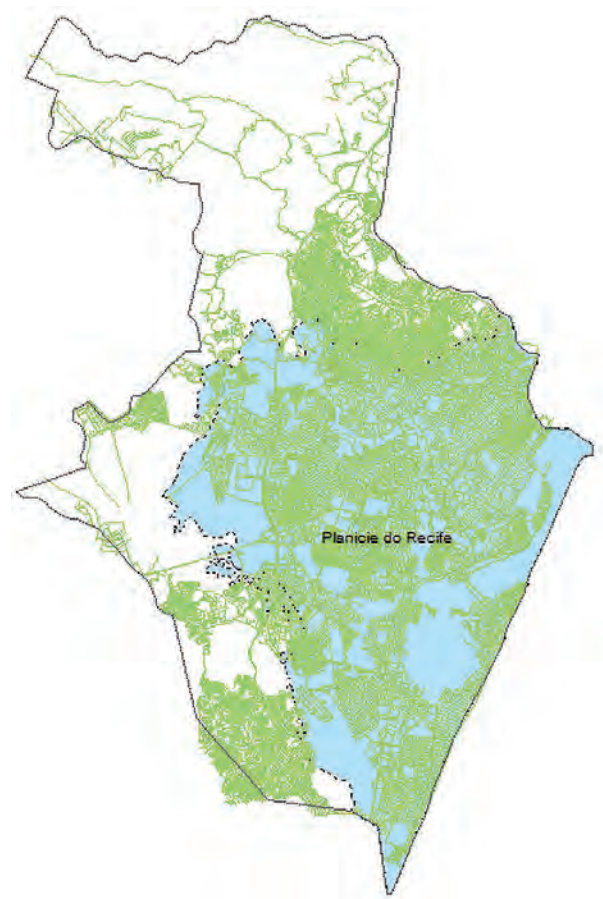


FIGURA 2
Mapeamento da Planície do Recife.

FIGURE 2
Map of Recife Plain.

Levando em consideração a caracterização do relevo, cerca de 50% do seu território se localiza numa planície aluvionar estuarina, cuja área foi estabelecida como sendo a compreendida entre as altitudes de 0 a 10 m acima do nível médio dos mares (Figura 2), em cujo território os sistemas de micro e macrodrenagem sofrem influência do movimento das marés, além das cheias de seus principais cursos de água.

A cidade apresenta um regime de chuvas em que todos os meses do ano há ocorrência de eventos de precipitação pluviométrica. No entanto, é nos meses de março a agosto que ocorrem os maiores acúmulos mensais de chuvas. Na Figura 3, é apresentada a distribuição mensal média de chuvas no Recife, obtida com dados da estação do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), localizada no bairro do Curado. Para a obtenção da curva média, lançou-se mão dos dados registrados entre 1961 e 2017. Vale ainda salientar que tais registros colocam a região como bem servida em termos de chuvas, tendo a cidade do Recife uma precipitação acumulada média anual de 2.308 mm. Ainda com relação ao clima, a cidade se caracteriza como quente e úmida, com temperaturas médias máximas de 29,35 °C e mínimas de 22,08 °C (Inmet, 1961 a 2017).

Já no início do século XX, além da continuidade do processo de aterros para a construção de moradias e para a execução e o alargamento de estradas e avenidas, deu-se início à implantação de plano de saneamento desenvolvido pelo engenheiro Saturnino de Brito, que se baseava no sistema separador absoluto, onde, além do estabelecimento de rede coletora de esgoto e rede de abastecimento, também eram previstas redes de coleta de águas pluviais. A concepção adotada no citado plano se fundamentou na ideia higienista, que,

the area of land lying between 0 and 10 m above mean sea level (Figure 2). In this area, the micro- and macro-drainage systems are subject to the movement of the tides and the flooding of the main watercourses.

The city experiences rainfall during all months of the year. However, it is in the period between March and August that most rain falls. Figure 3 shows the average monthly distribution of rain in Recife, based on data from the National Meteorological Institute (InMet) station located in the Curado neighborhood of the city, data from 1961 to 2017 being used to plot the mean values. These data indicate that the region is well served in terms of rainfall, with Recife experiencing an accumulated annual mean precipitation of 2,308 mm. The city also possesses a warm and humid climate, with average maximum temperatures of 29.35 °C and a minimum of 22.08 °C (InMet, 1961 - 2017).

Apart from the ongoing process of land reclamation to build houses and the installation and widening of roads and avenues, the early 20th century also saw the introduction of the first sanitation plan, developed by Saturnino de Brito. This was a system based on complete separation, which not only established sewage collection and water supply networks but also envisaged the creation of a storm water collection network. This plan was guided by the concept of 'hygiene' and, in the case of storm water, envisaged the construction of underground conduits to collect rainwater from public places by way of micro-drainage structures such as gutters and drain boxes, causing the storm water to flow into a system of sewers, from which it would be channeled to other large-scale networks or into rivers and streams lying downstream (BRITO, 1909).

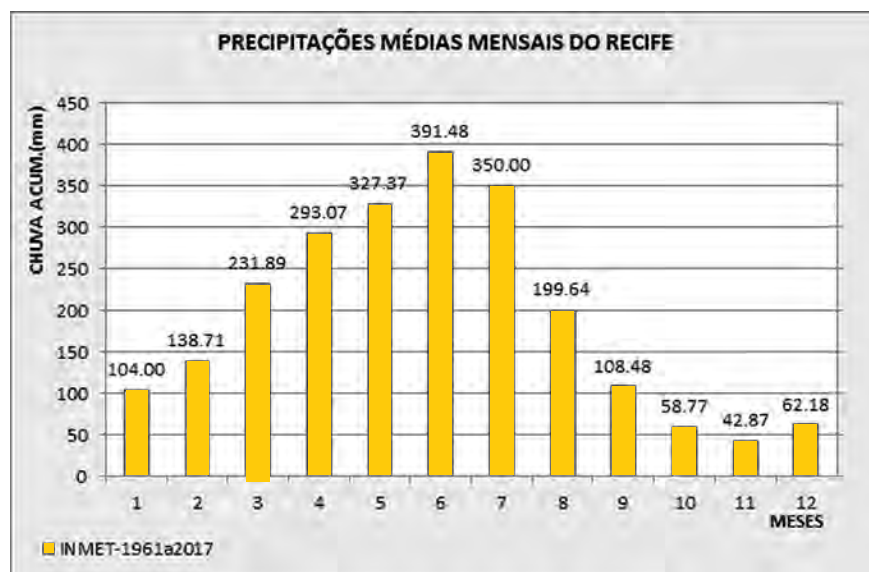


FIGURA 3
Distribuição média mensal de chuvas acumuladas.

FIGURE 3
Average monthly accumulated rainfall.

no caso do sistema das águas pluviais, contemplava a criação de condutos subterrâneos que coletavam as águas de chuvas dos logradouros públicos a partir de elementos de microdrenagem, como sarjetas e caixas coletoras direcionadas a redes de galerias, onde, em seguida, eram conduzidas para outras redes principais ou rios e riachos localizados a jusante (BRITO, 1909).

Esse modelo, amplamente difundido na Europa, principalmente por causa de problemas sanitaristas, foi implantado paralelamente à reestruturação de cidades litorâneas brasileiras que eram atingidas por doenças contagiosas, com o objetivo de modernizá-las, e assim, resumidamente, assistiu-se à desconstrução da cidade colonial e à construção de uma cidade moderna e higiênica (FARIA, 2015). Na Figura 4, é mostrado o mapa de atuação do plano de saneamento do engenheiro Saturnino de Brito, onde se constata os logradouros de bairros de Afogados, do Pina, de São José, de Santa Rita, de Santo Antônio, do Recife, da Boa Vista, da Madalena e de parte de Santo Amaro, que foram alvos da intervenção.

Nessa época, no Recife, a população correspondia a cerca de 10% da população estadual, de acordo com censos elaborados pelo IBGE. Na Figura 5, pode-se verificar o crescimento populacional da cidade do Recife. Em números absolutos, a população da cidade no início do século XX (Censo 1900) era de 113.106 habitantes, e, em 2010 a população, segundo o IBGE, alcançou 1.537.704 habitantes.

Os dados mostram que o crescimento populacional da cidade se acenou a partir da década de 1940 até a década de 1970, quando foi constatada uma taxa de crescimento de quase 1.000% em relação ao dado de 1900. Tal fato deve estar relacionado a processos migratórios externos, devido a conflitos relacionados às duas grandes guerras; e internos, consequência, sobretudo, do grande deslocamento de populações mais carentes para as regiões metropolitanas em busca de oportunidades de trabalho.

O crescimento populacional e a falta de planejamento urbano têm implicado num processo de ocupação de áreas de amortecimentos de cheias, como as várzeas e os próprios talvegues naturais, com moradias e ampliação de estradas e avenidas.

Nesse sentido, podem-se destacar: a Av. Conde da Boa Vista, a Av. Recife, a Av. Caxangá, a Av. Mascarenhas de Moraes, a Av. Boa Viagem, a Av. Domingos Ferreira, a Av. Dezanete de Agosto, a Rua São Miguel e tantas outras; todas foram objeto de ampliação com aterros de áreas de manguezais e/ou várzeas incluindo também implantação de redes de saneamento de esgoto e águas pluviais.

Com o processo acelerado de ocupação e impermeabilização do ambiente urbano, advieram consequências como mudança no comportamento do ciclo hidrológico com a intensificação dos escoamentos superficiais, e, conseqüentemente, subdimensionamento das redes de macro e microdrenagem

This model, widely used in Europe, particularly to address sanitary issues, was introduced at the same time as Brazil's infectious-disease-stricken coastal cities were being modernized and restructured in a manner that involved basically tearing down the old colonial city in its entirety and replacing it with a modern hygienic one (FARIA, 2015). Figure 4 shows a map of Saturnino de Brito's sanitation plan, covering parts of the neighborhoods of Afogados, Pina, São José, Santa Rita, Santo Antônio, Recife City Center, Boa Vista, Madalena and parts of Santo Amaro.

At this time, according to IBGE census data, the population of Recife accounted for around 10% of the population of the State as a whole. Figure 5 provides an illustration of population growth in Recife over time. At the turn of the 20th century, the population of the city (1900 Census) was 113,106 in absolute terms; by 2010, this figure had grown to 1,537,704.

The data show that the population of the city began to grow exponentially between the 1940s and the 1970s, by which point there had been an increase of almost 1,000% in relation to 1900. This was probably a consequence both of migration from overseas — as a result of the two world wars — and of internal migration caused, principally, by large-scale displacement of the least privileged members of society to metropolitan regions in search of work.

Population growth and the lack of urban planning resulted in the occupation of flood protection areas, such as meadows and natural lines of lowest elevation, by housing and widened roads and avenues.

Examples of this include Av. Conde da Boa Vista, Av. Recife, Av. Caxangá, Av. Mascarenhas de Moraes, Av. Boa Viagem, Av. Domingos Ferreira, Av. Dezanete de Agosto, Rua São Miguel and others, all of which were widened by the land filling of mangroves and/or meadowland, along with the installation of sanitary sewerage and storm water drainage.

This intensification of the process of occupation and soil sealing of the urban environment brought consequences such as changes in the water cycle and increased surface runoff. This meant that the macro- and micro-drainage systems turned out to be too small and flooding of the main rivers and surrounding localities worsened.

A number of interventions were undertaken, mainly in the field of macro-drainage, owing to the fact that, since 1632, Recife has periodically experienced the effects of flooding of the River Capibaribe (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2017), with drastic consequences for the population of the city, leading eventually to the construction of a system of barrages in the Capibaribe Basin. The results of the last great flood involving this river, in 1975, can be seen in Figure 6, which shows the region of the city between the neighborhoods of Ilha do Retiro and Ilha do Leite completely under



FIGURA 4
Área de intervenção do Plano de Saneamento.

FIGURE 4
Area covered by Sanitation Plan Intervention.

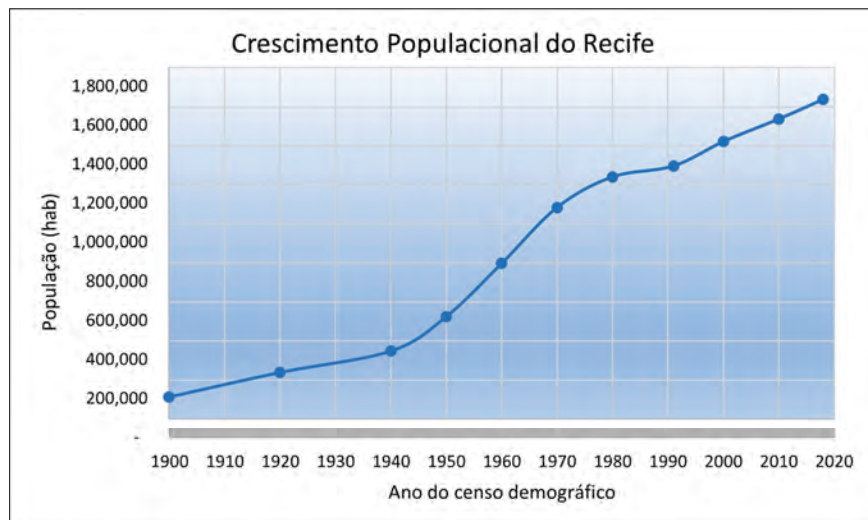


FIGURA 5
Crescimento populacional
do Recife.

FIGURE 5
Population Growth in Recife.

com o passar do tempo, amplificando cheias dos rios principais e alagamentos em logradouros.

Algumas intervenções foram implementadas, principalmente, em nível de macrodrenagem, uma vez que o Recife, desde 1632, sofria com as cheias do Rio Capibaribe (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2017), que traziam consequências drásticas para a população da cidade, culminando com a construção de um sistema de barragens na Bacia do Capibaribe. Os resultados da última grande cheia desse rio, em 1975, podem ser verificados na Figura 6, em que é mostrada a região da cidade entre os bairros da Ilha do Retiro e da Ilha do Leite, ocupada pelas águas. No entanto, os outros dois rios menores (Tejipió e Beberibe) impactam suas bacias com suas cheias anualmente, trazendo transtornos, sobretudo, à mobilidade em suas bacias.

Em alguns logradouros, basta a ocorrência das marés de sizígia superiores a 2 m para se constatarem alagamentos. Tal fato levou a Prefeitura, através da Emlurb, no início dos anos 2000, a iniciar a implantação de sistemas com comportas e estações elevatórias.

A Av. Agamenon Magalhães, no centro da cidade, foi a primeira área a receber o sistema de comportas nas duas extremidades do Canal Derby-Tacaruna, visando proteger a avenida de transbordamentos durante a ocorrência de marés dessa magnitude.

A Av. Recife, na esquina com a Av. Dom Hélder, no bairro do Ipsep, foi também alvo de implantação do primeiro sistema de elevatória e comporta, no início dos anos 2000, para conter os frequentes alagamentos devido às marés. Vale salientar que no referido logradouro ainda se constata alagamentos, sendo necessárias intervenções no sistema de microdrenagem da bacia contribuinte.

water. The other two smaller rivers (Tejipió and Beberibe) also annually flood their basins, causing disruption, especially for traffic in the area.

In some locations, spring tides higher than 2 m are sufficient to cause flooding. In the early 2000s, this led the City Hall, through Emlurb, to commence installation of floodgates and pumping stations.

Av. Agamenon Magalhães, in the center of the city, was the first location to receive the system of floodgates at both ends of the Derby-Tacaruna canal, to prevent flooding of this major highway during tides of this magnitude.

The intersection of Av. Recife with Av. Dom Helder, in the Ipsep neighborhood, was also, in the early 2000s, included in the first floodgate and pumping system to contain flooding caused by tides. It should be pointed out that flooding still occurs in this location, as there is a need for micro-drainage system interventions in the basin that flows into it.

It is also worth mentioning the installation of pumping stations at the northern end of the Derby-Tacaruna Canal in 2017, the aim of which was to reinforce the protection provided for Av. Agamenon Magalhães by the floodgates system, and the installation of a pumping station at the intersection between Rua da Aurora and Rua Capitão Lima, in the Santo Amaro neighborhood, whose aim was to contain the flooding of these roads during high tide (Figure 7).



Pode-se citar ainda: a implantação de estações elevatórias na extremidade norte do Canal Derby-Tacaruna em 2017, cujo objetivo foi de reforçar o sistema de proteção da Av. Agamenon Magalhães, em conjunto com as comportas; e a implantação da elevatória da Rua da Aurora com a Rua Capitão Lima, no bairro de Santo Amaro, com o objetivo de conter o alagamento dessa rua durante a ocorrência de marés altas (Figura 7).

FIGURA 6
Bairro da Ilha do Retiro na cheia de 1975.

FIGURE 6
Ilha do Retiro neighborhood during the floods of 1975.



FIGURA 7
Alagamento na Rua da Aurora em março/2016 pela maré de 2,7 m (DHN).

FIGURE 7
Flooding of Rua da Aurora in March 2016 by 2.7 m high tide (DHN).

1.2. DIRETRIZES PARA A GESTÃO DA DRENAGEM

O estabelecimento de diretrizes tem o objetivo, primeiramente, de atingir resultados que propiciem o funcionamento dos sistemas para eventos de chuvas intensas e, conseqüentemente, controlem as cheias dos rios e riachos, como também mantenham o controle dos efeitos das marés de sizígia nos sistemas de micro e macrodrenagem. Tais objetivos devem se basear nas seguintes diretrizes para uma gestão eficiente, fundamentadas no Plano Diretor de Drenagem do Recife e nos Princípios Norteadores definidos pelo Ministério das Cidades:

- Promover a sustentabilidade dos sistemas de drenagem de águas pluviais.
- Estabelecer a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.
- Priorizar o amortecimento de vazões geradas pelo escoamento superficial a partir das técnicas compensatórias de drenagem.
- Priorizar a renaturalização dos rios e riachos.
- Priorizar a educação ambiental em parceria com entidades educacionais, principalmente nos territórios críticos.
- Atuar junto a outros atores municipais e estaduais visando ao controle de ocupações e lançamentos de efluentes poluidores e resíduos sólidos na rede de drenagem de águas pluviais.
- Atuar preventivamente no controle sobre intervenções em logradouros por parte de terceiros, aplicando os instrumentos de políticas públicas existentes.
- Complementar e manter o cadastramento dos sistemas de micro e macrodrenagem da cidade.
- Estabelecer abordagem de manutenção preventiva/preditiva nos territórios críticos.
- Promover adequação e substituição dos elementos de drenagem, inclusive tampas e tampões.
- Desenvolver projetos visando solucionar os pontos críticos de drenagem da cidade.
- Monitorar os sistemas de drenagem utilizando novas tecnologias (filma-gens) que propiciem informações sobre as condições estruturais, sobretudo de redes condutoras.

Com base nessas diretrizes, a PCR tem avançado em pontos que necessitam de legislação específica, podendo-se citar, além da Lei do Teto Verde (Lei nº 18.112/2015), a Lei de Pavimentação (Lei nº 18.355/2017), que tem propiciado controle nas intervenções em logradouros, especialmente por parte de redes concessionárias, como abastecimento de água, rede de esgoto, redes de telecomunicações, rede de distribuição de gás, entre outras.

1.2. DRAINAGE MANAGEMENT GUIDELINES

Guidelines have been introduced primarily to improve the functioning of systems in the event of heavy rains and consequently control the flooding of rivers and streams and contain the effects of spring tides on micro- and macro-drainage systems. These aims should also be based on the management guidelines laid out in the Recife Master Plan for Drainage and in the Guiding Principles drawn up by the Ministry of Cities, as follows:

- To promote the sustainability of storm water drainage systems.
- To establish the drainage basin as the basic unit of planning and management.
- To prioritize the use of sustainable drainage system techniques for protection from flooding caused by surface runoff.
- To prioritize the restoration of rivers and streams.
- To prioritize environmental education in partnership with teaching institutions, especially in critical areas.
- To work with other municipal and state actors to control the occupation of land and the disposal of wastewater and solid waste in the storm water drainage system.
- To take preventive action to control interventions undertaken by third parties, by applying existing public policy instruments.
- To complement and keep an updated register of micro- and macro-drainage systems in the city.
- To introduce an approach to maintenance based on forecasting and prevention in critical areas.
- To promote the upgrading and replacement of elements of the drainage system, including covers.
- To develop projects to address critical points in the city's drainage system.
- To monitor drainage systems using new technologies (video) that provide information on structural conditions, especially pipelines.

In keeping with these guidelines, Recife City Hall has been making progress on points that require specific legislation, including the Green Rooftops Act (Law nº 18,112/2015), and the Road Surfacing Act (Lei nº 18.355/2017), which provide for oversight of local interventions, especially on the part of the providers of utilities such as water, sewerage, telecommunications, natural gas, and the like.

A Sanitation Bill is currently being drafted by the Sanitation Committee. This will complement existing legislation and provide better oversight of the urban environment.

Atualmente, encontra-se em fase de edição de projeto de lei, na Câmara Temática de Saneamento, a Lei de Saneamento, que irá complementar as legislações já existentes e propiciar melhor controle do espaço urbano.

1.3. PROJETOS

A partir da década de 1970, o poder público vem desenvolvendo atividades e projetos visando planejar e requalificar os sistemas de drenagem de águas pluviais da cidade. No final dessa década, a Prefeitura do Recife executou seu primeiro Plano Diretor de Drenagem Urbana, criado pela Encibra em 1978, estabelecendo diretrizes a serem seguidas, manual de drenagem, além da primeira equação de chuva para a cidade, baseada em dados pluviométricos de 50 anos da estação climatológica do Inmet.

No início dos anos de 1980, a Acquaplan/Fidem desenvolveu um Plano Diretor de Macrodrenagem para a Região Metropolitana do Recife, em que, além de diretrizes e caracterização com cadastramento da rede de macrodrenagem dos principais corpos de água da RMR, estabeleceram-se duas equações de chuvas para a respectiva região, baseada nos mesmos dados pluviométricos do Inmet, cuja orientação é a adoção do valor máximo entre essas IDF's (curvas de intensidade, duração e frequência).

Com base nos estudos citados anteriormente, os projetos passaram a ser desenvolvidos seguindo as novas diretrizes e parâmetros hidrológicos estabelecidos. Os projetos visavam à requalificação das redes existentes, podendo-se então citar diversas intervenções na rede de macrodrenagem, como:

- A requalificação de riachos como o Setúbal, Derby-Tacaruna, Jordão, Iburá, Guarulhos, Cavouco, Vasco da Gama, dentre outros.
- Em termos de microdrenagem, nas décadas de 1980 e 1990, foram desenvolvidos projetos para requalificação de sistemas implantados ainda em meados do século XX. Como é o caso dos sistemas da Rua das Ninfas, Rua do Futuro, trecho da Av. Caxangá, Av. João de Barros, Av. Dr. José Rufino, dentre outras, onde se constatavam alagamentos. Vale destacar que, mesmo com as intervenções em alguns desses logradouros, as soluções não alcançaram 100% de êxito, necessitando de intervenções complementares.
- No início do século atual, veio também o advento de novas técnicas no Brasil, definidas como *Técnicas Compensatórias de Drenagem*. No Recife, pode-se destacar a implantação do primeiro reservatório de retenção localizado na Rua Santos Elias, dando solução para os recorrentes alagamentos da Rua Conselheiro Portela (Figura 8). Essa solução tem a finalidade de reter a água da chuva correspondente ao volume do alagamento

1.3. PROJECTS

Since the 1970s, the public authorities have been undertaking projects and activities that aim to plan and upgrade storm water drainage systems in the city. In the late 70s, Recife City Hall introduced its first Master Plan for Urban Drainage, created by Encibra in 1978, providing guidelines to be followed, a drainage manual, and the first rain equation for the city, based on fifty years of rainfall data from the InMet weather station.

In the early 1980s, Acquaplan/Fidem developed a Macro-Drainage Master Plan for the Recife Metropolitan Region (RMR). This plan provided guidelines and an official inventory of the macro-drainage network of the main bodies of water in the RMR. It also established two rain equations for this region, based on the same InMet data, and advised the adoption of the high-points of these IDF (intensity, duration and frequency) curves.

The projects were developed in accordance with new guidelines and hydrological parameters suggested by the aforementioned studies. These projects aimed to upgrade existing networks and included the following macro-drainage network interventions:

- Restoration of streams such as Setúbal, Derby-Tacaruna, Jordão, Iburá, Guarulhos, Cavouco, Vasco da Gama, and others.
- In terms of micro-drainage, the 1980s and 1990s saw the development of projects to regenerate the systems that had already been introduced in the mid-20th century. This was the case with the systems serving Rua das Ninfas, Rua do Futuro, one stretch of Av. Caxangá, Av. João de Barros, Av. Dr. José Rufino, and others, all of which were prone to flooding. It should be noted that, interventions in these locations were not always 100% successful and required further interventions at a later stage.
- The early 21st century has seen the arrival in Brazil of new sustainable drainage system techniques. In Recife, this has involved the installation of the first detention basin, located on Rua Santos Elias, to prevent repeated flooding of Rua Conselheiro Portela (Figure 8). The aim of this solution was to contain a quantity of storm water corresponding to the volume of flooding at this location for a certain period of time, so as not to impact the downstream micro-drainage system located on Rua do Espinheiro, thereby also reducing flooding of this thoroughfare.

In 2012, Recife City Hall, through Emlurb, began to draw up a new Municipal Plan for Storm Water Drainage and Management in Recife (PMDR). This led to the establishment of new guidelines founded on principles such as prioritization of maintenance and preservation of flood protection areas (mangroves and



FIGURA 8
Reservatório de retenção da Rua Santo Elias em construção.

FIGURE 8
Rua Santo Elias detention reservoir under construction.

do citado logradouro por um determinado tempo, para não impactar o sistema de microdrenagem de jusante localizado na Rua do Espinheiro, aliviando também os níveis de alagamento dessa via.

Em 2012, a Prefeitura do Recife, através da Emlurb, deu início à concepção de seu novo Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife (PMDR); nesse trabalho, ficaram estabelecidas novas diretrizes fundamentadas em princípios norteadores que priorizam a manutenção e preservação de áreas de amortecimentos (manguezais e margens de cheias de rios e riachos), educação ambiental, redução das vazões de pico, além da renaturalização de rios e riachos urbanos.

Foram ainda desenvolvidos projetos de revitalização dos rios Tejipió e Jiquiá, incluindo a dragagem dos respectivos corpos de água, além de requalificação dos riachos Jardim Planalto, Guarulhos, Malária, Ibura e Vila das Crianças.

Além disso, no PMDR foram produzidos os cadastros planialtimétrico de 99 canais do Recife e o cadastro superficial de elementos de microdrenagem, correspondendo a uma extensão de 1.057,28 km de galerias, além de 398,03 km de canaletas. No Quadro 1, é apresentado o quantitativo dos elementos de drenagem cadastrados por RPA.

levees), environmental education, reducing peak water levels, and restoration of urban rivers and streams.

Revitalization projects have been developed for the Rivers Tejipió and Jiquiá, including dredging of these watercourses, and regeneration of the Jardim Planalto, Guarulhos, Malária, Ibura and Vila das Crianças streams.

The PMDR also contains a topographic register of 99 canals in Recife and an inventory of surface micro-drainage elements covering a 1,057.28 km network of sewers and 398.03 km of gutters. Table 1 shows the number of drainage elements inventoried per Political-Administrative Region (PAR).

- The PMDR also provided: a new drainage manual, establishing new hydrological parameters and updating the rain equation of the city; environmental studies of drainage basins in the city; a study of the concepts underlying the existing system of drainage, and a diagnostic study of drainage systems.
- In 2014, City Hall sent the Council Chamber a Bill requiring new public and private urban development projects covering an area equal to or greater than 500 m² to reduce storm water runoff by installing sustainable drainage techniques, such as green roofs and detention and retention reservoirs. The Bill passed into law in 2015 as Law nº 18,112 stipulates the size of basins and encourages the reuse of rainwater. Since then, 80 projects

	RPAs – RECIFE PARs – RECIFE						
Drenagem <i>Drainage</i>	RPA 1 Centro <i>PAR 1</i> <i>Center</i>	RPA 2 Norte <i>PAR 2</i> <i>North</i>	RPA 3 Noroeste <i>PAR 3 North</i> <i>West</i>	RPA 4 Oeste <i>PAR 4</i> <i>West</i>	RPA 5 Sudoeste <i>PAR 5 South</i> <i>West</i>	RPA 6 Sul <i>PAR 6 South</i>	Total <i>Total</i>
Rede de condutos (m) <i>Network of conduits (m)</i>	128.058	125.444	114.899	248.036	172.379	268.463	1.057.279
Rede de canaletas (m) <i>Network of gutters (m)</i>	10.244	103.454	158.353	21.170	29.560	75.251	398.032
Poço de visita-pv (un.) <i>Maintenance holes (un.)</i>	3.422	2.310	2.740	2.887	2.097	2.740	16.196
Boca de lobo-bl (un.) <i>Storm drains (un.)</i>	2.521	2.165	2.114	3.488	2.716	2.591	15.595
Caixa de gaveta-cg (un.) <i>Box drains (un.)</i>	4.224	4.953	3.949	10.673	7.547	12.564	43.910

QUADRO 1
Elementos do Sistema da Microdrenagem
por RPA.

TABLE 1
Micro-Drainage System Elements per PAR.

- O PMDR ainda contemplou um novo manual de drenagem, com estabelecimento de novos parâmetros hidrológicos e atualização da equação de chuva para a cidade, estudos ambientais das bacias hidrográficas inseridas no município, estudo relativo a concepções de drenagem existente, além do estudo de diagnóstico dos sistemas de drenagem.
- No ano de 2014, a Prefeitura encaminhou um projeto de lei à Câmara dos Vereadores em que estabelece que os novos empreendimentos públicos e privados com área igual ou maior que 500 m² devem amortecer seus escoamentos de águas pluviais com a implantação no lote de técnicas compensatórias de drenagem, como teto verde e reservatórios de retardo e acúmulo. A lei, aprovada em 2015 com o nº 18.112, estabelece parâmetros de dimensionamento dos volumes dos reservatórios, além de incentivar o reúso das águas de chuvas. Nesse intervalo de tempo, já foram analisados e aprovados pela Emlurb projetos de 80 empreendimentos, resultando num volume amortecido de águas de chuvas de 720 m³ aproximadamente.

A partir de 2015, foi concebido um plano de intervenção em logradouros onde apresentavam alagamentos históricos, os chamados *pontos críticos de alagamento*, cujo objetivo foi o de avaliar e desenvolver projetos de requalificação de seus sistemas de microdrenagem, a saber:

have been examined and approved by Emlurb, resulting in approximately 720 m³ of rainwater being retained.

Since 2015, an intervention plan has been drawn up for locations historically known to be prone to flooding — the so-called critical points for flooding — with the aim of evaluating and developing projects to upgrade micro-drainage systems, as follows:

- Av. São Leopoldo, in the Engenho do Meio neighborhood, saw the installation of a project that put an end to flooding during periods of heavy rain. The project aimed, above all, to replace the pipelines of the existing system, damaged principally by sewage, with HDPE piping.
- Projects were also developed for Av. Recife in the Ipsep neighborhood, Av. Dr. José Rufino in the Estância neighborhood, and Av. Sul and Rua Imperial, in the São José neighborhood. These locations have been historically prone to flooding and this should be resolved or brought under control by these projects.
- A revitalization project has been developed for the Parnamirim Canal, including the removal of constructions illegally occupying its banks. This ongoing revitalization project also includes replacement of the micro-drainage

- A Av. São Leopoldo, no bairro de Engenho do Meio, foi alvo de implantação de um projeto que culminou com o fim de alagamentos quando da ocorrência de chuvas. O projeto objetivou, sobretudo, a substituição da tubulação da rede principal existente, danificada devido, principalmente, à ocorrência de efluentes de esgoto, por tubulação de Pead.
- Foram ainda desenvolvidos projetos para a Av. Recife, no bairro do Ipsep, para Av. Dr. José Rufino, no bairro da Estância, e para Av. Sul e a Rua Imperial, localizadas no bairro de São José. Esses logradouros apresentam alagamentos históricos, que devem ser resolvidos ou controlados com a implantação dos respectivos projetos.
- Para o Canal de Parnamirim, foi desenvolvido projeto de revitalização do riacho, incluindo a retirada de ocupações irregulares das margens e de seu leito. Em fase de obras, essa revitalização inclui ainda a substituição da rede de microdrenagem da Estrada do Encanamento. Tais intervenções objetivam resolver problemas de alagamentos em diversas regiões na bacia hidrográfica do riacho, como a própria Estrada do Encanamento, a Estrada das Ubaías e outros logradouros menores, mas de grande importância para os bairros inseridos na bacia.

network of Estrada do Encanamento. These interventions aim to solve problems relating to flooding in various parts of the canal's drainage basin, including Estrada do Encanamento itself, Estrada das Ubaías and other smaller-scale locations and are of great importance for the neighborhoods located in the basin.

2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA

A manutenção do sistema de drenagem deve ocorrer de forma preventiva e/ou preditiva, de modo a manter suas condições de funcionalidades sem comprometer a melhoria da qualidade de vida das pessoas e da condição ambiental do município.

- Manutenção preventiva é a intervenção programada que visa manter o sistema de drenagem apto a funcionar de modo adequado, com programação sistemática e periódica.
- Manutenção preditiva prevê quando deverá ser feita a intervenção, baseando-se no estado de conservação e funcionamento dos elementos de drenagem. Exige o acompanhamento periódico através de verificação pontual da rede de galerias, canaletas, poços de visita e caixas coletoras, etc. Esse tipo de manutenção indica as condições reais de funcionamento dos elementos ou equipamentos, prediz o tempo de vida útil dos componentes, evitando danos, aumentando o grau de confiança no desempenho dos elementos e reduzindo os serviços emergenciais não planejados.

A gestão desses serviços é um desafio, tendo em vista ser um tema interdisciplinar, que abrange aspectos sociais, ambientais, hidrológicos, políticos, entre outros.

Na cidade do Recife, o serviço de manutenção do sistema de microdrenagem objetiva atender às redes de condutos subterrâneos e canaletas superficiais abertas localizadas principalmente na região dos morros. E a manutenção da rede de macrodrenagem contempla 99 canais cadastrados, correspondente a uma extensão aproximada de 1.310 km, além de ações localizadas nos principais rios (Capibaribe, Beberibe e Tejipió), apesar de estes serem de responsabilidade estadual.

2.1. PONTOS DE ALAGAMENTO OU PONTOS CRÍTICOS DE DRENAGEM

A cidade do Recife apresenta diversos pontos de alagamentos que foram analisados e mapeados, levando em consideração a reincidência, as possíveis causas e a necessidade de intervenções com projetos e obras.

Esses pontos de alagamento, também denominados de *pontos críticos de drenagem*, é todo local onde, de forma recorrente, ocorrem alagamentos, que podem ser causados por ineficiência dos sistemas, baixo gradiente hidráulico, interferência com outras concessionárias e a imposição de projetos e obras, impactando diretamente na mobilidade urbana, excetuando-se os casos em que a manutenção corretiva do sistema resolva o referido alagamento (PCR, 2017).

2. PREVENTION/PREDICTION-BASED MAINTENANCE

Maintenance of the drainage system should be preventive and/or predictive in nature, to ensure that it continues to function effectively without diminishing the improved quality of life and environmental conditions for people living in the municipality.

- Preventive maintenance is programmed intervention aiming to keep the drainage system functioning adequately, in a regular systematic manner.
- Predictive maintenance assesses when intervention will be needed based on the state of conservation and functioning of drainage elements. This requires regular supervision by way of spot-checking of the network of sewers, gutters, storm drains, drain boxes, and so forth. This kind of maintenance provides evidence of the true condition and functioning of units and equipment and estimates the length of useful life of components, thereby avoiding damage, increasing confidence in the reliability of elements, and reducing the need for unplanned emergency maintenance.

The interdisciplinary nature of management of these services — involving social, environmental, hydrological and political factors, among others — poses a particular challenge.

In the city of Recife, the micro-drainage system maintenance service aims to meet the needs of the networks of underground conduits and open surface-gutters located primarily on hillsides. Maintenance of the macro-drainage network covers the 99 canals inventoried — around 1,310 km in total length — in addition to the main rivers (Capibaribe, Beberibe and Tejipió), despite the fact that these are technically the responsibility of the State government.

2.1. FLOOD POINTS OR CRITICAL DRAINAGE POINTS

The city of Recife contains various locations that are prone to flooding and these have been the subject of analysis and mapping that have taken into consideration repetitions, possible causes, and the need for interventions involving projects or construction work.

These flood points, also known as *critical drainage* points, occur at any point where flooding repeatedly occurs and this may be caused by the inefficiency of the system, the low hydraulic gradient, interference by other utility providers or construction work. This has a direct impact on urban mobility, except in those cases where corrective system maintenance stops the flooding (PCR, 2017).

Technical data collected by Emlurb over the past four years have made it possible to identify and evaluate 180 critical flood points in the city. Each location was analyzed and classified

PONTOS DE ALAGAMENTO <i>FLOOD POINTS</i>				
RPA	Quantidade <i>Quantity</i>	Resolvido <i>Resolved</i>	Obras até R\$ 100.000,00 <i>Works costing up to R\$ 100,000</i>	Obras acima de R\$ 100.000,00 <i>Works costing over R\$ 100,000</i>
1	34	10	14	10
2	20	7	8	5
3	17	9	6	2
4	30	20	5	5
5	31	7	8	16
6	48	20	2	26
Σ	180	73	43	64

TABELA 1
Classificação dos pontos de alagamento
Fonte: Emlurb, 2017.

TABLE 1
Classification of Flood Points
Source: Emlurb, 2017.

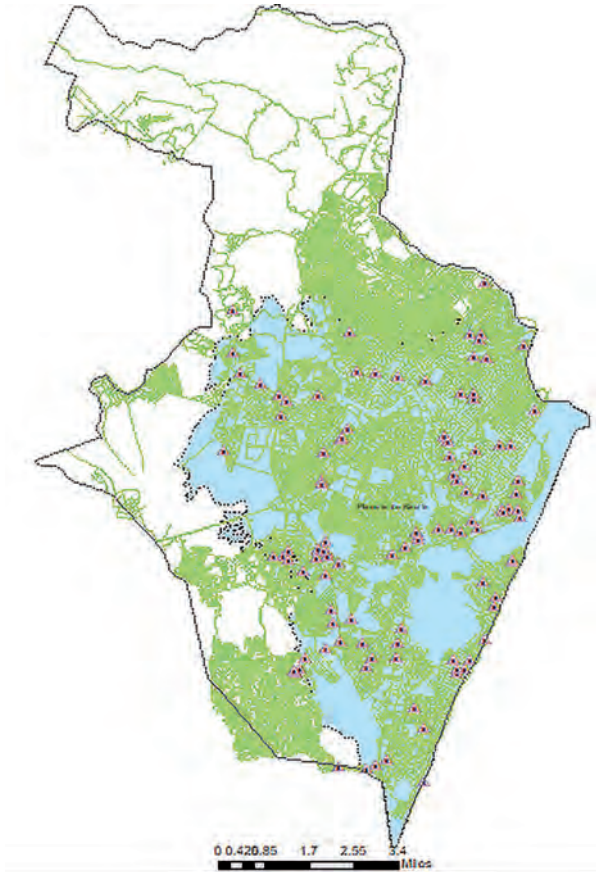


FIGURA 9
Mapeamento dos pontos críticos de drenagem.

FIGURE 9
Map of Critical Drainage Points.

Com base nos dados técnicos da Emlurb dos últimos 4 anos, foram identificados e avaliados 180 pontos críticos de alagamento na cidade. Após a análise, cada localidade foi classificada com uma ação a ser tomada (Tabela 1), visando resolver o problema de retenção ou escoamento deficiente da água pluvial. De acordo com dados da gestão da drenagem, entre 2013 e 2018 os pontos resolvidos atingiram 34 bairros, dentre os 94 existentes na cidade, e demandaram investimentos da ordem de R\$ 17,3 milhões. Para solucionar os pontos classificados como pequenas obras, há indispensabilidade de investimentos da ordem de R\$ 2 milhões. Já para os pontos que requerem maiores investimentos, há também a necessidade de estudos que apontem soluções em que não ocorram erros, como já constatados em outros modelos de gestão, e privilegie a sustentabilidade.

Na Figura 9, referente ao mapeamento dos pontos de alagamento não resolvidos, verifica-se que a grande maioria se concentra na planície, fato que corrobora a precariedade de escoamento nessa região, além de ser a área com maior taxa de ocupação irregular, que inclui manguezais, margens dos rios e riachos e incidência maior de aterros.

2.2. TERRITÓRIOS CRÍTICOS

As ações de manutenção do sistema de drenagem da cidade do Recife são realizadas nas 6 Regiões Político-Administrativas (RPA), atendendo aos critérios de natureza técnica, baseados no levantamento dos pontos críticos de drenagem. Com base na localização desses pontos críticos, foram analisados subsistemas de drenagem, formados por vias principais e seus contribuintes, denominados de *territórios críticos*. Em síntese, os territórios críticos correspondem a sub-bacias de sistemas principais de microdrenagem, que, devido a seu precário funcionamento, provocam alagamentos em diversos logradouros da bacia, exigindo uma ação integrada com abordagem preventiva.

Os serviços de limpeza desses territórios críticos fazem parte da manutenção preventiva, na qual há uma concentração de esforços numa área, tornando, dessa forma, as ações mais efetivas e, ainda, fazendo a compatibilização com o funcionamento do próprio sistema de drenagem, ou seja, nesse formato é realizada a limpeza de um subsistema de drenagem de jusante para montante.

Para o cumprimento dos serviços de limpeza nos territórios críticos, são consideradas algumas premissas a fim de que os serviços sejam realmente executados dentro dos prazos estabelecidos. Uma equipe de limpeza deve ser formada por, no mínimo, 10 homens, com todas as ferramentas necessárias e o apoio do jato de sucção para limpeza mecânica. A utilização da mobilização disponível deve se concentrar, predominantemente, nos territórios, ou seja, em torno de 60% dessa mobilização deve ser para serviços

according to the action needing to be taken (Table 1) to resolve the problem of retention or insufficient runoff of storm water. According to drainage management data from between 2013 and 2018, critical points had been resolved in 34 of the 94 neighborhoods in the city, requiring investment of around R\$ 17.3 million. To resolve the points classified as requiring minor work, investment to the order of R\$ 2 million is indispensable. For points requiring heavier investment, there is a need to conduct studies to ensure both that no errors are committed in providing solutions, as has occurred with other management models, and that sustainability is accorded high priority.

Figure 9 presents a map of flood points yet to be resolved, showing that these are for the most part located on the flood plain, further worsening the poor runoff conditions in this region. This area also has the highest rates of improper occupation of land and includes mangroves, the banks of rivers and streams, and extensive land-filling.

2.2. CRITICAL REGIONS

Maintenance of the city of Recife's drainage system is being carried out in all six Political-Administrative Regions (PARs), in accordance with criteria of a technical nature based on a survey of critical points for drainage. Identification of these critical points was used to analyze drainage subsystems formed by main roads and their tributaries, called *critical areas*. Put briefly, critical areas are major micro-drainage system sub-basins which function poorly and cause flooding at various locations in the basin, thereby requiring integrated action and a preventive approach.

Cleaning services in these critical areas form part of the preventive maintenance system, according to which efforts are concentrated in a specific area in order to make action more effective and to ensure its compatibility with the functioning of the drainage system itself. This is the format used for cleaning of a drainage system working upstream.

Provision of cleaning services in critical areas requires that a number of precautions be taken to ensure that services are in fact delivered within the agreed timeframe. Each cleaning team must comprise at least 10 individuals supplied with all the necessary tools and suction jet pump equipment for mechanical cleaning. Teams should focus primarily on critical areas, with around 60% providing preventive services and the rest corrective ones. The number of teams per PAR should be proportional to the number of critical flood points in each region. Mean productivity per team per day should be 100 meters (or 10 m³) of cleaning.

A number of risks associated with the planning of services in critical areas may make it difficult to meet service completion deadlines.

152 preventivos, e os demais para os corretivos. A quantidade de equipes por RPA deve ser proporcional à quantidade de pontos críticos de alagamentos em cada RPA. O rendimento mínimo por equipe e por dia deve ser de 100 metros de extensão de limpeza ou 10 m³.

Alguns riscos estão associados às programações dos serviços de territórios críticos, podendo comprometer o prazo da finalização dos serviços e onerá-los devido, por exemplo, ao não cumprimento do rendimento mínimo de 100 m/dia/equipe, bem como produtividade diferente das equipes mobilizadas, eventos não esperados em serviços de limpeza de drenagem enterrada, além das interferências com redes concessionárias.

2.3. NOVAS TECNOLOGIAS/MATERIAIS

2.3.1. Condutos corrugados de polietileno de alta densidade (Pead)

Geralmente, os serviços de implantação e manutenção de redes de drenagem eram realizados utilizando tubos de concreto; porém, com o aporte constante de esgoto sanitário que o sistema de drenagem recebe, além das seguidas contribuições de vazões das áreas impermeabilizadas, outro tipo de material vem sendo utilizado nas implantações/manutenções da rede de drenagem devido às características apresentadas, como alta resistência às cargas externas e abrasão, grande desempenho hidráulico, facilidade e rapidez de instalação: os tubos corrugados de polietileno de alta densidade, os chamados *tubos Pead*.

O polietileno de alta densidade (Pead), é um dos polietilenos mais importantes e resistentes, capaz de suportar temperaturas de até 60 °C e grandes cargas. Por fora, os tubos se apresentam como corrugados, em que os anéis mais salientes aumentam a resistência do tubo, e, por dentro, os tubos apresentam um revestimento liso com baixa rugosidade.

No entanto, é importante lembrar que os tubos não são resistentes ao fogo e, ao serem instalados, devem ser recobertos com uma camada suficiente de aterro que proteja o tubo contra algum eventual fogo na vegetação da superfície.

Esse tipo de material, um tubo leve de alta resistência à compressão, que apresenta disponibilidade de diâmetro de 100 mm a 1.500 mm, em que todas as barras possuem 6 metros de comprimento, apresenta várias vantagens em comparação com a manilha de concreto, tais como: redução de diâmetro devido a menor rugosidade interna (menor coeficiente de Manning); redução de maquinário pesado na obra para movimentação — transporte e colocação em valas; quantidade de aterro sobre este, que é reduzido; maior durabilidade do tubo; melhor resistência à abrasividade e aos raios UV (ultravioleta); além de suportar maior variação de pH (grau de acidez), importante função na cidade do Recife, devido ao baixo percentual de rede saneada e uma quantidade grande de esgoto doméstico ligada diretamente na rede de drenagem.

These include: failure to meet the minimum productivity target of 100 m/day/team; variations in productivity from team to team; unexpected events occurring during cleaning of underground drainage facilities; and disruption caused by other utility providers.

2.3. NEW TECHNOLOGIES/MATERIALS

2.3.1. Corrugated High-Density Polyethylene (HDPE) Conduits

Drainage network maintenance and installation services were in the past generally carried out using concrete pipes. However, in view of the constant flow of sanitary sewage that runs into the drainage system along with runoff from soil-sealed areas, corrugated high-density polyethylene (HDPE) pipes are now being used on account of their high level of resistance to external loads and abrasion, excellent hydraulic performance, and the speed and ease with which they can be installed.

High-density polyethylene (HDPE) is one of the most important and most resistant types of polyethylene, capable of supporting temperatures of up to 60 °C and very heavy loads. Furthermore, these pipes are corrugated with protruding rings to increase strength on the outside and a smooth coating on the inside.

It is however important to remember that these pipes are not fire-resistant and, after installation, need to be covered by a sufficiently thick layer of land-filling material to protect the piping should surface vegetation catch fire.

This light piping highly resistant to compression comes in diameters ranging from 100 mm to 1,500 mm and each unit measures six meters in length. HDPE piping presents numerous advantages compared to concrete, including: smaller diameter, as a result of the smoother inner surface (lower Gauckler-Manning coefficient); reduced need for heavy machinery to move the pipes around on site — for transport and installation; need for reduced quantity of land-filling material; greater durability; better resistance to abrasion and UV (ultraviolet) radiation; and tolerance of greater variations in pH (acidity). The last of these is important in the city of Recife, in view of the large proportion of the network in need of restructuring and the large quantity of domestic sewage that flows directly into the drainage network.

Between January 2014 and August 2018, Recife City Hall, through Emlurb, replaced 35 km of the concrete network with HDPE in the course of maintenance services alone.

2.3.2. Mobile Barrages

Mobile barrages are used to clean canals that present certain geometrical characteristics predisposing them to this method, principally the fact that the watercourse should be lined at least

De janeiro de 2014 a agosto de 2018, a Prefeitura do Recife, através da Emlurb, somente em serviços de manutenção de rede, substituiu mais de 35 km de rede de concreto por tubo Pead.

2.3.2. Barragem móvel

Trata-se de uma metodologia para limpeza de alguns canais da cidade que ofereçam certas características geométricas para sua aplicabilidade, e a principal é que o corpo de água tenha, pelo menos, revestimento das paredes laterais. O equipamento se resume a uma lona resistente fixada a uma estrutura metálica treliçada que se move ao longo da calha do riacho. O funcionamento se baseia no fechamento de uma comporta, a partir do enchimento da lona, com posterior abertura, propiciando uma descarga que objetiva arrastar os resíduos a jusante, principalmente os suspensos, promovendo uma limpeza superficial da calha do canal. Essa metodologia, patenteada pela empresa do Recife que faz a aplicação, já é utilizada há mais de 10 anos em diversos canais, proporcionando uma manutenção sem muito impacto nos logradouros, porém o sistema propicia assoreamento nas jusantes dos canais, necessitando, assim, de manutenção convencional nesses pontos (CABRAL e ALENCAR, 2005).

2.3.3. Limpeza mecanizada com a utilização do jato-sucção

Esse equipamento tem a finalidade de promover, basicamente, limpezas emergenciais de elementos das redes de drenagem, como condutos subterrâneos, caixas coletoras e poços de visitas, retirando sedimentos e resíduos de pequenas dimensões, possibilitando o escoamento imediato quando as obstruções estão apenas relacionadas ao assoreamento.

Os equipamentos de hidrojateamento com sucção são dotados, em geral, dos seguintes elementos e características: tanque reservatório, formato cilíndrico, reforçado, dividido em duas células, uma para água limpa e a outra uma câmara de vácuo para sucção de detritos, composto, comumente, de mangote de sucção de diâmetro de 4" ou 4.100 mm e instalados em caminhão com comprimento médio de 10,2 m, largura de 2,6 m e altura 4,2 m.

Destaca-se que há limitações quanto ao uso do equipamento, pois detritos com diâmetros superiores a 4" (aproximadamente 10 cm) não poderão ser sugados ou retirados da rede de galerias pelo sistema de jato-sucção, o que requer atuação conjunta com o serviço manual. Outra limitação é a questão da potência de jateamento e sucção, que deverá atender ao limite da resistência admitida para a tubulação, bem como a distância entre as bocas de lobo, que não deve ser superior a 30 m.

Portanto, o processo de limpeza mecanizada é condicionado à limitação técnica do equipamento, à capacidade de resistência à pressão da tubulação da rede de águas pluviais e, ainda, às dimensões da rua, conforme supramencionado, que são impeditivas considerando as dimensões médias dos veículos.

on the sides. The equipment consists simply of a waterproof tarpaulin fastened to a trellised metal structure that moves along the channel of the stream. The process involves closing a floodgate by filling a tarpaulin and subsequently opening it, thereby giving rise to a sudden release of water the aim of which is to drag residues — especially those in suspension — downstream, and superficially cleaning the channel of the canal. This method, for which a Recife service provider holds the patent, has already been used in the past ten years or more in various canals, providing maintenance without generating undue impact on the surrounding locality. This system does, however, cause silting of canals downstream and conventional maintenance of these points is therefore still required (Cabral & Alencar, 2005).

2.3.3. Mechanized High-Pressure Water Jet Cleaning

This equipment is usually employed to provide emergency cleaning of elements of the drainage network such as underground conduits, drain boxes, and maintenance holes, removing sediment and small-size residue, thereby enabling immediate runoff when the obstruction is caused by silting alone.

High-pressure water-jet suction-pump equipment normally includes the following elements to the following specifications: a cylindrical reinforced tank, divided into two sections, one containing clean water and the other a vacuum chamber to suck out detritus, usually comprising a 4"- or 4100 mm-diameter suction hose mounted on a 10.2 m-long, 2.6 m-wide 4.2 m-high tanker truck.

The use of this equipment presents a number of limitations, since detritus measuring more than 4" (approximately 10 cm) in diameter cannot be sucked out or removed from the sewerage network by way of the suction-jet system and requires manual back-up. Another limitation concerns the power of the suction jet, which needs to be compatible with the degree of resistance of the piping and the distance between storm drains, which cannot exceed 30 m.

The success of mechanized cleaning thus depends on the technical limitations of the equipment, the capacity of the storm water drainage pipelines to resist pressure and the dimensions of the street, given the average size of the vehicles used.

3. MANUTENÇÃO CORRETIVA

154 A manutenção corretiva é uma intervenção realizada quando detectada a ocorrência de eventuais falhas do sistema de drenagem ou até mesmo após seu funcionamento, como no caso do reservatório de detenção da Rua Santo Elias, haja vista que, após a ocorrência dos eventos de chuva intensa, há necessidade da manutenção com a limpeza especificamente do orifício.

Pode-se relacionar os principais serviços de manutenção corretiva, conforme abaixo:

- Limpeza emergencial de rede pontual, para sua desobstrução.
- Recuperação de elementos de microdrenagem com substituição de placas ou tampões de concreto pré-moldados danificados e revitalização de sarjetas.
- Abatimentos de galerias.

3.1. PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO

A participação da população na gestão da drenagem urbana é utilizada como um meio que influencia e contribui na elaboração dos planos de manutenção da cidade do Recife.

Os principais instrumentos de participação popular no Recife são as solicitações através de conselhos de moradores e lideranças comunitárias; da Central de Atendimento da Emlurb – 156; da Ouvidoria Municipal; da Câmara dos Vereadores; das redes sociais; e do Ministério Público de Pernambuco.

Com os pleitos realizados por meio desses instrumentos, são analisadas e estudadas possíveis soluções técnicas para o atendimento à população, bem como esses pleitos norteiam as prioridades de execução dos serviços.

3.2. INTERFERÊNCIA COM O TRÂNSITO DE VEÍCULOS

Os sistemas de macro e microdrenagem do Recife funcionam de forma deficiente devido a vários fatores relacionados ao relevo, ao tempo de vida útil dos elementos estruturais existentes e às ocupações urbanas irregulares.

Sabendo-se que uma drenagem precária atinge, diretamente, na durabilidade do pavimento e, conseqüentemente, na mobilidade urbana, grandes partes das tubulações da rede de drenagem da cidade ainda são de concreto, as quais podem romper devido à idade estrutural ou à influência de lançamentos irregulares de esgoto nestas. Surgem então os chamados *abatimentos*, que é o rompimento da parede de concreto da tubulação, provocando, assim, o afundamento do pavimento, que precisa ser recomposto após a resolução do problema de drenagem.

3. CORRECTIVE MAINTENANCE

Corrective maintenance involves interventions carried out as and when drainage system failures occur or even after it has ceased to function, as was the case with the Rua Santo Elias detention reservoir, given that, after heavy rain, there is a need for maintenance involving specific cleaning of the opening.

The main corrective maintenance services include:

- Emergency cleaning of network as required to remove obstructions.
- Recovery of micro-drainage elements by replacing damaged pre-molded concrete slabs or covers and restoration of gutters.
- Burst sewers.

3.1. PUBLIC PARTICIPATION

Public participation in urban drainage management can provide useful input for the planning of maintenance in a city such as Recife.

The main public participation instruments available in Recife concern requests issued through various channels. Such channels include: residents associations and community leaders; the Emlurb 156 Hotline; the Municipal Ombudsman; the City Council Chamber; social networks; and the Pernambuco Public Prosecutor's Office.

The resulting proceedings are then examined with a view to providing possible technical solutions to meet the people's needs. These requests also help to establish priorities regarding provision of services.

3.2. DISRUPTION RELATING TO VEHICULAR TRANSPORT

Recife's micro- and macro-drainage systems function poorly as a result of various factors relating to the lay of the land, the length of useful life of existing structural elements, and irregular and/or unlawful urban development.

Although a poor drainage system has a direct effect on road surface durability and hence on urban mobility, most of the city's drainage network pipelines are still made of concrete and prone to burst as a result of ageing or of the effect of improper use for sewage disposal. This has led to the appearance of so-called pot-holes, which occur when concrete pipes burst, causing the road surface to sink. In such cases, the road surface needs to be repaired as soon as the drainage problem has been resolved.

While drainage problems often have an effect on the flow of traffic, the reverse can also occur. Heavy flows of traffic can impede drainage maintenance, especially in the case of stretches of the network that run along public roadways. Maintenance can often only be carried out on weekends, to avoid causing congestion, or in

Além dos problemas de drenagem afetarem o trânsito de veículos, o inverso também acontece. O fluxo intenso de veículos inviabiliza muitos serviços de manutenção da drenagem, principalmente nos trechos da rede que passam pelo eixo das vias públicas. Muitas vezes, um serviço de manutenção só pode ser feito no fim de semana para não aumentar os engarrafamentos ou, se não for tão urgente, precisa esperar para ser feito no período de férias escolares, em que o trânsito de veículos é um pouco mais reduzido.

Outro problema de interferência com o trânsito acontece com caminhões de carga, visto que o Recife é um polo comercial regional e um centro de logística importante. Ao longo das últimas décadas, muitos galpões de armazenamento foram construídos em ruas próximas aos grandes eixos urbanos. Muitos caminhões de carga de comprimento longo não conseguem fazer a curva para entrar nas ruas transversais e sobem pela calçada, destruindo as bocas de lobo e os poços de visita. A Prefeitura é forçada a reconstruir as bocas de lobo e os poços de visita reforçando a armadura e a camada de concreto para resistir ao esforço adicional das cargas dos caminhões por cima das calçadas.

Outro problema bastante disseminado na cidade são as rampas de acesso de veículos que muitos empreendimentos comerciais ou residenciais fazem cimentando a sarjeta (e algumas vezes cimentando também a boca de lobo). As referidas rampas na sarjeta aumentam os alagamentos e prejudicam os pedestres, e, com o tempo, as águas acumuladas pela obstrução terminam danificando o asfalto do pavimento.

Dessa forma, o sistema de limpeza por territórios críticos, como limpeza preventiva, minimiza esse tipo de evento e, conseqüentemente, os impactos causados à mobilidade urbana, mas é muito importante que a sociedade faça sua parte e evite práticas que danifiquem o sistema de drenagem.

3.3. INTERFERÊNCIA COM OUTRAS REDES URBANAS

Arelado a isso, tem-se ainda a presença de outras concessionárias, tais como a de abastecimento de água, rede de esgoto, redes de telecomunicações, rede de distribuição de gás, entre outras, que instalam suas tubulações muitas vezes causando interferência direta na rede de drenagem e que precisam de reparos e manutenção constante, operações que acabam, fatalmente, afetando a vida útil dos elementos da drenagem. Frequentemente, as tubulações dessas concessionárias seccionam a rede de drenagem (Figura 10), sendo preciso sua recuperação, logo é necessário abrir o pavimento para tais correções e, assim, finalizar o reparo, impactando diretamente na mobilidade, já que grande parte dessas redes concessionárias está localizada em faixas de rolamento e/ou calçadas. Alguns exemplos podem ser citados, como:

less urgent cases, during school holidays, when traffic is much lighter.

As Recife is a regional commercial hub of great logistic importance, disruption of the drainage system can also be caused by heavy goods vehicles. In the past few decades, many warehouses have been constructed near to major urban thoroughfares. As many heavy-goods vehicles are too long to be able to turn the corner into the narrow streets, they drive over the sidewalk, destroying the storm drains and maintenance holes. The City Hall is obliged to repair these facilities, reinforcing the concrete to resist the additional load of the weight of such vehicles.

Another common problem in Recife concerns the access ramps for vehicles that many commercial or residential buildings construct over the gutter (sometimes even cementing over the storm drains). Such gutter ramps exacerbate flooding and obstruct the right of way of pedestrians. Over time, water builds up as a result of the obstruction and may damage the road and sidewalk surface.

Cleaning systems for critical areas, such as preventive cleaning, thus minimize such occurrences and, in consequence, their impact on urban mobility. It is however extremely important that society collaborates by avoiding practices that damage the drainage system.

3.3. DISRUPTION RELATING TO OTHER UTILITY NETWORKS

There are other utilities, such as water, sewerage, telecommunications, natural gas networks, that install lines that often directly interfere with the drainage network and require constant maintenance and repair. Such operations may, on occasions, affect the length of useful life of elements of the drainage system. Such utility lines frequently cut off the drainage network (Figure 10), which then needs to be repaired, requiring road works, which, in turn have a direct impact on mobility, since most of these utility lines are located underneath roads and/or sidewalks. Examples of this include:

- The intersection between Av. Caxangá and Av. Prof. Moraes Rego (BR-101), where the micro-drainage is disrupted at various points by other networks, damaging the drainage pipes. The City Hall has intervened on various occasions to mitigate flooding resulting from obstruction by other networks. One such location lies on the network under the sidewalk running alongside Av. Moraes Rego near the Av. Caxangá overpass (Figure 11 – Point 1), where the installation of telephone cable boxes has clogged the drainage system. Another such location on the same network occurs on the stretch downstream of the intersection with Av. Caxangá (Hospital

FIGURA 10
Canaleta da Rua Manoel Borba.

FIGURE 10
Gutter on Rua Manoel Borba.



FIGURA 11
Interferências na Av.
Caxangá com a Av.
Prof. Moraes Rego.

FIGURE 11
Disruption at the
intersection of Av. Caxangá
and Av. Prof. Moraes Rego.

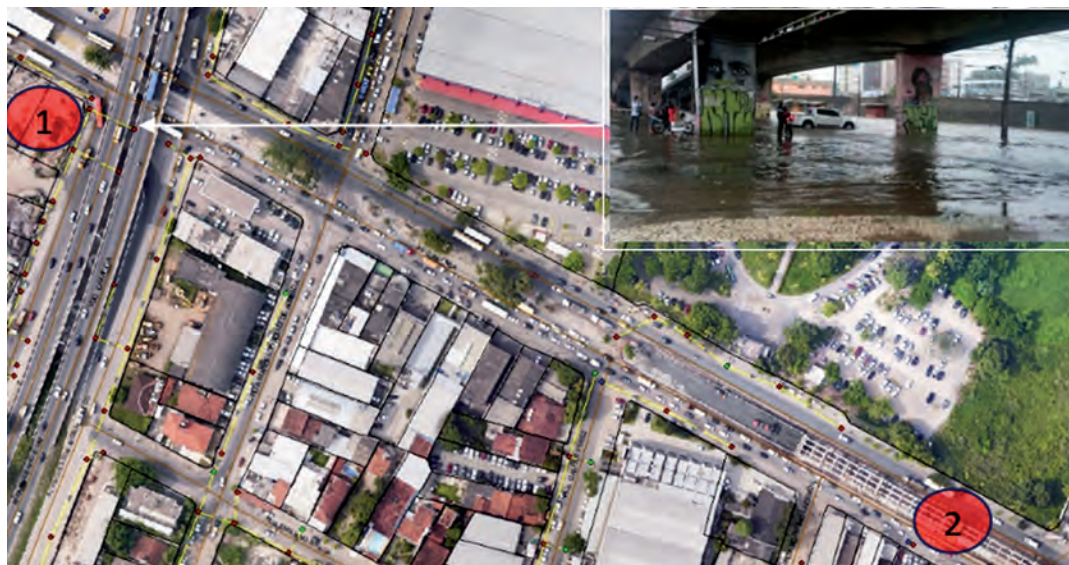


FIGURA 12
Interferência da rede
de drenagem da
Rua Prof. Benedito
Monteiro.

FIGURE 12
Disruption of the drainage
network on Rua Prof.
Benedito Monteiro.



- Na confluência da Av. Caxangá com a Av. Prof. Moraes Rego (BR-101), a rede de microdrenagem apresenta diversos pontos com interferência de outras redes, que prejudicam o sistema de drenagem. A Prefeitura fez várias intervenções buscando amenizar os alagamentos provocados pelas obstruções das outras redes. Um dos locais fica na rede existente na calçada da Av. Moraes Rego junto ao viaduto da Av. Caxangá (Figura 11 – ponto 1), em que a implantação de caixas da rede de telefonia estrangulou o sistema de drenagem. Outro local na mesma rede é o trecho de jusante no cruzamento da Av. Caxangá (Hospital Barão de Lucena), onde, no canteiro central da avenida (Figura 11 – ponto 2), foi implantada uma adutora de abastecimento de água com 600 mm de diâmetro, obrigando a Emlurb a construir um poço de visita de dimensões exageradas para acomodar a adutora e possibilitar o escoamento das águas pluviais. As intervenções efetuadas ao longo de vários anos amenizaram o problema causado pelas outras redes que danificaram o sistema de drenagem, mas os alagamentos ainda persistem, o que exige novas intervenções.
- Na esquina da Av. João de Barros com a Rua Joaquim Felipe, encontram-se alagamentos históricos devido a interferências da rede de telefonia, que ao longo dos anos tem expandido seu sistema com implantação de caixas e tubulação seccionando a rede de microdrenagem dessa avenida. Esse ponto foi alvo de diversas pequenas intervenções baseadas na limpeza e adequação de caixas coletoras, porém sem obter resultado satisfatório. Atualmente, a Emlurb, em conjunto com a URB, dentro do projeto de revitalização de calçadas da cidade, estuda uma intervenção em parte da rede, com substituição de tubulações por canaletas fechadas, acima da rede de telefonia e caixas maiores de captação, visando inclusive o acúmulo temporário de águas, o que possibilitará melhoria dos escoamentos e consequente diminuição dos níveis de alagamentos.
- Outra rede de águas pluviais que sofre interferência com uma adutora de 800 mm é a da Rua Prof. Benedito Monteiro, no bairro da Madalena, no cruzamento com a Av. Sport Clube do Recife (Figura 12). A companhia de abastecimento passou a adutora por dentro do poço de visita da drenagem, estrangulando o escoamento das águas pluviais. Na interferência, também foi necessária a construção de uma caixa para acomodar a adutora, visando facilitar o escoamento das águas de chuvas.

Esses pontos são exemplos da importância de uma abordagem de manutenção preventiva, haja vista que são pontos de acúmulo de sedimentos e lixo que contribuem para grandes alagamentos nesses logradouros, uma vez que tais pontos são jusantes de áreas de grandes contribuições em nível de microdrenagem.

Barão de Lucena), where a 600-mm-diameter water pipeline has been installed on the central reservation of the avenue (Figure 11 – Point 2), obliging Emlurb to build an oversized maintenance hole to accommodate the water pipeline and enable storm water runoff. Interventions over various years have alleviated the problems caused by other networks damaging the drainage system. Flooding, however, continues to occur in this location, requiring further interventions.

- Flooding has historically occurred at the intersection between Av. João de Barros and Rua Joaquim Felipe, owing to disruption by telephone lines, which has increased over the years with the installation of boxes and cables blocking the micro-drainage network on this avenue. This point has been the subject of various small-scale interventions involving cleaning and adaptation of the drain boxes, without satisfactory results. Emlurb is currently working in collaboration with URB, as part a city-wide sidewalk revitalization project, to look into the possibility of undertaking an intervention in part of the network, replacing piping with closed gutters, running above the telephone lines and larger drain boxes. This system also aims to temporarily accumulate water, improve runoff and thus reduce flooding.
- Another storm water network that has been disrupted by a 800-mm diameter water pipeline is the one located on Rua Prof. Benedito Monteiro in the Madalena neighborhood, on the intersection with Av. Sport Clube do Recife (Figure 12). The water company installed the pipeline inside a drainage maintenance hole, impeding storm water runoff. This disruption has also required the construction of a box to accommodate the water pipe and facilitate the runoff of storm water.

These locations provide good examples of the importance of preventive maintenance. They are points at which sediment and garbage accumulate and help to cause flooding downstream from important micro-drainage areas.

3.4. DISRUPTION CAUSED BY SEWAGE/ SOLID WASTE

According to Cabral and Alencar (2005), it is estimated that around 2,500 tons/day of solid waste are collected in Recife. However, in areas that are difficult to access, around 1% of this waste is believed to end up in the macro-drainage network. This does not include an unknown quantity of un-monitored waste disposal in the micro-drainage network, especially in the central region, leading to an increase in localized flooding.

According to data produced by the Compesa Water Authority, which is responsible for the collection and treatment of sewage, only 32% of

158 3.4. INTERFERÊNCIAS COM RESÍDUOS SÓLIDOS/ESGOTOS

De acordo com Cabral e Alencar (2005), a estimativa de resíduos sólidos coletados na cidade é de aproximadamente 2.500 t/dia, porém, nas áreas de difícil acesso, estima-se que 1% do resíduo produzido seja lançado nas redes de macrodrenagem de acordo com os autores. Soma-se a esse percentual uma quantidade não monitorada que é lançada na rede de microdrenagem, sobretudo na região central, contribuindo com o aumento dos alagamentos localizados.

De acordo com dados da Compesa, companhia responsável pela coleta e tratamento de esgoto cloacal, apenas 32% da cidade do Recife é atendida com esse serviço. Porém, várias constatações mostram que quase a totalidade da rede de drenagem de águas pluviais, incluindo rios e riachos, recebem efluentes sem tratamento, oriundos, principalmente, das populações de baixa renda, gerando uma poluição difusa ao longo dos sistemas de macro e microdrenagem. Tais lançamentos, como já colocado, nas tubulações de concreto e alvenaria proporcionam reações que contribuem para a deterioração desses elementos, ocasionando rupturas que irão refletir, essencialmente, na pavimentação, na forma de abatimentos, além de propagar doenças infecto-contagiosas, especialmente nas populações de baixa renda.

4. FINANCIAMENTO

4.1. NECESSIDADE - OBRAS NOVAS

Em termos da macrodrenagem, é fundamental que seja realizada a dragagem nos rios Tejipió e Jiquiá, que requerem intervenções cujos investimentos superam R\$ 60 milhões, montante inviável para a gestão municipal e para o qual, portanto, o município busca solução conjunta com o Governo Federal.

Para a microdrenagem, os investimentos para os serviços com projetos elaborados são da ordem de R\$ 16,2 milhões, excluindo os pontos que ainda necessitam da elaboração de estudos.

4.2. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Através das inspeções e análises voltadas ao desempenho do sistema de manutenção da microdrenagem do Recife, foi elaborado um plano de manutenção para esses serviços. A análise concluiu que há uma urgência de

the city of Recife is covered by this service. However, there is widespread evidence that almost the entirety of Recife's storm water drainage network, including rivers and streams, receives untreated sewage, deriving principally from low-income settlements and causing pollution throughout the macro- and micro-drainage systems. As noted above, disposal of such waste in concrete and brickwork pipes can bring about reactions that contribute to the deterioration of these elements, causing them to rupture and thereby damage the road surface, forming potholes and creating an environment conducive to the spread of infectious diseases, especially in low-income areas.

4. FUNDING

4.1. THE NEED FOR NEW DRAINAGE WORKS

In terms of macro-drainage, dredging of the rivers Tejipió and Jiquiá is essential. This will require investment of over R\$ 60 million, a sum that it is impossible for the Municipal administration to raise, necessitating involvement of the Federal Government.

The investment required for the projects and services planned comes to a total of around R\$ 16.2 million, not including points for which studies are yet to be produced.

4.2. OPERATION AND MAINTENANCE

Inspections and analyses of the performance of Recife's micro-drainage maintenance system have been used to draw up a plan for these services. The analysis revealed that there is an urgent need to increase mobilization and investment around fourfold in order to clean the micro-drainage network within four years, with around R\$ 31.4 million being required per year, or R\$ 125 million overall.

5. LIMITATIONS

The limitations can be classified into two categories: financial and technical.

5.1 FINANCIAL

Financial limitations are directly related to the funds available and the need to install a preventive/predictive management approach, in addition to the structural requirements of the micro- and macro-drainage works. This depends on public policy, which, at municipal level, lacks revenue compared to other areas of municipal

incrementar em cerca de 4 vezes a mobilização e os investimentos para que toda a rede de microdrenagem seja limpa em 4 anos, sendo preciso o aporte de cerca de R\$ 31,4 milhões por ano, totalizando, no investimento necessário, mais de R\$ 125 milhões.

5. LIMITAÇÕES

As limitações podem ser classificadas em dois aspectos: o primeiro, de ordem financeira e, o segundo, de ordem técnica.

5.1. DE ORDEM FINANCEIRA

Esse aspecto está relacionado, diretamente, ao que é disponibilizado e ao que se precisa para implantar uma abordagem preventiva/preditiva de gestão, além de necessidades de obras estruturais tanto no âmbito da macrodrenagem como na de microdrenagem. Esse aspecto é dependente de políticas públicas, em que, no caso do âmbito municipal, há déficit de arrecadações quando comparado com a demanda das diversas áreas da administração municipal, tornando os municípios dependentes de verbas federais, principalmente para obras; como exemplo, cita-se a própria elaboração do Plano Diretor de Drenagem, em que houve a carência de aporte financeiro do Governo Federal em mais de 70%.

5.2. DE ORDEM TÉCNICA

Com relação ao aspecto técnico, pode-se, em primeiro lugar, destacar o item de recursos humanos, uma vez que as autarquias responsáveis pela gestão da infraestrutura da cidade conta com quadro de pessoal técnico na fase de aposentadoria e com poucos quadros com especialização em áreas como a do saneamento. Uma das metas da gestão da drenagem urbana é a qualificação de pessoal, bem como uma renovação gradativa do quadro.

Com relação a equipamentos, o objetivo principal está em buscar novas técnicas e melhorias na legislação no que concerne ao controle urbano, tanto no aspecto de ocupação quanto no de intervenções em logradouros, incluindo a melhoria de instrumentos, como a fiscalização.

administration. This makes municipalities dependent on federal funding, especially for public works such as the aforementioned Master Plan for Drainage, which registered a shortfall requiring Federal Government support of around 70%.

5.2. TECHNICAL

Technical limitations concern primarily human resources, since the technical team of the authorities responsible for management of city infrastructure is composed of individuals near retirement age without much in the way of specialization in fields such as sanitation. One of the city's drainage management goals is therefore staff training and gradual replacement of staff.

In terms of equipment, the main aim is to look for new techniques and seek improved urban planning legislation, both with regard to occupation of land and interventions at local level, including improved tools for operations such as inspection.

Para aprimorar a gestão da drenagem urbana nos próximos anos, sugere-se a priorização do estudo da drenagem na fase do planejamento. Muitas vezes, as obras públicas são planejadas sem pensar nas consequências que a chuva pode trazer, no final é que se acrescentam alguns complementos de drenagem. Para um melhor resultado, é importante quebrar o paradigma e começar a pensar no manejo das águas pluviais desde o início, na fase de concepção do projeto.

Drenagem urbana é um assunto multidisciplinar e multi-institucional. É importante conscientizar todos os órgãos gestores municipais ligados à Prefeitura (Secon, URB Emlurb, CTTU, Sesan, Semas), inclusive estaduais ou federais (CPRH, Secid, Grande Recife Consórcio de Transporte, aeroporto, metrô...), visto que as intervenções dos diversos órgãos podem ter consequências no escoamento das águas pluviais.

É preciso lembrar que as águas pluviais não obedecem aos limites municipais, sendo necessário pensar e planejar conjuntamente com municípios vizinhos. Portanto, vale a pena iniciar estudos para uma abordagem metropolitana dos problemas de drenagem.

Em relação à interferência com outras redes, é importante que sejam realizados estudos e estabelecidas diretrizes para disciplinamento do subsolo das calçadas e vias públicas de modo que outras redes não danifiquem o sistema de drenagem urbana.

Outro ponto considerável se refere ao orçamento municipal, que deve ser reconhecido pela importância da drenagem urbana; a administração pública deve buscar alternativas para alocar recursos para financiamento de novas obras, bem como para financiamento da operação e manutenção dos diversos componentes do sistema de drenagem.

Por último, mas não menos importante, é necessário um processo de educação hidroambiental com enfoque nas águas urbanas, sendo aplicado não só nos estabelecimentos de ensino, mas direcionados à sociedade como um todo.

Improvement of urban drainage over the coming years requires that priority be given to the study of the drainage system during the planning phase. Public works are commonly planned without due consideration of the consequences that rain may bring, with drainage features only added at the very end of a project. To achieve better results, we need to break with the prevailing paradigm and to start thinking about storm water management from the very outset, during the project design phase.

Urban drainage is a multidisciplinary multi-institutional field. It is important to raise awareness in all municipal management organizations linked to City Hall (Secon, URB Emlurb, CTTU, Sesan, and Semas), and some State and Federal organizations also (CPRH, Secid, the Greater Recife Transport Consortium, the airport, the metropolitan railway and so forth) to ensure that interventions carried out by a wide range of organizations have a positive impact on storm water runoff.

It should be remembered that rainwater does not recognize municipal boundaries and there is thus a need to design and plan operations in collaboration with neighboring municipalities. It is therefore worth undertaking studies looking into a metropolitan approach to drainage issues.

In terms of disruption caused by other networks, it is important that studies be conducted and guidelines established to discipline the use of the subsoil of public sidewalks and roadways in such a way as to ensure that other networks do not damage the urban drainage system.

Another point to be considered concerns the municipal budget, which should accord due importance to urban drainage. The public authorities should seek alternative ways of allocating resources to fund new public works, along with the operation and maintenance of various components of the drainage system.

Last but not least, there is a need for education regarding the environment and urban water resources not only in teaching institutions, but also in society as a whole.





6

AS ÁGUAS DO RECIFE E O ORDENAMENTO DA PAISAGEM URBANA

***THE WATERS OF RECIFE AND URBAN
LANDSCAPE PLANNING***

**ONILDA GOMES BEZERRA
ALISON JORGE ALVES DO CARMO**

A discussão aqui levantada objetiva trazer à tona a reflexão sobre a importância e o papel das Áreas de Preservação Permanente (APPs)¹ e outras áreas lindeiras a cursos de água urbanos como espaços livres públicos que contribuem para o sistema de drenagem e estruturam Unidades Paisagísticas e outras infraestruturas urbanas. Observa-se que essa abordagem se mostra imprescindível a estudos de intervenção urbano-paisagística em áreas marginais que busquem integrar as águas urbanas ao caráter das paisagens ribeirinhas e ao tecido urbano em uma totalidade ordenada. Exemplificam-se aqui ações dessa natureza apresentando-se uma preliminar Proposta de Intervenção Urbano-Ambiental para as Margens de Rios e Riachos da Cidade do Recife, desenvolvida no âmbito do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife (PMDR).

Através da apresentação deste trabalho, busca-se comentar e discutir até que ponto ações urbano-paisagísticas podem contribuir para a conservação e a adequada inserção dessas áreas no tecido urbano segundo uma visão integrada da paisagem, na qual uma apropriação bem-sucedida de seus espaços pode ser capaz não só de proteger e conservar vegetações ciliares e corpos hídricos, mas contribuir para a organização e manutenção de demais infraestruturas inter-relacionadas, tais como a drenagem propriamente dita, o sistema de saneamento, o sistema de espaços livres públicos e os sistemas de circulação, passeios, calçadas, etc., como também os de iluminação. Ao compreender a paisagem como uma totalidade, observa-se que as águas urbanas e suas franjas constituem não só um sistema de drenagem, mas um amplo sistema urbano-paisagístico cujos territórios molhados constituem elementos fundamentais para o desenvolvimento das funções urbanas, socioambientais, estéticas e de mobilidade.

Parte-se aqui do pressuposto de que a preservação e a manutenção das APPs exercem importante papel no equilíbrio ecológico-ambiental, principalmente no que diz respeito ao escoamento das águas e à prevenção contra alagamentos e outros eventos hídricos; à manutenção da biodiversidade e de massas vegetais; à promoção de amenidade climática e do equilíbrio biológico; às funções urbano-paisagísticas dos espaços livres públicos, considerando-se possibilidades de usos de recreação, lazer e valorização das vivências humanas; e às funções de mobilidade, levantando-se a possibilidade de novas conexões viárias, já que compreendidas a continuidade, extensão e interconexão das redes hídricas, etc.

A pertinência dessa abordagem se deve ao fato de que, no Brasil, é visível a deterioração ambiental urbana, sobretudo ao longo dos cursos de água,

¹ APP – Área de Preservação Permanente: “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (incisos II do art. 3º e I do art. 4º, da Lei nº 1.651, de 25 de maio de 2012).

The discussion presented here reflects upon the important role played by Permanent Preservation Areas (PPAs)¹ and other areas bordering urban watercourses as open public spaces that contribute to the drainage system and help to structure the landscape of the city and other aspects of urban infrastructure. Such an approach is indispensable in urban-landscape intervention studies of riverside areas that seek to integrate urban waterways into the riverside landscape and the urban fabric as an ordered whole. This chapter provides some examples of this and presents a preliminary Urban-Environmental Intervention Proposal for the Banks of the Rivers and Streams of the City of Recife, developed as part of the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife (PMDR).

The aim is thus to examine and discuss the extent to which urban landscape interventions are capable of contributing to the conservation of such areas and their effective incorporation into the urban fabric as part of an integrated approach to landscape. Such interventions would involve successful appropriation of spaces capable not only of protecting and conserving riverside vegetation and bodies of water, but also of helping to organize and maintain other inter-related items of infrastructure, such as systems relating to drainage, sanitation, public open spaces, circulation, (walkways, sidewalks and so forth) and public lighting. A view of the landscape as an integrated whole reveals that urban waterways and their banks constitute not only a system of drainage, but also a broader urban landscape system, whose wetlands play a fundamental role in the development of social, environmental and aesthetic aspects of the city and mobility.

It is presumed here that preservation and maintenance of PPAs play an important role in maintaining the ecological balance of the environment. This relates principally to: water runoff and the prevention of flooding and similar water-related events; maintenance of biodiversity and vegetation cover; the creation of a pleasant climate and biological equilibrium; the incorporation of open public spaces into the urban landscape, with possible use for leisure and recreation and human social interaction; and enhanced mobility, including new transport connections made possible by the continuous extent and interconnectedness of water networks.

¹ PPA – Permanent Preservation Area: “a protected area, with or without native vegetation cover, whose environmental function is that of preserving water resources, the landscape, geological stability and biodiversity, and of facilitating the gene flow of fauna and flora, protecting the soil and ensuring the well-being of human populations” (Clause II of Article 3 and Clause I of Article 4, of Law nº 1,651, 25 May 2012).

além do colapso da fluidez na mobilidade e da quebra de laços humanos e estímulos à convivência em espaços livres públicos. O ambiente urbano tem se tornado hostil e insustentável, dificultando o desenvolvimento humano saudável e equilibrado das comunidades. Além disso, a infraestrutura urbana nos espaços livres públicos costuma não atender com eficiência às funções socioambientais frente às demandas da população. E os referenciais socio-culturais das comunidades locais vêm desaparecendo da paisagem e perdendo sua significância, dados os deslocamentos de pessoas dos lugares de convivência e de culto às suas memórias e crenças. Compreende-se, então, que a significância conferida às águas urbanas não se dá somente ao valor atribuído enquanto patrimônio natural, mas também à sua associação a valores socioambientais conferidos pelas comunidades locais a espaços lindeiros, que apontam potencialidades para o desenvolvimento de instrumentos de planejamento e gestão urbana.

É sob essa percepção que emerge a reflexão sobre a preservação, manutenção e gestão das Áreas de Proteção Permanente e demais áreas marginais aos corpos de água, à luz das atuais abordagens teórico-metodológicas da conservação ambiental e da sustentabilidade. Compreende-se que a importância a elas conferida não é somente atribuída ao valor intrínseco do patrimônio natural e sociocultural das áreas molhadas e seus elementos associados, mas às possibilidades que se acenam enquanto instrumentos de planejamento e gestão urbana.

Such an approach is appropriate because Brazil has clearly seen a decline in its urban environment, especially along watercourses, in combination with a collapse of the transport system and deterioration in human interrelations and a decline in the public use of open space. Cities have become hostile and unsustainable, impeding the healthy balanced development of human beings and communities. Furthermore, urban infrastructure in public open spaces tends not to fulfill its social and environmental functions with regard to meeting the needs of the population with any degree of efficiency. The displacement of people from public spaces and places that serve as memorials to their history and culture is causing social and cultural landmarks to disappear from the landscape and/or lose their significance at an alarming rate. The significance of urban waterways is thus not confined to their value as a natural resource, but also relates to the social and environmental value conferred upon riverside areas by local communities, thereby indicating the potential of such areas for development to aid urban planning and city management.

Such questions have spurred reflection on the preservation, maintenance and management of Permanent Protection Areas and other areas that lie alongside the banks of bodies of water, and such reflection has been guided by contemporary theories and methodologies in the field of environmental conservation and sustainability. The importance of these clearly derives not only from the intrinsic value as natural, social and cultural resources of wetlands and the elements associated with them, but also from the possibilities that they present as instruments of urban planning and management.

1. CONTEXTUALIZANDO A CIDADE DO RECIFE SEGUNDO O CAMINHO DAS ÁGUAS EM CONTRAPONTO COM A PAISAGEM URBANA

166

O acelerado processo de crescimento e expansão das cidades brasileiras, comumente desprovido de um adequado planejamento integrado, promoveu graves desequilíbrios ambientais que hoje comprometem a integridade dos recursos naturais remanescentes nos centros urbanos. Cada vez mais se agravam as condições dos corpos de água, das massas vegetais e do relevo, com a execução de aterros, desmatamentos e desastrosos cortes de terreno, alterando a morfologia do sítio natural. Concomitantemente com essas ocorrências, conformaram-se e se consolidaram de modo espontâneo e aleatório tecidos urbanos desarticulados e segregados dos núcleos urbanos originais, com pouca ou nenhuma conectividade entre os assentamentos construídos, sobretudo nas regiões periféricas.

Nos últimos anos, a intensificação do uso e da ocupação do solo urbano e de seus ambientes naturais, acarretada pela crescente pressão imobiliária, com o adensamento e a verticalização das edificações, tem transformado vertiginosamente as dimensões fisionômicas e socioambientais da paisagem urbana. Essa prática, equivocadamente amparada pela legislação urbanística, vem se apropriando do que ainda resiste dos sítios naturais, descaracterizando-os, além de macular as referências histórico-culturais de lugares consagrados, quebrando laços de vivência e memórias da população. Como resultado, tem-se cada vez mais um tecido urbano caótico, que não dialoga entre si por ausência de conectividade, cujas infraestruturas não acompanham as demandas a que se destinam: a mobilidade sem fluidez; os sistemas de saneamento e drenagem, muitas vezes em condições precárias, não abarcam a totalidade das áreas urbanas nem comportam os volumes de água e dejetos neles depositados; a malha urbana desordenada favorece a proliferação de habitações informais; é exígua a oferta de espaços livres públicos no território urbano; etc.

A cidade do Recife, que tem nas águas a expressão máxima de sua feição urbana, além dos morros que emolduram uma região costeira inundável, não foi poupada desse intenso processo de urbanização. Seu território, formado por uma planície aluvionar de terraços quaternários, é entremeado por uma rede de águas que faz interface com o Oceano Atlântico, constituída de 5 rios principais (Beberibe, Capibaribe, Jiquiá, Tejiptó e Jordão), diversos riachos e 99 canais que deságuam num delta comum formado por ilhas, manguezais e grandes massas de água. Deve-se a isso ela ser lembrada como a “Cidade das Águas”, “Cidade Anfíbia” ou “Veneza Brasileira”, caráter a que Waldemar de Oliveira aludiu, já em 1942, ao afirmar que, “[...] no Recife, o que não é água já foi água ou lembra a água [...]”. Figura 1 - Desenho esquemático da baía entulhada do Recife segundo J. C. Branner, 1904. (ver figura 1 - capítulo 3 - página 85)

Devido a essa intimidade com a água, a constituição do sítio urbano da Cidade do Recife se deu historicamente a partir de aterros sobre cursos de

1. THE CONTEXT OF THE CITY RECIFE FROM THE POINT OF VIEW OF ITS WATERWAYS AS A COUNTERPOINT TO THE URBAN LANDSCAPE

The increasingly rapid growth and expansion of Brazilian cities, frequently without the benefit of adequate integrated planning, has brought about severe environmental imbalances that now pose a threat to the integrity of the remaining natural resources in urban areas. The condition of watercourses, vegetation cover and the lay of the land have greatly worsened over time, as a result of land filling, deforestation and disastrous land allotment, which has transformed the morphology of the natural landscape. At the same time, the urban fabric has been shaped and consolidated in a spontaneous and random fashion in such a way as to segregate and disconnect it from the original urban centers, with little or no connectivity between settlements, especially in peripheral regions.

In recent years, intensive use and occupation of urban land and the surrounding natural environments, spurred by pressure from real-estate developers, have produced a dense fabric of high-rise structures and brought about a drastic transformation in the physical scale and social and environmental characteristics of the urban landscape. Such practices, which have ill-advisedly been encouraged by urban planning legislation, have led to the appropriation of what little remains of natural environments, changing their character and damaging places of historical and cultural importance, destroying memories and social ties in the process. The resulting urban fabric has become increasingly chaotic and lacking in connectivity and it is now equipped with infrastructure that has failed to keep pace with growing demand. This urban fabric is characterized by: impaired mobility; drainage and sanitation systems of a frequently substandard nature that do not cover all parts of the city and are not capable of carrying the volume of water and waste deposited in them; urban sprawl conducive to the proliferation of informal settlements; poor provision of public open spaces; and so forth.

The city of Recife, whose waters have been the main feature shaping its urban environment, along with the hillsides that rim the coastal floodplain, has not been spared this intensive process of urban development. Its territory, comprising an alluvial plain of quaternary terraces, is intersected by a fluvial network that flows into the Atlantic Ocean, comprising five main waterways (the Rivers Beberibe, Capibaribe, Jiquiá, Tejiptó and Jordão), various tributaries, and 99 canals that converge on a shared delta of islands, mangroves and large masses of water. For this reason, Recife has been called the “City of Waters”, the “Amphibious City” or the “Venice of Brazil”, and it is to this feature that Valdemar de Oliveira alluded when he wrote in 1942 that “...in Recife, anything that is not water now, once was water, or reminds us of water...”.

In view of its intimate relation to water, occupation and settlement of the city of Recife has historically been achieved by way of reclamation of land from the rivers, streams, and the



FIGURA 2
Vista do delta comum.

FIGURE 2
View of Shared Delta.

água, rios e riachos, áreas alagáveis e manguezais, que, paulatinamente, foram sendo eliminados ou ocultados da cena urbana. Em consequência desse modo de urbanização, a ocupação do solo da cidade se deu de forma intensiva, resultando em áreas de grande densificação urbana, ao que se somou, com o tempo, a priorização pela verticalização edilícia. Nesse processo, a cidade registrou o dramático desaparecimento de espaços livres, muitos deles necessários para o espraio das águas. Hoje, esses espaços, frequentemente, estão ocultos, ora pelo encobrimento das calhas de riachos, ora por cortinas ou barreiras formadas por edifícios e arranha-céus que lhes dão as costas, impedindo o descortinar da paisagem. Paisagens estas que, vale salientar, estão marcadas pelos elementos mais emblemáticos da cidade, ou seja, além da linha do mar da região costeira, as águas dos rios, riachos e canais e suas franjas de água, constituídas por ampla rede aquática.

Todo esse processo de ocupação e construção da paisagem urbana exerce um forte impacto nos sistemas infraestruturais da cidade. O sistema de drenagem, por exemplo, objeto do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife (PMDR), que serviu de base para este trabalho, não funciona a contento. Formado não só pelos principais cursos de água já citados, que constituem a macrodrenagem da cidade, mas também por uma rede de microdrenagem constituída por canaletas e galerias com cerca de 1.500 km de extensão, todo o sistema hídrico vem sendo prejudicado tanto

sea, and from wetlands and mangroves, which have gradually disappeared or been obscured by urban development. As a consequence of this, occupation of land in the city has been intensive, resulting in the emergence of very dense areas of urban development, involving predominantly high-rise buildings. The city has thus seen a dramatic reduction in the numbers of open spaces, many of which were necessary for the dispersal of waters. Nowadays, these spaces and the landscapes associated with them are frequently hidden, either by streams being covered over, or by curtains or barriers formed by buildings and sky-scrapers that turn their backs to them, blocking the view. These are landscapes which, it should be pointed out, are interspersed with the most iconic landmarks of the city — its coastline, rivers and canals, and the broad-ranging aquatic environment they create.

This whole process of occupation and construction of the urban landscape has had an enormous impact on the city's infrastructure. The drainage system, for example, which is the object of the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife (PMDR), on which this book is based, is still far from satisfactory. The city's drainage system comprises not only the main watercourses mentioned above, which make up its macro-drainage system, but also a micro-drainage network of around 1,500 km of gutters and sewers. The whole system is hampered not only by obstruction or constriction

pela obstrução ou estreitamento de suas linhas de água como por ocupações irregulares e acúmulo de lixo doméstico, além da implantação de estruturas de drenagem inapropriadas ou com dimensões inadequadas. Além disso, vale enfatizar que, de modo geral, as estruturas que transportam as águas urbanas não dialogam com as demais infraestruturas nem com o tecido urbano do entorno.

O conjunto dos corpos de água e microestruturas de drenagem não compõe com a malha urbana um sistema único integrado e interconectado. Nesse sentido, questiona-se: por que as áreas marginais dos corpos de água ou APPs não são utilizadas para servir de elementos agregadores e conectores do sistema urbano como um todo? As áreas livres de bordas de água são elementos potenciais que possibilitam a costura da trama urbana, capaz de lhe conceder fluidez, permeabilidade e um caráter de inteireza quanto ao ambiente natural e cultural. Sob essa perspectiva, é possível se pensar a respeito de formas de se redesenhar a cidade valorizando os elementos aquáticos emblemáticos de sua paisagem, ao mesmo tempo que se atribui consistência às funções urbanas, sentido de lugar às comunidades e compreensão do sistema de espaços livres públicos em combinação com os sistemas hídricos.

Este é, pois, um dos maiores desafios do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife: a conciliação entre a ocupação e a preservação das APPs, para que sejam capazes não só de armazenar os volumes de água específicos aos períodos de pico dos momentos plúvio e fluviométricos, o que constitui um de seus papéis ecológicos naturais, mas de criar possibilidades para espaços de agregação e conexão da trama urbana. Além disso, desenhando as APPs junto com o tecido urbano e ordenando-o ao longo dessas áreas, constrói-se uma relação recíproca em que a apropriação dos territórios por meio de uma rede de espaços livres públicos propicia a conservação das APPs e a desaceleração da expansão imobiliária sobre essas áreas livres, que têm importância ambiental fundamental, sobretudo quanto à conservação dos sistemas infraestruturais, especialmente o de drenagem. Com essa perspectiva é que foi concebida a proposta preliminar de intervenções em margens ribeirinhas como um subproduto do Plano Diretor de Drenagem do Recife, que será apresentada e discutida adiante.

of its waterways, but also by improper occupation of land and the accumulation of household waste, and by the installation of unsuitable drainage structures on an inappropriate scale. It should also be noted that the structures that transport water in the city are not connected to other items of infrastructure or to the surrounding urban fabric.

The conglomeration of bodies of water and drainage microstructures does not form part of the urban fabric as a single fully integrated and interconnected system. It is thus fair to ask why areas bordering these bodies of water or PPAs are not deployed to serve as elements that bring together the different parts of the urban system into an interconnected whole. The open spaces bordering waterways are elements that have the potential to stitch the urban fabric back together, giving it fluidity, permeability and a sense of wholeness in terms of its natural and cultural environment. We can thus imagine ways in which the city could be redesigned in such a manner as to accord due respect to the iconic aquatic features of its landscape and, at the same time, to improve the consistency of urban services, the sense of place of communities, and to provide the feeling of a system of open public spaces connected to water resources.

This is one of the main challenges of the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife: reconciling the occupation and preservation of PPAs in such a way that they are capable not only of storing large volumes of water at times when rainfall and the height of the river are at their peak, as is their main natural ecological function, but also of creating spaces that restore the interconnectedness of the urban fabric. Furthermore, designing PPAs and the surrounding urban fabric in combination and developing them consistently throughout these areas, creates a reciprocal relation in which the appropriation of territories by way of a network of open spaces helps to preserve PPAs and slows down the expansion of urban development into these open spaces, which are of fundamental importance for the environment, especially in terms of conservation of infrastructure in general and, in particular, drainage. This is the idea underlying the preliminary proposal for interventions in the riverbanks as a by-product of the Recife Master Plan for Drainage, as presented and discussed below.

2. A ABORDAGEM DA PAISAGEM URBANA SOB A ÓTICA DA CONSERVAÇÃO E DA SUSTENTABILIDADE

No atual contexto da paisagem urbana, utiliza-se, como princípio do planejamento e da gestão urbana, a conservação e a sustentabilidade dos valores das cidades, sejam eles naturais ou histórico-culturais. A abordagem da conservação tem como base a proteção dos valores dos sítios¹ e lugares mediante o desenvolvimento de ações para a sua preservação e manutenção, sobretudo daqueles valores que são reconhecidos e referenciados em suas paisagens pela população e pelos órgãos gestores.

A paisagem é entendida como uma totalidade de dimensões ambientais, tanto de ambientes naturais quanto construídos pela ação humana, sendo estes responsáveis por conceder um caráter específico a um determinado lugar ou sítio. O ambiente natural é composto por seus processos geofísicos, biológicos e ecológicos; e o ambiente historicamente construído está expresso no traçado e no desenho urbano, nos conjuntos e nas tipologias arquitetônicas; nas memórias humanas associadas aos lugares com seus significados culturais e de vivência; e na simbologia que a cidade evoca coletivamente pelo povo, ao longo do tempo, e que se exprime no âmbito da percepção das pessoas. Esse lastro de referências territoriais confere a singularidade das cidades e traduz sua significância, revelada pelo conjunto de valores que lhes são atribuídos. Corroborando com essa abordagem, a Convenção Europeia da Paisagem (2000) estabelece que “Paisagem designa uma parte do território, tal como é apreendida pelas populações, cujo caráter resulta da ação e da interação de fatores naturais e/ou humanos”. Por outro lado, Besse (2014, p. 39) explicita que paisagem é uma unidade que tem substância, “[...] uma substancialidade e uma espessura intrínsecas: é um conjunto complexo e articulado de objeto ou, pelo menos, um campo da realidade material, mais amplo e mais profundo que as representações que a acompanham”. Esse autor conclui que essa unidade sintética que é a paisagem não é composta somente de elementos naturais, mas, sobretudo, da essência humana, pois trata-se de “[...] uma articulação da natureza e da sociedade, uma integração dos dados naturais e dos projetos humanos [...]” (BESSE, 2014, p. 40). Sendo a paisagem uma totalidade, compreende-se que seja uma unidade, um universo, onde as partes compõem o todo, sendo este a totalidade, que, segundo Santos (1997, p. 94), é “[...] o conjunto de todas as coisas e de todos os homens, em sua realidade, isto é, em suas relações, e em seu movimento”.

Seguindo os princípios da conservação patrimonial, a Carta do Patrimônio Natural (1996) ressalta que a significância do bem natural reside nos valores atribuídos aos processos da natureza, qual seja o valor de existência, valores científicos, sociais, estéticos e de suporte de vida para as gerações presentes

¹ Sítio “significa lugar, área, terreno, paisagem, edifícios e outras obras, grupos de edifícios, podendo incluir componentes, conteúdos, espaços e vistas”. O conceito pode ser ampliado, contemplando memoriais, árvores, jardins, parques, lugares de acontecimentos históricos, áreas urbanas, cidades, etc. (BURRA CHARTER, 1999).

2. A CONSERVATION AND SUSTAINABILITY-BASED APPROACH TO THE URBAN LANDSCAPE

In the current context of urban landscape design, one of the main principles of urban planning and management is the conservation and sustainability of a city's natural resources and cultural and historical heritage. Conservation involves protecting the value of places¹ and locations by taking action to preserve and maintain them, especially those values that are acknowledged and referenced in the landscape by the local population and local authorities.

A landscape is understood to include all aspects of the environment, whether natural or human built, with the latter being responsible for conferring a specific character on a specific site or location. The natural environment comprises geophysical, biological and ecological processes, while the historical built environment is expressed in the urban fabric and urban design of the city, and in its architecture — in human memories endowing places with cultural and social significance and in the symbolism invested in the city collectively by its people over time, as expressed in the perceptions of these people. It is this ballast of geographical references that provides each city with its unique meaning, made manifest in the conjunction of values attributed to it. The European Landscape Convention (2000) supports this approach, stating that “[l]andscape means an area, as perceived by people, whose character is the result of the action and interaction of natural and/or human factors”. Besse (2014, p. 39) likewise defines landscape as a unit that possesses substance, “... an intrinsic thickness and substance: a complex interconnected grouping of objects, or, at least, a field of material reality, broader and deeper than the representations that accompany it”. Besse concludes that this synthetic unity that is the landscape is not composed solely of natural elements, but, above all, of the essence of humanity, since it “...brings together nature and society, integrates natural data and human projects...” (BESSE, 2014, p. 40). As the landscape is a totality, it can be seen as having unity, as being a universe in itself, in which the parts make up the whole, this being the totality which, according to Santos (1997, p. 94), “...contains all things and all human beings in its reality, that is in its relations, and in its movement”.

Following the principles underlying the conservation of heritage, the Natural Heritage Charter (1996) notes that the significance of a natural asset lies in the values attributed to the processes of nature, be they existential, scientific, social, aesthetic or related to the sustenance

¹ A place “means site, area, land, landscape, building or other work, group of buildings or other works, and may include components, contents, spaces and views”. The concept can be broadened to include memoriais, trees, gardens, parks, historical sites, urban areas, cities, and so forth. (BURRA CHARTER, 1999).

e futuras. De outro modo, a Carta do Patrimônio Cultural (BURRA CHARTER, 1999) dá ênfase aos sítios, ou lugares, que retêm significados estético, histórico, científico, social e espiritual. Clarificando o conceito de *lugar*, Augé (2007, p. 43) pontua que os *lugares* são locais que retêm “[...] os vestígios dos ancestrais ou os espíritos que povoam e animam a geografia íntima dos sítios”. Castriota (2009, p. 125) corrobora com essa afirmação ao dizer que a “memória do lugar” está relacionada com a “[...] capacidade humana de se conectar tanto com o ambiente natural quanto com o construído”. Com isso, entende-se que é de vital importância compreender a gestão da cidade como um todo, um único organismo, um conjunto de sistemas conectados entre si. No caso aqui investigado, dá-se um debruçar sobre um dos sistemas da cidade, o sistema hídrico, mas que está intimamente inter-relacionado com o sistema de espaços livres públicos e sistemas infraestruturais, de modo que compõe com estes uma única paisagem.

É com esse olhar que se traz ao debate a implementação de um efetivo processo de planejamento urbano e gestão urbana, onde a sustentabilidade e a conservação integrada dos valores naturais e culturais da paisagem das cidades sejam o foco da questão, o objetivo maior a ser alcançado. Com base nesses princípios e diretrizes, aponta-se para o desenvolvimento de ações de planejamento e gestão urbana voltadas para o resgate e/ou a potencialização das singularidades dos lugares e das paisagens urbanas. O objetivo premente é a busca constante para se readquirir não só a originalidade e a significância da urbe, mas também a salubridade ambiental e a qualidade da vida urbana. A isto, corrobora o conceito de desenvolvimento sustentável, traduzido pelo Relatório de Brundtland (*Nosso Futuro Comum*, Unesco, 1987) como sendo aquele que “[...] atende às necessidades das gerações presentes sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras”, o que põe em xeque o desenvolvimento econômico da humanidade, a efetividade das funções materiais da cidade e a conservação ambiental em seu sentido amplo, no qual se incluem a manutenção e conservação dos valores dos processos dos ambientes naturais e socioculturais, tanto tangíveis quanto intangíveis.

Dentro desse ideário, propõe-se aqui a construção das diretrizes urbano-paisagísticas que inserem, prioritariamente, a questão das águas urbanas no contexto da conservação patrimonial, considerando-as como bens patrimoniais de inestimável valor natural e sociocultural. É necessário entender que sua importância não se restringe apenas às suas características fisiográficas, biológicas e ecológicas, mas ao conjunto de valores que compõem sua significância, os quais formam conjuntamente a paisagem.

As águas urbanas sempre estiveram relacionadas aos assentamentos originais das cidades como fontes de abastecimento de água dos povoados, como rotas de navegação, vias de comércio para o escoamento da produção

of life for present and future generations. The Burra Cultural Heritage Charter, however, (Burra Charter, 1999) lays emphasis on sites, or places, that bear aesthetic, historical, scientific, social or spiritual significance. Clarifying the concept of *place*, Marc Augé (2007, p. 43) notes that a *place* is a location that bears “...the traces of...ancestors or spirits which populate and animate its private geography”. Castriota (2009, p. 125) makes the same point when he says that the “memory of a place” is related to the “...human capacity to form a bond both with the natural and with the built environment”. It is therefore vitally important that we understand urban management as a whole, as a unique single organism, and as a collection of interconnected systems. In the present study, we examine just one of the city’s systems, its water system, but one that is intimately interrelated with the system of public open spaces and infrastructure, in such a way as to constitute a single landscape.

We thus believe that the main objective to be achieved is the implementation of an effective urban planning and management process focused on sustainability and integrated conservation of the natural and cultural assets of the landscapes of cities. These principles and guidelines emphasize the importance of developing urban planning and management actions that aim to restore and/or realize the potential of the uniqueness of places and urban landscapes. The overriding aim is that of constantly seeking not only to recreate the original significance of the city but also to provide a salubrious urban environment with good quality of life. This is in keeping with the concept of sustainable development as defined in the Brundtland Report (*Our Common Future*, UNESCO, 1987) as development that “...meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” and without jeopardizing human economic development, the effectiveness of the material functions of the city and environmental conservation in a broad sense, which includes maintenance and conservation of the value of the natural and socio-cultural processes that occur in such environments, be they tangible or intangible.

We thus propose here the development of urban landscape guidelines that incorporate the issue of urban water, as a matter of priority, in the context of the conservation of heritage, seeing water sources as heritage of inestimable natural and socio-cultural value. It should be understood that the importance of such water resources is not restricted to their physical, biological or ecological features, but encompasses the whole system of values that contribute to their significance, which together create a landscape.

Water in urban areas has always been associated with the original settlement of cities as sources of drinking water, routes for navigation and the exportation of local goods and other uses historically associated with water.

econômica dos povos e outras apropriações associadas a fatores históricos relacionados às funções hídras urbanas. A cidade do Recife, originada de uma comunidade costeira de pescadores e porto comercial, tem sua história relacionada às águas que serviram de fontes de água doce, utilizadas também como rotas de interiorização, e que, durante a economia açucareira, foram o suporte para o abastecimento de engenhos e meio de transporte dos produtos das usinas, escoados das áreas de produção para o litoral, onde eram exportados. Observando esse contexto, infere-se que é necessário suscitar um novo desenho urbano-paisagístico para a cidade, identificando as características que lhes são peculiares e próprias, servindo para estimular o resgate e a valorização desses atributos patrimoniais, como o caso das águas urbanas aqui tratadas, bens inestimáveis para as comunidades e a cidade como um todo. Chama-se a atenção, portanto, para as ações governamentais voltadas para o desenvolvimento urbano-ambiental com foco na conservação e sustentabilidade dos valores naturais e socioculturais da cidade, com vistas à qualidade de vida e ao bem-estar dos seres vivos.

No atual momento, a questão ambiental está posta em todas as pautas oficiais dos organismos internacionais e governantes de Estado. A recuperação da integridade dos recursos naturais, sobretudo os sistemas hídricos e sua integração à vida urbana, impõe-se como uma questão *sine qua non* para a sobrevivência dos povos, sendo ponto de consenso entre todos os agentes. A reflexão acerca da relação entre sociedade e natureza vem à tona, posto que os níveis de degradação ambiental são exponenciais. No caso das águas, a preocupação não está apenas relacionada aos seus valores biofísico e ecológico, mas também ao conteúdo sociocultural e estético que elas evocam quando se apreende as paisagens urbanas a partir das percepções humanas. Como bem enfatiza Gorski (2010, p. 40–41), a paisagem tem um caráter dinâmico e diversificado que pressupõe a interação entre os processos naturais ecossistêmicos (bióticos e abióticos) e os processos socioeconômicos e culturais “[...] que se corporificam, assumindo significados apreensíveis, pelos atores, através de uma percepção que inclui a valoração estética e emocional. É um *continuum* que, para ser melhor compreendido, é dividido em mosaicos, definidos como *subunidades paisagísticas*”. Observa-se que, nesse sentido, o território urbano deve ser analisado por suas Unidades de Paisagem, como um instrumento analítico metodológico para a elaboração de propostas de intervenções na paisagem urbana. A unidade de paisagem, segundo Nogué (*La Regió Metropolitana de Barcelona: catàleg de paisatge*, 2017), é um conceito operacional que traduz uma parte do território caracterizada por uma combinação específica de componentes paisagísticos de caráter natural, cultural e simbólico, assim como de dinâmicas claramente reconhecíveis, que ao conjunto confere.

No momento que se propõe o Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife, brinda-se a oportunidade de se implementar não

The city of Recife, which emerged as a coastal fishing community and a commercial port, has a long history of an intimate relationship with the waters that have served to quench the thirst of its citizens, but which have also been used to travel deep into the hinterland of the State, and, when sugar cane was the main export product, to irrigate sugar plantations, to drive sugar mills, and to transport produce to the coast for export. In this context, it is reasonable to suppose that there is a need to design a new kind of landscape for the city, identifying the characteristics that are unique to it and rediscovering this heritage, as in the case of the urban waterways discussed here, which are assets of inestimable value for communities and for the city as a whole. We thus focus here on local government action that aims to develop the urban environment in a way that focuses on sustainability and the conservation the natural and socio-cultural values of the city, with a view to improving the quality of life and ensuring the well-being of all living creatures.

Environmental issues are currently on the agenda of many international organizations and State governments. There is a general consensus that recovering the integrity of natural resources, especially water systems and their integration into city life has become a *sine qua non* for the survival of whole populations. Reflection on the relation between society and nature has been spurred by the fact that environmental degradation has reached levels that are overwhelming. In the case of water, the concern is not only related to its biophysical and ecological features, but also to its socio-cultural and aesthetic meaning when seen as urban landscapes perceived by human beings. As Gorski notes (2010, p. 40–41), the landscape has a dynamic and diverse character that presupposes interaction between natural (biotic and abiotic) ecosystem processes on the one hand and socio-economic and cultural processes on the other “...which take on bodily form, assuming comprehensible meanings, through actors, by way of a perception that includes aesthetic and emotional valorization. It is a *continuum* that, as an aid to understanding, is divided into mosaics, defined as *landscape sub-units*”. It can thus be seen that the urban territory should be analyzed in terms of its Landscape Units, a concept which is a useful methodological tool for the development of urban landscape intervention proposals. The landscape unit, according to Nogué (*La Regió Metropolitana de Barcelona: catàleg de paisatge* [The Metropolitan Region of Barcelona: a catalogue of its landscapes], 2017), is an operational concept that refers to a portion of territory characterized by a specific combination of landscape components of a natural, cultural and symbolic nature, along with the clearly recognizable dynamics which these confer on the unit as a whole.

When the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife was originally proposed, we welcomed the opportunity

somente um instrumento técnico e normativo para o sistema de drenagem, mas também a construção de diretrizes norteadoras de estudos e/ou ações urbano-paisagísticos que associam princípios dos sistemas hídricos da cidade às configurações urbano-paisagísticas dos sistemas de espaços livres da cidade ao longo das margens dos seus cursos de água. Vislumbra-se, pois, ir ao encontro dos princípios de conservação e sustentabilidade do ambiente urbano, mantendo e potencializando os fragmentos de natureza na cidade, ao fortalecer o reconhecimento dos atributos naturais que tanto referenciam o Recife, suas águas urbanas. Com esse objetivo, busca-se aqui investigar algumas diretrizes urbano-paisagísticas com vistas ao desenvolvimento de estudos ou ações de requalificação dos espaços livres públicos, legalmente definidos para as margens dos rios, riachos ou canais, as denominadas APPs, no sentido de compor com o tecido urbano preexistente do entorno um único sistema urbano-ambiental.

Ao incorporar os espaços livres disponíveis das margens ribeirinhas ao sistema de drenagem das águas e ao tecido urbano preexistente, integram-se parcelas de natureza à cidade, oferecendo seus atributos ao desfrute da população. Sá Carneiro (2000) corrobora com essa postura quando afirma: “Relacionar os espaços livres com espaços edificados é essencial para o reencontro de equilíbrios perdidos e a harmonia ambiental, principalmente em territórios notadamente urbanizados ou, em parte, desordenados”. Raquel Tardin (2008) também concorda com essa abordagem quando destaca que “O espaço livre é a parte visível do território que permite estabelecer relações entre os elementos territoriais e constituir uma imagem do lugar, através da possibilidade de reconhecimento e preservação de suas características específicas e, conseqüentemente, de sua qualidade visual”. Assim, os espaços livres no processo de construção da paisagem podem ser considerados estruturadores espaciais dos territórios urbanos. A autora ainda atesta que um sistema de espaços livres é a soma dos fragmentos espaciais que são responsáveis pela composição da totalidade do território urbano, não sendo apenas uma justaposição dos mesmos. A totalidade espacial se conjuga de forma contínua, mantendo os fluxos entre si, uma vez que para o sistema funcionar tem que haver interconexão entre todos os elementos mediante fluxos, visto que a existência de um sistema não é possível sem fluxos. No caso dos elementos naturais, Tardin (2008) enfatiza que

De modo geral, as contribuições relativas aos elementos biofísicos no sistema de espaços livres revelam tanto a possibilidade de preservar os processos naturais, como a oportunidade de promover a interseção entre ecologia e meio urbano no projeto territorial, levando em conta que a ecologia é uma dimensão importante no processo de tomada de decisão relativo às intervenções urbanísticas [...]

not only to introduce a set of technical norms for the drainage system, but also to develop guidelines for studies and/or action related to urban landscape that combine the principles underlying a city's water system with the configuration as urban landscapes of the system of open spaces in the city that lie along the banks of its main watercourses. We thus saw the opportunity of moving towards compliance with the principles of sustainability and conservation of the urban environment, maintaining and realizing the potential of the fragments of nature that still exist in the city and strengthening recognition of those natural features that have been so important in shaping the city of Recife — namely its urban waterways. The aim here is thus to examine some urban landscape guidelines with a view to developing studies or actions involving regeneration of legally demarcated public open spaces on the banks of rivers, streams or canals, known as PPAs and the incorporation of the existing surrounding urban fabric into a single urban environmental system.

Incorporating available open spaces on the banks of rivers and streams into the water drainage system and the existing urban fabric is a way of returning portions of nature to the city and making their qualities available for the enjoyment of the population. Sá Carneiro concurs with this (2000) when she remarks that “relating open spaces to the built environment is essential for restoring lost equilibriums and environmental harmony, principally in areas that are heavily developed or developed, at least in part, in a disorderly fashion”. Raquel Tardin (2008) also agrees with this approach, noting that “open spaces are the visible part of the territory that makes it possible to form relations between territorial elements and build up an image of a place, through the possibility of acknowledging and preserving its specific characteristics and, consequently, its visual qualities”. In the landscape building process, therefore, open spaces can be seen as spatially structuring urban territory. This author further attests that a system of open spaces represents the sum of the fragments of space responsible for making up the urban territory as a whole, beyond mere juxtaposition. The spatial whole is put together in a continuous fashion, maintaining internal flows, in such a way that, in order for the system to function, there needs to be interconnection of all elements through these flows, without which the very existence of a system would not be possible. In the case of natural elements, Tardin (2008) remarks that

in general terms, contributions relating to biophysical elements in the system of open spaces reveal both the possibility of preserving natural processes and an opportunity to promote the intersection of ecology and the urban environment in the urban development project, in view of the fact that ecology is an important dimension to be taken into

É com o propósito de uma visão integrada dos sistemas de drenagem aos sistemas de espaços livres públicos que a proposta do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife amplia seus objetivos técnico-normativos para incluir um conjunto de diretrizes para implementação de intervenções urbano-paisagísticas. Os territórios-alvo dessas intervenções foram delimitados pelas manchas de alagamento que definem o funcionamento do sistema hídrico da cidade, norteados a construção das diretrizes conjugadas com as do sistema de drenagem proposto.

No Recife, como planície aluvional, as águas sempre estiveram presentes na vida da cidade, historicamente se constituindo como elemento marcante de sua paisagem. Daí o território molhado da cidade merecer especial atenção quando das ações de ordenamento urbano, requerendo um particular gestual paisagístico que inclua essas áreas como parte pulsante e viva da cidade.

account in the decision-making process relating to urban planning interventions...

173

It is in order to promote such integration of drainage systems and public open spaces that the proposed Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife has broadened the scope of technical norms to include urban landscape intervention guidelines. The target areas for these interventions were established in accordance with the floodmarks that are used by the city's water system, thereby orienting the development of guidelines for the proposed drainage system.

As Recife lies on an alluvial plain, waters have always played a huge part in the life of the city and historically have been the most striking element of its landscape. The status of the city as a wetland deserves to be taken into account in urban planning and landscape management needs to include these areas as a dynamic living part of the city.

3. A LEITURA E A INTERPRETAÇÃO DA PAISAGEM E DOS ESPAÇOS LIVRES RIBEIRINHOS DA CIDADE DO RECIFE

3. THE READING AND INTERPRETATION OF THE LANDSCAPE OF OPEN SPACES ON THE BANKS OF RIVERS AND STREAMS IN THE CITY OF RECIFE

174

Embasado nos princípios teórico-conceituais da abordagem descrita, a discussão aqui apresentada parte do princípio de que o ordenamento da paisagem ribeirinha dos cursos de água deve ter como ponto de partida a conexão dos espaços livres públicos ao longo dos rios, riachos, canais, talvegues, etc., bem como suas adequações às previsões legais já estabelecidas para cada região, além da exploração de intervenções que efetivem potenciais diversos, como de mobilidade, conservação, socialização, ocupação, segurança e outros. Nesse sentido, no âmbito do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife, foi concebida a Proposta de Intervenção Urbano-ambiental para as Margens de Rios e Riachos da Cidade do Recife. De modo geral, essa proposta é composta de um Preâmbulo Geral, em que constam os critérios conceituais adotados, como os dados hidrológicos obtidos no desenvolvimento do plano e as base teóricas aqui referenciais, seguido de uma extensa Caracterização das Unidades de Paisagem identificadas ao longo dos cursos de água trabalhados. No geral, optou-se por trabalhar os rios e riachos que ainda apresentam regiões marginais de significativo potencial de conservação, bem como necessidades latentes quanto ao ordenamento urbano, o que acarretou propostas para os rios Beberibe, Morno, Camaragibe, Jiquiá, Tejipió e Moxotó, os riachos Dondon e dos Pintos e o Braço Morto do Rio Capibaribe. A utilidade de uma extensa caracterização se fez necessária não apenas como referencial para a proposição conceitual de reordenamentos, mas para que tais propostas continuem a ser discutidas e desenvolvidas pela administração pública e demais setores da sociedade, para que aos poucos se viabilize uma efetiva infraestrutura urbano-paisagística ao longo da rede hídrica da cidade do Recife.

In view of the theoretical and conceptual principles of the approach outlined above, the discussion presented here is based on the principle that landscape planning of the banks of watercourses should be the starting point for providing connectivity of public open spaces along rivers, streams, canals, valleys, and so forth, and for compliance with already established legal provisions for each region. Furthermore, interventions should be undertaken that explore the potential of waterside areas in a variety of fields, including mobility, conservation, social life, land development, security, and others. The Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife is thus designed to include the Proposal for Urban-Environmental Intervention in the Banks of Rivers and Streams in the City of Recife. This proposal consists of a General Preamble, in which the conceptual criteria adopted are laid out, along with a presentation of hydrological data collected during development of the plan and the theoretical basis outlined above. This is followed by an extensive Characterization of Landscape Units identified along the watercourses covered by this proposal. It was decided only to work with rivers and streams that still possess banks with significant potential for conservation, and that possess the qualities necessary for urban development. As a result, proposals were developed for the Rivers Beberibe, Morno, Camaragibe, Jiquiá, Tejipió and Moxotó, for the Dondon and Dos Pintos streams, and for the Dead Branch of the River Capibaribe. An extensive inventory was drawn up, to provide a point of reference for the planning proposal and to ensure that such proposals continue to be discussed and developed by the public authorities and other sectors of society, thereby making it possible to gradually create an urban



FIGURA 3
Proposta de Intervenção Urbano-Ambiental para as Margens de Rios e Riachos da Cidade do Recife.

FIGURE 3
Proposed Urban Environmental Intervention for Banks of Rivers and Streams in the City of Recife.

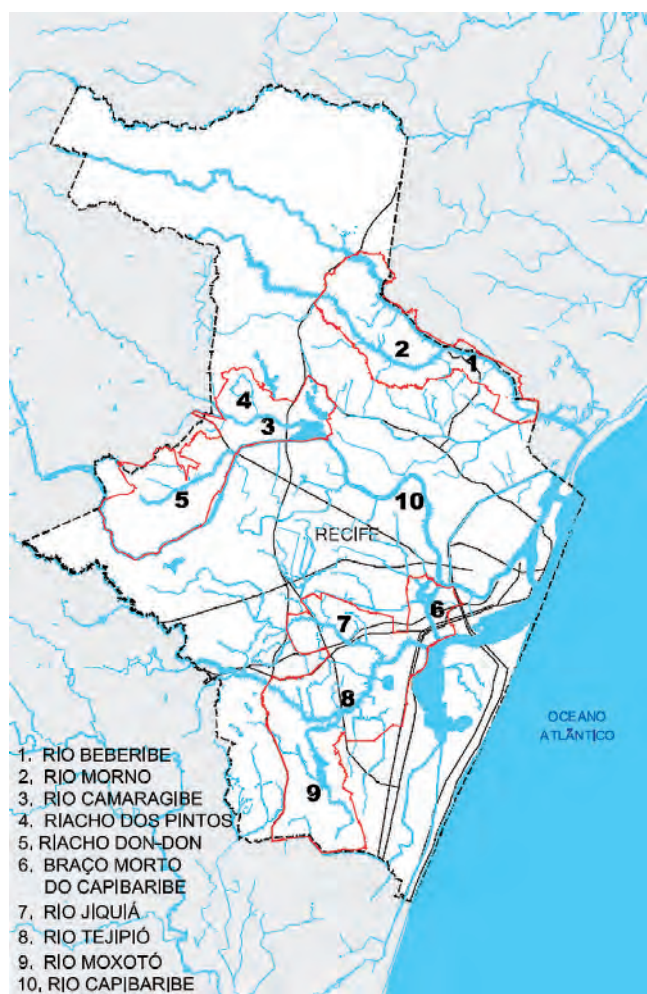


FIGURA 4
Áreas de intervenção propostas pelo PMDR para tratamento urbano-paisagístico.

FIGURE 4
Areas proposed for urban landscape intervention by PMDR.

Dentro dessa ótica, evocam-se as palavras de Waterman (2010, p. 15), quando afirma que

É na paisagem que todas as forças inter-relacionadas de nossa existência entram em ação. Assim, é crucial que tenhamos a habilidade de chegar a um projeto e uma estratégia inspiradores que reconheçam o caráter único dos locais individuais, ao mesmo tempo que entendam tais lugares como pertencentes a sistemas maiores.

Nessa perspectiva, propõe-se tratar a paisagem de cada lugar como uma partícula de um mosaico territorial que constitui uma “totalidade sintética”.

A compreensão da paisagem inclui parâmetros de análise do tecido urbano que identificam características homogêneas, categorizadas como *Unidades Paisagísticas*, ou *Unidades de Paisagem*. Esse procedimento metodológico permite analisar os territórios ribeirinhos por unidades singulares a partir da identificação de atributos ou valores correlacionados aos cursos de água.

A Figura 4 exprime os territórios estudados de acordo com os rios e riachos objetos de estudo. A divisão territorial considerou a identificação de atributos associados a elementos similares ou homogêneos predominantes em cada local, relacionados à morfologia urbana, definindo-se dimensões que estabeleçam categorias do sítio natural, da estrutura urbana, do traçado urbanístico e do padrão de ocupação.

landscape infrastructure throughout the city's water network.

This reminds us of the words of Waterman (2010, p. 15), when he says that

it is in the landscape that all the interconnected forces of our existence come together. The ability to arrive at an enlightened design and strategy that recognizes the uniqueness of individual places while understanding their place in larger systems is thus a crucial skill.

It is thus proposed to treat the landscape of each place as one piece of a territorial mosaic that makes up a “synthetic whole”.

Understanding of the landscape includes the use of urban fabric analysis parameters to identify sets of homogeneous characteristics, categorized as *Landscape Units*, or *Units of Landscape*. This methodological procedure enables analysis of riverside areas as singular units by identification of attributes or assets associated with watercourses.

Figure 4 shows the territories organized according to the rivers and streams under study. The territory was divided up in such a way as to facilitate identification of attributes associated with similar or predominant elements in each location, in so far as these relate to urban morphology. This led to the establishment of the following categories: natural site, urban structure, urban layout and pattern of land use.

Foram delimitadas distintas Unidades de Paisagem para as quais se destacam um rol de considerações ou aspectos acerca das condições físico-territoriais das sete categorias de análise predefinidas. Essa identificação de Unidades de Paisagem é uma tentativa de se compreender as dinâmicas, inter-relações e conexões entre os elementos componentes da totalidade paisagística que incluem os cursos de água analisados. Com isso, busca-se compreender a dinâmica sistêmica da paisagem. Na definição das categorias, foram observados e identificados os seguintes aspectos dos atributos urbano-paisagísticos:

1. **Afluência Hídrica** – Identificação das linhas de água que afluem para o curso de água principal, considerando-as como suas ramificações dentro do território.
2. **Sítio Natural** – O caráter dos elementos naturais dos cursos de água, os ecossistemas associados, a vegetação predominante associada ao solo, as condições edáficas, o relevo ou a topografia do lugar.
3. **Padrão de Ocupação** – A morfologia do tecido urbano da área, o traçado, as tipologias edilícias, as quadras, os lotes, os conjuntos arquitetônicos, as edificações significativas, etc.
4. **Centralidades Urbanas** – As concentrações de equipamentos urbanos públicos, as atividades de comércio e os serviços relevantes para a comunidade local e/ou para o município.
5. **Acessibilidade Urbana** – As conexões e a permeabilidade do tecido urbano, principalmente no tocante à sua relação com o curso de água tratado: sistema viário, hierarquias, tipos de via, passagem de pedestres, passeios, calçadas, ciclovias, etc.
6. **Aspecto Cênico ou Estético** – Identificação das áreas aprazíveis que proporcionem vistas e sensações polissensoriais passíveis de serem evocadas.
7. **Institucionalidade do Assentamento Urbano** – Conhecimento e reba-timento das normas e dos instrumentos de planejamento e gestão da cidade para cada território abordado, como as legislações incidentes nas áreas, suas diretrizes urbanísticas e ambientais em relação à sua proteção, à conservação, ao uso e à ocupação do solo, como também dos projetos e planos existentes.

Operacionalmente, a compreensão das unidades se efetivou mediante a elaboração de elementos gráficos, como mapas e plantas das áreas estudadas, que serviram de base para a análise do espaço urbano, assim como a utilização das seguintes técnicas e/ou ferramentas prático-operativas:

- Utilização de sistema de georreferenciamento de informações e dados, através da plataforma CAD, em compatibilidade com o sistema de

We drew up a list of distinct Landscape Units which play a significant role in aspects relating to the physical geographical conditions of the seven predefined categories of analysis. This identification of Landscape Units was an attempt to understand the dynamics, interrelations and connections among the component elements of the landscape as a whole, including the watercourses under study. This helps us to comprehend the systemic dynamics of the landscape. The definition of categories led to the identification of the following aspects of urban landscape attributes:

1. **Water Inflow** – Identification of the waterways that flow into the main watercourse and their ramifications within the territory.
2. **Natural Site** – The character of the natural elements of watercourses, associated ecosystems, predominant vegetation and soil type, soil conditions, and topography.
3. **Pattern of Land Use** – The morphology of the urban fabric of the area, the layout, building typologies, blocks, lots, groups of architectural features, significant buildings, and so forth.
4. **Urban Centers** – Concentrations of public urban facilities, activities related to commerce and services relevant to the local community and/or municipality.
5. **Urban Accessibility** – Connections and permeability of the urban fabric, principally in so far as it is related to the watercourse under study: the transport system, hierarchies, type of road, pedestrian flow, walkways, side-walks, bike paths, and so forth.
6. **Scenic or Aesthetic Aspects** – Identification of attractive spots that furnish views and multisensory experiences of a potentially evocative nature.
7. **Urban Planning Framework** – Knowledge of and extent of compliance with the planning norms and tools and city management structure in each territory under investigation, including local by-laws, guidelines for urban planning and environmental protection, conservation, use and occupation of land, and projects and plans already in existence.

For operational purposes, units were examined using specially developed graphic tools, such as maps and plans, which served as the basis for the analysis of urban space. The following techniques and/or practical operational tools were also used:

- A CAD information and data geo-referencing system compatible with the geographical information system used by Recife City Hall, enabling the production of base-maps with aerial images, onto which infographics were projected to provide further information on the site and the development of the urban landscape proposals.

informações geográficas utilizadas pela Prefeitura da Cidade do Recife, instrumental que possibilitou a elaboração de mapas-base com imagens aéreas, sobre os quais foram lançadas as informações gráficas que elucidaram a compreensão do sítio e o desenvolvimento das propostas urbano-paisagísticas.

- Observação de campo, mediante visitas *in loco*, observações através do *software* Google Earth, bem como a utilização de fotografias levantadas por esses meios, os quais elucidaram a situação atual do sítio e a caracterização das Unidades de Paisagem estudadas.
- Identificação das massas vegetais de forma primária, considerando-se apenas a caracterização visual das associações mais expressivas, o adensamento, existência ou ausência e respectivos portes (arbóreo, arbustivo ou forração).
- Consultas a dados secundários, resultado de informações literárias de diversas fontes, documentos técnicos oficiais, notícias jornalísticas, dentre outros, que serviram para compreensão das condições e potenciais das unidades territoriais paisagísticas analisadas.

A partir de todo esse estudo analítico e técnico desenvolvido, cuja íntegra dos produtos constitui o Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife, apresenta-se abaixo uma súmula dos principais aspectos observados e identificados para os nove cursos de água trabalhados: Rio Beberibe, Riacho Morno, Rio Camaragibe, Riacho dos Pintos, Riacho Dondon, Braço Morto do Rio Capibaribe, Rio Jiquiá, Rio Tejiptó e Rio Moxotó. Mas, levantados a partir das sete categorias de análise consideradas para a identificação das respectivas Unidades de Paisagem desses cursos de água, tais aspectos são aqui abordados de modo mais geral, focando-se suas sistêmicas interações totalizadoras e de maior relevo para o planejamento estratégico da cidade do Recife.

3.1. RIO BEBERIBE

Um dos principais rios do Recife, o Beberibe se localiza ao norte da cidade. Uma parcela de sua extensão constitui parte dos limites territoriais com o município de Olinda. Além dessa posição estratégica, que é relevante para o ordenamento da cidade, a importância do Beberibe também está expressa em outros atributos, como as grandes massas verdes e Unidades de Conservação presentes em suas margens, principalmente nas imediações de seu curso mais próximo à Rodovia BR-101, que se tornam escassos à medida que se aproxima do litoral. Destacam-se também atributos históricos, culturais e estético-visuais singulares, marcados, principalmente, pelo complexo de águas

- Field observations by way of site visits, and Google Earth observation, in addition to the use of photographs taken in the course of these observations, to provide further information on the current state of the site and the characterization of the Landscape Units under investigation.
- Primary identification of masses of vegetation, taking into account only visual characterization of the most significant conglomerations, the density, and the presence or absence of different sizes of plant (trees, shrubs or undergrowth).
- Consultation of secondary data, resulting from a review of literature from various sources — documents, technical notes, newspaper reports, and so forth — which provide information on the current conditions and future potential of the landscape units under study.

These analytical and technical studies, which, as a whole, make up the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife, are summed up below for each of the nine watercourses under study: the River Beberibe, Riacho Morno, the River Camaragibe, Riacho dos Pintos, Riacho Dondon, the Dead Branch of the River Capibaribe, and the Rivers Jiquiá, Tejiptó and Moxotó. Surveyed using the seven categories of analysis employed to identify the respective Landscape Units of these watercourses, these features are addressed here more generally, focusing on the overarching systemic interactions that are most important for the strategic planning of the city of Recife.

3.1. THE BEBERIBE RIVER

One of the main rivers of Recife, the Beberibe is located in the north of the city. One stretch of this river forms the boundary with the municipality of Olinda. Apart from its strategic position, which is important for city planning, the Beberibe River possesses other significant features, such as large masses of vegetation and Conservation Units on its banks, principally along the stretch near the BR-101 highway, becoming sparser as the river approaches the sea. This river also possesses unique historical, cultural and aesthetic features, marked, principally, by the complex of waters formed at its mouth, where it joins the River Capibaribe in regions of great environmental and urban potential between the cities of Recife and Olinda. Its banks are also home to important historical urban centers, such as the central part of the Beberibe neighborhood. This river has always played an important role in the urban development of the city, since, when the city first emerged and its urban fabric began to form, the Beberibe was the main waterway accessing the inland parts of the State. To this day, the east-west axis of this river helps to control circulation in the city.

formado em sua foz, na qual se dá o encontro com o Rio Capibaribe junto a regiões de grande potencial ambiental e urbano entre o Recife e Olinda, bem como antigas centralidades urbanas existentes ao longo de suas margens, como a área central do bairro de Beberibe. É possível apontar também uma importante participação do rio no desenvolvimento urbano da cidade, uma vez que em sua origem e formação do tecido urbano ele foi utilizado como via hídrica de interiorização e, desde então, seu eixo leste-oeste continua sendo uma linha de força para a estruturação de circulações urbanas.

Embora sejam relevantes os atributos apontados, as margens do Rio Beberibe se caracterizam por um tecido urbano fragmentado. Apesar de haver peculiaridades específicas para cada uma de suas Unidades de Paisagem definidas, a maioria se defronta com o grave problema das ocupações de população de baixa renda. Tais ocupações se assentam de forma espontânea e desordenada, contribuindo para a descontinuidade da malha urbana, sobretudo quanto a possíveis conexões entre a cidade do Recife e de Olinda, que podem ser promovidas com passagens sobre o rio.

Pelos atributos apontados, é possível vislumbrar a inegável relevância do Rio Beberibe na estruturação urbana do Recife. É evidente o potencial do rio, podendo ser explorado estrategicamente em função de melhorias no tecido viário e na circulação urbana de pedestres e de variados meios de locomoção, associadas a ações de requalificação das áreas marginais. Isso pode resultar num melhor ordenamento das ocupações irregulares, bem como numa delimitação precisa das áreas de preservação e das massas verdes existentes, além de demais atributos.

3.2. RIO MORNO

É o principal afluente do Rio Beberibe, que, ao desaguar neste, potencializa o eixo do curso leste-oeste no que tange à circulação urbana. Já foram projetados para as margens do Rio Morno grandes eixos viários visando à melhoria da mobilidade e à integração urbana. O projeto viário proposto seguiu preceitos viários e de drenagem ultrapassados, uma vez que objetivou a canalização e o revestimento pleno do Rio Morno, proposta que, caso fosse concretizada, levaria para o Rio Beberibe um grande volume de água, o que provocaria alagamentos maiores do que os que já ocorrem em suas margens. Vale destacar que, embora o Rio Morno não apresente extensas massas verdes ao longo de

Although the aforementioned attributes are important, the banks of the River Beberibe are nevertheless characterized by a fragmented urban fabric. Despite the specific features of each of its clearly-defined Landscape Units, most of these face severe challenges related to informal low-income settlements. Such occupation tends to occur spontaneously and in a disorderly fashion, worsening the discontinuity of the urban fabric, especially in relation to possible river routes between Recife and Olinda.

The features outlined here demonstrate beyond all doubt the importance of the River Beberibe for the structure of Recife. This river clearly has the potential to be exploited strategically to improve the transport network and urban circulation of pedestrians and various other forms of locomotion, in combination with restoration of riverside areas. This has the potential to promote more orderly land occupation and more precise demarcation of preservation areas and existing masses of vegetation, among other benefits.

3.2. THE RIVER MORNO

The River Morno is the main tributary of the River Beberibe, which forms the main east-west axis for circulation in the city. There have already been various projects for the banks of the River Morno involving grand axes that improve integration of the city and urban mobility. The urban mobility project was guided by outdated drainage and road transport principles, since it aimed to canalize and fully reinforce the River Morno — a proposal that, had it been put into effect, would have added a huge volume of water to the River Beberibe, causing more severe flooding of its banks than that which already occurs. It should be noted, however, that, although the banks of River Morno do not possess extensive vegetation, the riverside areas nevertheless constitute a landscape system complex of great aesthetic and ecological value for the city. Running through vast expanses of hilly terrain, the River Morno forms a long river valley and provides a wealth of environmental resources and urban landscape features.

Although the physical geography of the River Morno provides ample swathes of landscape, the fact that the surrounding land has been developed in an irregular and disorderly fashion has given rise to a whole series of drainage problems. One of the most severe of these derives from the fact that the banks of the River Morno also contain low-income settlements, with characteristically poorly constructed dwellings. This, in combination with the topography of the river, turns riverside areas into a disconnected sprawling urban fabric. This situation is further exacerbated by the absence or paucity of circulation routes and open spaces for leisure and recreation, making these riverbank areas

FIGURA 5
Planta geral da cidade do Recife e regiões ribeirinhas abordadas.

FIGURE 5
Overall layout of the city of Recife and riverside regions covered.

seu curso, suas áreas lindeiras constituem um complexo sistema paisagístico de grande valor estético e ecológico para a cidade. Ao percorrer ampla região de morros, o Rio Morno se configura como um extenso vale de rico valor ambiental e urbano-paisagístico.

Apesar de a fisiografia do Rio Morno proporcionar relevantes qualidades paisagísticas, o fato de o terreno ser acidentado e ocupado irregularmente sem um adequado ordenamento urbano provoca em suas margens uma série de problemas na drenagem de suas águas. Dentre os conflitos mais relevantes, vale destacar que o Rio Beberibe também agrega em suas margens assentamentos semelhantes, de baixo padrão construtivo, ocupados pelas populações carentes. Isso, somado à topografia acidentada do rio, transforma as áreas ribeirinhas em morfologias urbanas desordenadas e desconectadas do tecido urbano formal. Essa situação se agrava ainda mais pela ausência ou por exíguos caminhos de circulação e vivência por parte da população, transformando suas margens em áreas completamente desconectadas entre si, o que torna precária a conexão entre as margens do rio e entre estas e o ambiente urbano do entorno.

É de grande potencial a presença do Rio Morno como eixo de ordenamento urbano e sistema de circulação, bem como seus atributos paisagísticos e ecológicos, tornando-o uma estrutura fundamental na reconstrução e requalificação das margens ribeirinhas e dos espaços livres do entorno, constituindo-se como um elemento estruturador da malha urbana. Sua ligação com o Rio Beberibe amplia a função de drenagem dessas áreas que se somam à infraestrutura linear criada, capaz de agregar e ordenar as comunidades circunvizinhas. Com isso, é possível não só integrar os espaços livres disponíveis, criando-se conexões de circulação e acessibilidade, mas proporcionando espaços de convivência, recreação e lazer para as populações ribeirinhas e do entorno, tendo o Rio Morno como referência da paisagem local.

Vale ainda destacar que, em vez da antiga proposta de canalização do Rio Morno e da implantação de duas vias de circulação em suas margens, sugere-se como proposta complementar ao Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife, enquanto ação de requalificação, a construção de uma única via marginal ao Rio Morno. Esta funcionaria como eixo binário em conjunto com a via existente constituída pela Rua Uriel de Holanda no bairro de Beberibe. Dado ao menor impacto e à maior flexibilidade, essa opção tende a conciliar e otimizar as demandas de circulação sobre o eixo leste-oeste do Rio Morno, conjuntamente com os potenciais ambientais, urbano-paisagísticos e sociais aqui apontados.

totally disconnected from one another and, in turn, weakening the connection between the river banks and the surrounding urban fabric.

The River Morno has great potential as an axis for urban development and for the transport system and is also a beautiful landscape of great ecological value, making it a structure of fundamental importance for the reconstruction and regeneration of riverside areas and surrounding open spaces as a structural feature of the urban fabric. Its connection to the River Beberibe expands its drainage function into these areas and provides the potential for further linear infrastructure, capable of bringing surrounding communities together in a more harmonious fashion. It would thus be possible to integrate the available open spaces, thereby not only creating connections and providing circulation and accessibility, but also furnishing areas for leisure and recreation for the local population, with the River Morno functioning as the main local attraction.

It is worthwhile noting that, the old proposal involving canalization of the River Morno and the installation of two roads along its banks has been replaced by a proposal that complements the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife, involving regeneration of the area and the construction of a single riverside route. This would function as a two-way system in combination with the existing Rua Uriel de Holanda in the Beberibe neighborhood. This less impactful and more flexible option would tend to optimize the various demands regarding circulation put upon the east-west axis of the River, and reconcile them with the environmental, urban landscape and social potential outlined above.

3.3. THE RIVER CAMARAGIBE

Different from the Rivers Beberibe and Morno, the River Camaragibe passes through a north-western region of the city which is less densely populated. It runs through the neighboring municipality of Camaragibe, enters Recife and flows into the River Capibaribe. Its banks possess significant broad swathes of vegetation, legally protected Conservation Units and some buildings belonging to institutions. The riverside areas are also interspersed with a number of urban settlements — some planned, others informal. Generally speaking, there is poor integration between the occupied areas and the course of the River Camaragibe and its banks, which have potential for drainage infrastructure and linear structuring of the urban fabric.

A number of important roads cross the River Camaragibe, including the BR-101 highway. Local circulation is poorly served and the surroundings of the riverbanks are characterized by a fragmented disconnected urban fabric. The population does not have easy access to these regions because there are no connection lines linking

3.3. RIO CAMARAGIBE

Diferentemente dos rios Beberibe e Morno, o Rio Camaragibe perpassa uma região ao noroeste da cidade com menor densidade ocupacional. Ao longo de um percurso que corta o município vizinho de Camaragibe, adentrando no Recife até efluir no Rio Capibaribe. Estão presentes, em suas margens, amplas e significativas áreas verdes, Unidades de Conservação protegidas legalmente e algumas edificações institucionais. Em meio às áreas livres ribeirinhas, encontra-se também uma série de assentamentos urbanos, alguns ordenados, outros irregulares. De modo geral, observa-se uma má integração entre as áreas ocupadas e o curso do Rio Camaragibe e suas margens, as quais poderiam ser potencializadas enquanto infraestrutura de drenagem e estruturação linear do tecido urbano.

Quanto ao sistema de circulação, o Rio Camaragibe é cortado por importantes vias automotivas, como a Rodovia BR-101. A circulação local é precária, e as áreas lindeiras ao rio são marcadas por uma malha urbana fragmentada e desconectada. Essas regiões ribeirinhas não são facilmente acessíveis à população, pois não possuem linhas de conexões adequadas que integrem as áreas entre si e o entorno, estas são descontínuas, interrompidas pelos conjuntos edificados, resultantes de ocupações espontâneas.

Considerando que se trata de um eixo potencial de circulação, o Rio Camaragibe pode agregar as áreas circunvizinhas, que, se forem conectadas adequadamente, possibilitarão melhor circulação e acesso entre si. Nesse sentido, é possível construir um sistema de espaços livres que componha uma rede integradora de conexões unindo as ocupações existentes ao longo das margens ribeirinhas às áreas livres ainda disponíveis. Desse modo, possibilita-se a oferta de um conjunto de novos espaços livres para recreação e lazer, bem como equipamentos comunitários para a população, além da incorporação de áreas verdes relacionadas a Unidades de Conservação e de grandes áreas livres onde se assentam instituições públicas ali registradas. O conjunto como um todo pode constituir um sistema de espaços livres capaz de promover integração entre a malha urbana das margens ribeirinhas, amenidade climática, usos de convivência e vistas cênicas da paisagem do lugar.

O Rio Camaragibe, ao afluir para o Capibaribe, compõe com este um importante complexo paisagístico e ecológico, somando atributos como a Ilha do Bananal e conformando uma das Unidades de Paisagem aqui identificadas, que abrange o território das áreas marginais do Rio Camaragibe, localizada entre a BR-101 e seu deságue no Capibaribe. Vale destacar, nesse trecho, a significativa presença das Unidades de Conservação Apipucos e Mata de Dois Irmãos em suas imediações. Registra-se, ainda, na margem do Rio Camaragibe, os terrenos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, notória instituição de ensino com foco no ensino das questões rurais e ambientais,

them to one another or to the surrounding area. These regions are inconsistently developed and blocked by housing developments resulting from spontaneous occupation.

As a main circulation route, the River Camaragibe should be capable of uniting the areas surrounding it, were the latter suitably interconnected, providing better circulation from one area to another. It would thus be possible to build a system of open spaces to form an integrated network of connections between existing riverside settlements and such open spaces as are still available. This has the potential to provide a collection of new open spaces for leisure and recreation and facilities for the local community, and also to incorporate green areas related to Conservation Units and large open spaces which surround the public institutions located in the region. As a whole, this would create a system of open spaces capable of providing integration of the riverside urban fabric, a pleasant climate, recreational activities, and a landscape with attractive views.

The River Camaragibe flows into the Capibaribe to form an appealing landscape and important ecological complex, with features such as Bananal Island that fit well with the concept of Landscape Units introduced above. The area stretches along the banks of the River Camaragibe, from the BR-101 highway to the point where it joins the River Capibaribe. This stretch includes the important Apipucos and Dois Irmãos Forest Conservation Units. The banks of the River Camaragibe are also home to the Federal Rural University of Pernambuco, a prestigious teaching and research institution that specializes in rural and environmental issues and is considered a local landmark. Taken as a whole, these areas and all the other open spaces along the banks of this river form a structuring axis that connects and integrates the urban landscape.

3.4. RIACHO DOS PINTOS

A tributary of the River Camaragibe, Riacho dos Pintos further strengthens the axis formed by the banks and drainage basin of the River Camaragibe and the systemic linear infrastructure of great environmental, ecological, socio-cultural and aesthetic value for this part of the city.

Riacho dos Pintos runs through a rugged terrain, with clumps of disorderly spontaneous human settlement along its banks hindering water runoff and diminishing the quality of local water resources. These settlements are characterized by irregular fragmented urban development that disrupts the urban fabric through lack of interconnection between the settlements themselves, with those open spaces still in existence, or with the formal urban fabric. This may be due to lack of access and circulation for pedestrians and vehicles, or because it creates obstacles to mobility and other social uses.

182 considerando-se como um marco na paisagem local. O conjunto dessas áreas e de todos os demais espaços livres das margens do rio se consolidam como um eixo de estruturação, conexão e integração da paisagem urbana.

3.4. RIACHO DOS PINTOS

Afluente do Rio Camaragibe, o Riacho dos Pintos potencializa o eixo hídrico formado pela Bacia Hidrográfica do Rio Camaragibe e suas margens, consolidando uma infraestrutura linear sistêmica de grande valor ambiental, ecológico, sociocultural, estético e paisagístico para essa porção da cidade.

O Riacho dos Pintos percorre um relevo acidentado, com aglomerados de ocupação espontânea ao longo de suas margens, que se consolidaram de forma desordenada, prejudicando o escoamento de suas águas e a qualidade hídrica ribeirinha. São ocupações irregulares fragmentadas que comprometem o tecido urbano local por não se integrarem entre si, nem com os espaços livres ainda existentes, nem com a malha urbana formal, ora por falta de acessos e circulação de pessoas e veículos, ora criando barreiras que não permitem a mobilidade ou outros usos sociais.

É emergente a necessidade de uma série de intervenções, como abertura de vias para veículos e pedestres, bem como ciclovias, além da consolidação de um sistema de espaços livres públicos de forma linear acompanhando o curso do riacho, fortalecendo, dessa forma, uma linha estruturadora do território urbano naquela área da cidade.

Em grande parte de seu curso, o Riacho dos Pintos se encontra encoberto e invisível na paisagem, ora por vegetação em face dos terrenos acidentados ou alagados que fazem interface com ele, ora pelo conjunto edificado das ocupações espontâneas existentes. Requalificar o Riacho dos Pintos, bem como integrá-lo ao tecido urbano formal, parece ser a recomendação mais plausível e imprescindível, pois contribuirá sobremaneira com o sistema de drenagem da região ao mesmo tempo que abarca muitas áreas do entorno, ampliando, assim, o efeito do sistema hídrico de drenagem. O conjunto de localidades que se agregam nessa função tem grande importância hídrica e ecológica para essa região noroeste da cidade, tomando maior dimensão quando incorpora áreas como a do *campus* da UFRPE e a Unidade de Conservação Mata de Dois Irmãos (Parque Estadual de Dois Irmãos). Unidas, essas áreas que envolvem o Rio Camaragibe e o Riacho dos Pintos conformam uma singular unidade de paisagem da cidade do Recife.

There is a growing need for a series of interventions, such as the opening of roads for vehicles and pedestrians and the creation of bike paths. There is also a need for consolidation of a linear system of public open spaces along the stream, thereby providing a more robust structural axis for urban development in this part of the city.

For most of its course, Riacho dos Pintos is hidden and does not appear in the landscape. It may be occluded by the vegetation of the adjoining rugged or marshy terrain, or blocked from view by the mass of spontaneously erected buildings. Restoration of Riacho dos Pintos and its integration into the formal urban fabric would seem to be not only plausible but indispensable, since this would contribute immeasurably to the region's drainage system and to the benefit of much of the surrounding area. These localities are of great importance for the hydrology and ecology of this northwestern region of the city and this importance is only magnified if we include areas such as the UFRPE campus and the Dois Irmãos Forest Conservation Unit (Dois Irmãos State Park). Taken together, these areas surrounding the River Camaragibe and Riacho dos Pintos form a single landscape unit in the city of Recife.

3.5. RIACHO DONDON

Riacho Dondon rises in the Várzea Woodland and debouches into the River Capibaribe in the vicinity of Av. Caxangá. Although it passes through a predominantly green area, this watercourse plays an important role in the drainage and ordering of spontaneous settlements in the area. One such community is the Rosa Selvagem Special Social Interest Zone (ZEIS), through which two canals flow into Riacho Dondon. The other is situated near Av. Caxangá and comprises a number of spontaneously occupied plots located between Riacho Dondon and the River Capibaribe, whose built up area lies mostly on the banks of the stream. Both settlements are in urgent need of urban landscaping to regenerate them and integrate them into the local urban fabric.

This is an area with a rich and diverse environment and landscape, owing to the presence not only of Riacho Dondon, but also of the River Capibaribe, in addition to the pre-existing rugged terrain which shapes its unique landscapes. These bodies of water are not integrated into the local urban fabric and are surrounded by an urban sprawl that blights their potential as landscapes. There is thus clearly a need for intervention to regenerate the open spaces on the banks of Riacho Dondon, and some flanking the River Capibaribe also. This would provide these waterside areas with open spaces for use by the general population, in addition to providing access to and physical-spatial integration of permanently protected conservation areas. This

3.5. RIACHO DONDON

Com nascente na Mata da Várzea, o Riacho Dondon deságua no Rio Capibaribe nas imediações da Av. Caxangá. Apesar de perpassar uma área predominantemente verde, seu eixo hídrico tem um papel importante na drenagem e no ordenamento das ocupações espontâneas existentes na área. Um desses assentamentos é constituído pela Zeis Rosa Selvagem, a partir da qual afluem dois canais para o Riacho Dondon. O outro assentamento se situa nas imediações da Av. Caxangá, constituída por ocupações espontâneas localizadas entre o Riacho Dondon e o Rio Capibaribe, possuindo uma área edificada maior às margens do riacho. Ambos os assentamentos merecem um tratamento urbano-paisagístico que os requalifiquem e os integrem ao tecido urbano local.

Esta é uma área de ricos e diversos atributos ambientais e paisagísticos devido à presença não só do Riacho Dondon, mas também à do Rio Capibaribe, além da preexistência de um relevo acidentado que configura paisagens singulares. Esses corpos de água não estão integrados ao tecido urbano local, apresentando-se parcelas urbanas em desordem, o que compromete o seu potencial paisagístico. Daí, observa-se a necessidade de se promover intervenções que requalifiquem os espaços livres das margens do Riacho Dondon, bem como parcelas das margens do Rio Capibaribe, dotando as bordas de água com espaços livres para uso público da população, além da conservação das Áreas de Proteção Permanente e promoção de acesso e integração físico-espaciais entre elas. Com isso, busca-se potencializar a infraestrutura de drenagem linear, conjugando-a a um sistema de espaços livres públicos que promova usos sociais de recreação e lazer com equipamentos públicos comunitários que favoreçam a convivência da população local.

Vale destacar, ainda, a potencialização da função viária, que pode ser otimizada mediante o favorecimento dos fluxos de veículos e pedestres entre as margens ribeirinhas e os grandes eixos viários e avenidas, sobretudo a Av. Caxangá, o que vem contribuir com o trânsito da cidade naquele trecho.

3.6. BRAÇO MORTO DO RIO CAPIBARIBE

Localizado na região do centro expandido da cidade, o Braço Morto do Rio Capibaribe, por se tratar de uma interconexão entre o Rio Capibaribe e o Estuário do Pina, tem uma função hídrica e de drenagem de grande importância para a área central da cidade, além de se constituir como um marco referencial da drenagem e da paisagem do Recife.

Esse corpo de água perpassa áreas densamente ocupadas, como a Ilha de Joana Bezerra e o bairro de Afogados, podendo servir como eixo ordenador

would in turn improve the linear drainage infrastructure, combining it with a system of public open spaces for leisure and recreation equipped with facilities for use by the local population.

It is also worth noting the potential of this axis as a transport route, which could be improved by facilitating the flow of vehicles and pedestrians from one bank to the other and along the existing main roads and avenues, in particular Av. Caxangá, which carries traffic along this stretch.

3.6. THE DEAD BRANCH OF THE RIVER CAPIBARIBE

Located in the expanded central region of the city, the Dead Branch of the River Capibaribe, connecting the River Capibaribe to the Pina Estuary, plays an important role in the drainage, water system and landscape of the central area of the city, and in Recife as a whole.

This watercourse passes through densely occupied areas, such as Joana Bezerra Island and the Afogados neighborhood and serves as an axis of urban development, while, at the same time, providing some idea of the ecological and landscape potential of the area, currently obscured by the mass of buildings along this stretch. It should be noted that the immediate vicinity of this branch of the River Capibaribe contains Zeca Island, a geographically and ecologically unique Conservation Unit.

Along the banks of the Dead Branch, opposite this island, runs a long strip of back ends of formal and informal lots. This strip urgently needs reorganization to incorporate it into the formal urban fabric of the city and provide access and visibility for the island. As this is one of the landscape units identified by the proposal, the aim is to install routes along the banks for motor vehicles, pedestrians and cyclists, as a way of integrating the river banks into the local urban fabric. This will enable the systematic construction of the urban landscape as a whole based on integration of open spaces with the potential for providing leisure and recreation for the local population. It will also help to conserve Zeca Island and the Dead Branch of the River Capibaribe. On the opposite bank of the Dead Branch, where the Special Social Interest Zone community known as Coque is located, there is potential for restoration and development of the Dead Branch of the River Capibaribe as a structural feature of the local urban fabric and landscape.

Urban development in the region immediately surrounding the Dead Branch and the Pina Estuary is better organized, with empty plots set aside for structural interventions involving installation of facilities for large-scale commerce and services. However, there is also the potential for installing a series of public open spaces in permanent protection areas as a way of promoting conservation of the waterways already in

184 urbano ao mesmo tempo que evoca potenciais paisagísticos e ecológicos da área, hoje obscurecidos pelo maciço das edificações da cidade naquele trecho. Vale destacar que, nas imediações desse trecho do Rio Capibaribe, registra-se a presença da Ilha do Zeca, uma Unidade de Conservação de singular formação fisiográfica e ecológica.

Nas margens do Braço Morto, do lado oposto a essa ilha, encontra-se uma longa faixa de fundos de lotes formais e informais cujo ordenamento se faz emergente para sua inserção no tecido urbano formal da cidade e na viabilização de acesso e visibilidade à ilha. Constituindo esta como uma das unidades de paisagem identificadas, propõe-se a implantação de vias marginais para automóveis, pedestres e ciclistas que possam estabelecer uma borda integrada ao tecido urbano local. Assim, é possível construir sistematicamente um todo urbano-paisagístico, a partir da integração dos espaços livres potenciais que possibilitem áreas de convívio para a população local, além da conservação da Ilha do Zeca e do Braço Morto do Capibaribe. Na margem oposta do Braço Morto, onde se encontra a Zeis Coque, podem-se promover ações de requalificação das margens, potencializando o Braço Morto do Rio Capibaribe como uma linha estrutural hídrica ordenadora do tecido e da paisagem urbanos locais.

Em relação às imediações do Braço Morto e o Estuário do Pina, a região se encontra com ocupações mais consolidadas, com terrenos livres destinados a intervenções estruturais voltadas para a implantação de equipamentos urbanos empresariais de comércio e serviços de grande porte. Contudo, há a possibilidade de se implementar espaços livres públicos nas Áreas de Proteção Permanente que sirvam de motivadores da conservação dos corpos de água ali existentes, além de usufruto de vistas cênicas da paisagem por parte de seus usuários e moradores locais e também minimização do efeito da massa construída pelas edificações implantadas.

3.7. RIO TEJIPÍÓ

Com nascente no vizinho município São Lourenço da Mata, nas imediações da Arena de Pernambuco, o Rio Tejipió, um dos principais rios do Recife, percorre uma parte do território do município de Jaboatão dos Guararapes e cruza toda a cidade de oeste a leste, desde o bairro Coqueiral, na zona sudoeste, até desaguar no Estuário do Pina.

Ao longo de seu curso, o Tejipió apresenta suas margens com diferentes situações de apropriação do solo, desde áreas ordenadas até ocupações ribeirinhas irregulares. Registra-se também uma série de problemas de ordem ambiental, como estreitamentos de sua calha, acúmulo de lixo, poluição hídrica, assoreamentos, etc. Entretanto, estão ali presentes significativas

existência, and providing an attractive landscape for users and local residents, while also minimizing the effect of mass construction.

3.7. THE RIVER TEJIPÍÓ

Rising in the neighboring municipality of São Lourenço da Mata, near the Pernambuco Stadium, the River Tejipió runs through part of the municipality of Jaboatão dos Guararapes and then crosses the whole of the city of Recife from west to east, from the Coqueiral neighborhood, in the southwestern zone, to its mouth in the Pina Estuary.

The banks of the River Tejipió exhibit a variety of land uses, including planned areas and irregular riverside settlements. There are also many environmental problems, such as constriction of the channel, the accumulation of solid waste, water pollution, silting, and so forth. However, the region also contains Conservation Units of considerable importance for the city of Recife, including Mata do Barro, Mata do Engenho Uchôa and Lagoa do Aracá. In view of its importance and great length, this river and its banks, especially on the stretch between the BR-101 highway and its mouth in the shared estuary of Recife, are good candidates for regeneration as part of the intervention proposals outlined in the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife.

In view of its scale, the River Tejipió also forms an important structuring axis in the city, principally for the string of settlements which already occupy its banks. It plays a notable role in connecting riverside communities such as those in the vicinity of Mata do Engenho Uchôa (Ximboré, Caçote, and the like), since the presence of the river has the capacity to provide a better quality urban environment and can also serve to demarcate territory, thereby helping to conserve the forest. The river may also be useful for the community known as Dancing Days, providing urban connectivity and accessibility, and serving as an axis for urban development and a means for conservation of the UCN Sítio Grande mangrove, by way of the natural barrier it poses. At municipal level, it is worth mentioning the possibilities that the River Tejipió provides as an element capable of integrating the urban fabric, facilitating implementation of circulation routes, integrating and ordering the numerous existing settlements. The point where the Rivers Tejipió and Jiquiá come together are of especial importance in so far as they create the possibility for numerous other functions relating to circulation and access, capable of connecting settlements located in the immediate vicinity of Av. Recife and other areas further to the east in the neighborhoods of Imbiribeira and Afogados. It should be noted that the River Tejipió is especially important for Recife's drainage system, since it covers a broad expanse of territory in the city, and

Unidades de Conservação do Recife, como a Mata do Barro, a Mata do Engenho Uchôa e a Lagoa do Araçá. Por sua importância para a cidade do Recife e dada a sua grande extensão, esse rio e suas margens, sobretudo no trecho que vai da BR-101 à sua foz no estuário comum do Recife, merecem ser objeto de requalificação paisagística ao lado das propostas de intervenção do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife.

Devido ao porte do Rio Tejipió, vale destacar sua importância enquanto eixo hídrico estruturador urbano da cidade e principalmente para uma série de assentamentos existentes ao longo de seu curso. Vale ressaltar seu papel de ordenador de localidades como as comunidades ribeirinhas vizinhas à Mata do Engenho Uchôa (Ximboré, Caçote, etc.), visto que a presença do rio pode proporcionar maior qualidade ambiental urbana ao mesmo tempo que lhes serve de delimitação territorial, contribuindo para a conservação da mata. Estima-se também a utilidade do rio para a comunidade Dancing Days, proporcionando-lhe conexões urbanas e acessibilidade, bem como servindo de eixo de ordenamento urbano e um meio de conservação do manguezal da UCN Sítio Grande, impondo-lhe uma delimitação natural. Em nível municipal, vale mencionar as possibilidades que o Tejipió proporciona enquanto elemento integrador do tecido urbano, favorecendo a implementação de vias de circulação, integrando e ordenando as inúmeras ocupações existentes. É de grande importância o encontro com o Rio Jiquiá, seu afluente, pelo fato de abrir inúmeras outras funções, de circulação e acesso, capazes de conectar assentamentos localizados nas imediações da Av. Recife e de outras áreas mais a leste nos bairros da Imbiribeira e de Afogados. É relevante enfatizar a importância do Rio Tejipió para o sistema de drenagem da cidade, pois ele abarca uma ampla extensão do território do Recife, recebendo afluições de outros rios como o Jiquiá e o Moxotó, além de uma série de pequenos riachos e canais.

Somam-se a tudo isso os diversos atributos ecológicos e paisagísticos caracterizados por suas massas verdes e cursos de águas, os quais induziram a definição de Unidades de Paisagem com aspectos bem peculiares. Contudo, a totalidade territorial do Rio Tejipió não perde o caráter de eixo integrador sistêmico da paisagem urbana do Recife, por sua função de infraestrutura de macrodrenagem urbana, de eixo linear de conexões de localidades e de funções ecológicas e paisagísticas.

3.8. RIO JIQUIÁ

Afluente do Rio Tejipió, o Rio Jiquiá integra uma extensão territorial de grande potencialidade enquanto um corredor ecológico para a cidade do Recife. Ao nascer, no Jardim Botânico do Recife, ele atravessa uma emblemática Unidade de Conservação da cidade, o Parque do Jiquiá, além de outras importantes

receives the waters of other rivers such as the Rivers Jiquiá and Moxotó, in addition to those of numerous other smaller streams and canals.

In addition to this, the river possesses a variety of ecological and landscape features characterized by large masses of vegetation and long stretches of water, causing them to be categorized as Landscape Units on account of their peculiar characteristics. Nevertheless, the area surrounding the River Tejipió as a whole still acts as a systemic integrating axis for the urban landscape of Recife, on account of its urban macro-drainage infrastructure, the connectivity it provides with other localities and its function as an ecological resource and location of outstanding natural beauty.

3.8. THE RIVER JIQUIÁ

A tributary of the River Tejipió, the River Jiquiá forms part of an expanse of territory of great potential as an ecological corridor for the city of Recife. At its source, in Recife's Botanical Gardens, it runs through one of the city's iconic Conservation Units, Jiquiá Park, and also through other important green areas. The River Jiquiá also runs through stretches of fairly disorderly urban development, including a string of informal riverside settlements. With such a diversity of features and Conservation Units the Jiquiá River may contain five different Landscape Units, with highly distinctive characteristics of great potential in terms of ecology and landscape, making it a highly significant urban ecosystem in the western part of Recife.

3.9. THE RIVER MOXOTÓ

A tributary of the River Tejipió, the River Moxotó is located in a sparsely populated portion of the southeastern zone of the city of Recife, in the vicinity of Recife Guararapes - Gilberto Freyre International Airport. This is a part of the Ibura neighborhood with extensive green areas surrounding the course of the river, which also contains a fairly densely populated and formally planned portion of the urban fabric. However, at the point where these areas meet, there is an urban fringe of ill-defined public open spaces, which are in the process of gradually being occupied by spontaneous unplanned settlements. This is a region which, despite its ample green areas, is subject to recurrent flooding in the rainy season and requires regeneration of its riverbanks to mitigate flooding and improve the local drainage system.

With an improved drainage system, the River Moxotó could become a major structuring access in the urban landscape and a waterway of great importance, not only for drainage, but for possible systematic integration of public open spaces. Improvement of existing structures

186 áreas verdes. O Rio Jiquiá percorre ainda trechos da cidade com ocupação bastante desordenada, sendo acompanhado por uma série de assentamentos ribeirinhos irregulares. Com tal diversidade de cenários e Unidades Ecológicas no Jiquiá, é plausível que se identifiquem cinco diferentes Unidades de Paisagem, com características bem distintas e de grande potencialidade ambiental e paisagística, coroando-o com uma relevante função ecossistêmica urbana das zonas oeste e sudoeste do Recife.

3.9. RIO MOXOTÓ

Afluente do Rio Tejipió, o Rio Moxotó se localiza em uma área de baixa densidade ocupacional na zona sudoeste da cidade do Recife, nas imediações do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes - Gilberto Freyre. Trata-se de uma região do bairro do Ibura com grandes extensões de áreas livres verdes por onde passa esse rio, encontrando-se com uma parcela urbana bastante ocupada e formalmente ordenada. Contudo, o encontro dessas áreas proporciona a formação de franjas urbanas que se constituem como espaços livres públicos indefinidos, os quais paulatinamente vão sendo ocupados por assentamentos espontâneos, marcando o uso e a ocupação do solo urbano de forma desordenada. É uma região que, apesar das amplas áreas verdes livres existentes, sofre recorrentes alagamentos em períodos de chuva, carecendo de ações de requalificação das bordas, de modo que mitiguem as ações dos alagamentos, contribuindo com o sistema de drenagem local.

Com a requalificação do sistema de drenagem, o Rio Moxotó pode se transformar em um forte eixo ordenador da paisagem urbana, passando a ser considerado como uma linha de água com importante função urbano-paisagística, não somente como uma infraestrutura de drenagem, mas como uma possibilidade de integração dos espaços livres públicos de forma sistêmica. Através de ações de requalificação das estruturas existentes no que diz respeito à acessibilidade e circulação de pedestres, veículos e outros, é possível proporcionar espaços livres públicos integrados com usos sociais de recreação e lazer ou convivência humana. Apesar de a área se apresentar como propícia à implantação de novos loteamentos ou parcelamentos urbanos, ocasionando prováveis supressões de áreas verdes, faz-se necessário promover intervenções urbano-paisagísticas no sentido de solucionar não só os problemas de alagamentos prementes, mas a criação e efetivação de um sistema de espaços livres públicos integrado e interconectado que venha atender às funções infraestruturais urbanas, socioculturais, ecológicas e paisagísticas.

relating to accessibility and circulation for pedestrians, vehicles and other forms of transport could create a system of interconnected public open spaces for leisure, recreation and other social activities. Although the area would appear to be conducive to the creation of new lots or parcels of urban land, probably encroaching on green areas, there is a need for urban landscape interventions not only to solve the urgent problems regarding flooding but also to establish an integrated interconnected system of public open spaces to meet the city's need for infrastructure, socio-cultural facilities, environmental conservation and landscaping.

CONSIDERAÇÕES FINAIS ACERCA DO PROBLEMA LEVANTADO E DAS DIRETRIZES PROPOSTAS

FINAL CONSIDERATIONS ON THE PROBLEM RAISED AND THE PROPOSED GUIDELINES

187

O principal objetivo desta reflexão foi trazer à tona uma problemática urbana e ambiental que, por séculos, tem se abatido sobre a cidade do Recife: as enchentes, os alagamentos e a má utilização de seus espaços livres públicos, fatores relacionados a uma descontinuidade e desconexão do tecido urbano que não compõe um sistema paisagístico único e integrado com a infraestrutura natural de drenagem, apesar de ser um elemento intrínseco à cidade.

O trabalho apresentado se resume a uma proposta preliminar de apontamento de diretrizes para um desenho urbano-paisagístico da cidade, baseado nas linhas de drenagem urbana, seus principais cursos de água e os espaços livres de suas margens, as APPs, no âmbito da elaboração do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife.

Dentro de uma visão sistêmica, as diretrizes urbano-paisagísticas apresentadas se apresentam como uma possibilidade de apropriação das APPs, evidenciando-se as funções de drenagem dos rios e riachos urbanos e transformando-os em elementos estruturadores da paisagem urbana. A agregação do conjunto de espaços livres públicos lineares ao longo dos cursos de água, como um sistema, promove a integração não apenas das áreas livres de bordas, mas favorece a conexão com o tecido urbano do entorno. Com isso, formulam-se possibilidades para a reconexão do tecido urbano da cidade aos elementos que referenciam suas origens — as águas urbanas.

Além disso, põe-se aqui em xeque a questão das ocupações espontâneas e informais que permeiam a malha urbana, pontuando os focos de pobreza e a degradação ambiental da cidade. A requalificação do conjunto de espaços livres ribeirinhos pode servir de motivação para se deflagrar um processo de regeneração e reabilitação dos assentamentos informais, integrando-os à vida urbana, reconfigurando a paisagem da cidade.

A proposta se desenha como uma inspiração para que os gestores públicos e privados implementem ações de planejamento e gestão segundo uma visão integradora da paisagem urbana, considerando-se as principais linhas de água da cidade tanto como infraestrutura principal de drenagem quanto como eixos estruturadores do planejamento físico territorial e de desenvolvimento urbano. Desse modo, parece viável agregar, conectar e integrar toda a malha urbana a partir do ordenamento dos espaços livres públicos remanescentes à margem dos rios, riachos e canais, à luz de uma abordagem sistêmica da paisagem urbana.

Acredita-se que tais reflexões afloram o entendimento da paisagem urbana como um todo conectado, em dimensões naturais e socioculturais. Admite-se, porém, que proposições como a aqui apresentada só lograriam êxito se fossem complementadas por investigações mais profundas acerca da paisagem local de cada fragmento urbano estudado, compreendendo-se a história dos lugares, a natureza fisiográfica e a auscultação de moradores e usuários das áreas. De idêntico modo, diversas outras questões também careceriam

The main aim of this chapter has been to shed light on some of the urban and environmental problems that have for centuries afflicted the city of Recife. These include flooding and poor use of public open spaces, both of which are related to the discontinuous and disconnected nature of the urban fabric, which does not constitute a single landscape system integrated into the natural drainage infrastructure, despite being an intrinsic element of the city.

The study presented here is a preliminary proposal for urban landscape design guidelines for the city based on drainage lines, the main watercourses and the open spaces that occupy their banks, and the PPAs, as part of the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife.

As part of a broader systematic vision, the urban landscape guidelines outlined here present a proposal for making use of the PPAs, especially for drainage of urban rivers and streams, transforming them into structural elements of the urban landscape. The series of public open spaces that rim watercourses could, as a system, not only promote integration of waterside areas but also provide connections with the surrounding urban fabric. This in turn could provide ways of reconnecting the urban fabric of the city to the waters from which it originally emerged.

Furthermore, we have raised questions regarding the spontaneous informal urban development that pervades the urban fabric, creating pockets of poverty and environmental degradation in the city. The restoration of these open spaces on river banks could serve to trigger a process of regeneration and rehabilitation of informal settlements, integrating them into urban life and reconfiguring the landscape of the city.

This proposal is designed to inspire managers in the public and private sector to adopt planning and management practices that take an integrated approach to the urban landscape, considering the city's main waterways both as important items of drainage infrastructure and as structural axes for urban planning and development. It would thus be possible to aggregate, connect and integrate the whole urban fabric around the remaining public spaces on the banks of rivers, streams and canals, adopting a systematic approach to the urban landscape.

It is believed that such reflections might help to promote greater understanding of the urban landscape as a connected whole, both as a natural and as a socio-cultural phenomenon. It must be admitted, however, that proposals such as those presented here will only meet with success if they are complemented by more in-depth investigation of the local landscape of each urban fragment studied, providing information on the history and physical geography of localities and listening to residents and people who use these areas. Likewise, various other questions also require more in-depth technical study,

de estudos técnicos mais aprofundados, como a mobilidade, o reordenamento de ocupações informais e outros.

A necessidade por tais aprofundamentos se deve ao caráter preliminar das análises realizadas. Dentre as ferramentas operacionais, por exemplo, foram utilizados recursos técnicos diretos, como visitas em campo, mas que por diversas vezes necessitaram ser complementadas por recursos indiretos, como consultas ao *software* Google Earth, dado o difícil acesso às diversas áreas molhadas aqui trabalhadas. Nesse contexto, por exemplo, a identificação da vegetação foi realizada mediante a observação das manchas apresentada em mapas virtuais, possibilitando-se apenas uma caracterização visual primária quanto às associações vegetais mais expressivas, a existência ou não de elementos vegetacionais significativos, sua tipologia e seu porte (arbóreo, arbustivo ou de forração), dentre outros.

Acredita-se que o reconhecimento dessas pendências deixa em aberto a reflexão aqui realizada, sem desmerecer, contudo, a contribuição do olhar sistêmico de seu conteúdo teórico-metodológico ao planejamento e à gestão urbana. Nesse sentido, chama-se a atenção para a importância da interpretação e aplicação precisa das determinações técnicas e legais quanto à manutenção das APPs, considerando-as imprescindíveis ao sistema de drenagem da cidade. Não apenas como infraestruturas físicas rígidas, as APPs devem ser pensadas como um sistema estruturador urbano-paisagístico, de espaços livres públicos, conjugação de infraestruturas agregadas, responsável pela configuração da paisagem urbana, tendo em vista o desenvolvimento e a sustentabilidade da cidade.

Enquanto o planejamento urbano não lidar de forma estratégica e realista com a extensão de todas as dimensões das APPs, à cidade sempre restará uma defasagem no que diz respeito à identidade de sua paisagem, de seu caráter, ao desenvolvimento de suas estruturas e infraestruturas e à inteireza da qualidade de vida como um todo. Este é o desafio-chave dos centros urbanos que se põem ao desenvolvimento sustentável.

Enquanto o planejamento e a gestão urbanos não se processarem de forma estratégica e realista com a extensão de todas as dimensões da paisagem, tanto naturais quanto construídas, e, assim, compreenderem as APPs como norteadores do ordenamento e da requalificação do tecido urbano, suas infraestruturas e a manutenção das identidades da paisagem local, a qualidade de vida urbana não alcançará uma plenitude satisfatória. Este é o grande desafio com que se deparam os planejadores e gestores dos centros urbanos em busca do alcance da conservação dos valores da paisagem e do desenvolvimento sustentável das cidades.

Conclui-se, portanto, que se ponha em discussão, no processo de planejamento e gestão urbanos, as seguintes questões:

including mobility, the reorganization of informal settlements and so forth.

The need for more in-depth studies is a consequence of the preliminary nature of the analyses so far undertaken. The operational tools employed included, for example, direct techniques, such as field visits, but these often needed to be complemented by indirect methods, such as the use of Google Earth, given the difficulty experienced accessing some of the wetlands under investigation. The identification of vegetation, for example, was carried out using virtual maps, enabling only primary visualization of more significant masses of vegetation, the existence or not of vegetation, its typology and its size (trees, shrubs or undergrowth), among others.

Recognition of these shortcomings leaves our discussion here open-ended, without in any way detracting from the importance for urban planning and management of the theoretical and methodological content presented. We should thus underline the importance of interpretation and precise application of the technical and legal determinations regarding maintenance of the PPAs, which we believe are indispensable for the city's drainage system. The PPAs should be regarded not only as a system of public open spaces that structures the urban landscape, but as a conjunction of infrastructure responsible for the configuration of the urban landscape, in the context of the sustainable development of the city.

So long as urban planning does not deal in a strategic and realistic manner with all aspects of PPAs, the city will remain bereft of a distinct landscape and identity, of full development of its structures and infrastructure and of a fully rounded quality of life for all. This is the key challenge faced by urban centers contemplating adoption of a sustainable form of development.

So long as urban planning and management do not proceed in a strategic and realistic manner and incorporate all aspects of the landscape, built and natural, and, thus, do not see PPAs as providing orientation for the organization and regeneration of the urban fabric and its infrastructure and the preservation of local landscape identities, the quality of life in the city will never achieve a fully satisfactory level. This is the great challenge facing planners and managers of urban centers who seek to preserve the landscape and ensure sustainable development of cities.

We thus conclude that the planning and management of the city should consider the following questions:

- The city water network cannot be regarded simply as a network of physical infrastructure but should also be seen as an instrument for urban planning and management, in view of the role the conservation of PPAs can play in the development of the city as a whole. Searching for sustainable patterns of life by combining the urban fabric with other

- A malha hídrica urbana não pode se constituir apenas como rede física de infraestrutura, mas também como um instrumento de planejamento e gestão urbanos, considerando-se o papel da conservação de suas APPs para o desenvolvimento da cidade como um todo. Assim, será sempre louvável a busca por alcance de padrões sustentáveis de vida mediante a conjugação da malha urbana com as demais infraestruturas, os espaços livres públicos e a configuração de suas paisagens.
- Os rios urbanos têm papel fundamental na conformação da paisagem como um todo sistêmico que contempla dimensões naturais, socioculturais e estéticas da cidade, e suas APPs, juntamente com o conjunto de espaços livres disponíveis, são áreas propícias ao uso social, à reabilitação urbana e à manutenção das estruturas ecológicas e paisagísticas, que dão caráter e identidade aos lugares urbanos.
- As APPs não são apenas determinações legais para exercer funções ambientais, mas servem como espaços integradores de lugares urbanos, são reconstrutoras da morfologia e dinâmica da paisagem urbana, visando à conservação e sustentabilidade dos valores da cidade.

Por fim, para ilustrar as chaves que o presente trabalho abre para a cidade do Recife no compromisso com o desenvolvimento urbano sustentável, são apresentadas aqui algumas das imagens ilustrativas das concepções preliminares para as intervenções da Proposta de Intervenção Urbano-Ambiental para as Margens de Rios e Riachos da Cidade do Recife.

infrastructure, public open spaces and landscapes will always be a laudable goal.

- Urban rivers have a fundamental role to play in shaping the landscape as a systemic whole that includes natural, socio-cultural and aesthetic dimensions, and their PPAs, along with the open spaces available, are areas that are ideal for use by society, for urban rehabilitation and maintenance of the structure of the ecology and the landscape which gives these urban locations their unique character.
- PPAs are not only legal constructs that serve an environmental purpose, but also spaces that integrate different locations in the city, capable of restructuring the morphology and dynamics of the urban landscape, with a view to conserving and sustaining the various resources of the city.

As a final illustration of the key features that this project promises the city of Recife in terms of its commitment to sustainable urban development, we present here some images from the preliminary studies for interventions forming part of the Proposal for Urban Environmental Intervention on the Banks of Rivers and Streams in the City of Recife.

FIGURA 8
Prancha 2/2 da Proposta de Reordenamento
Marginal para o Riacho Dondon.

FIGURE 8
2/2 Model of Redevelopment Proposal for the Banks of
Riacho Dondon.

FIGURA 9
Prancha 3/5 da Proposta de Reordenamento
Marginal para o Rio Tejió.

FIGURE 9
3/5 Model of Redevelopment Proposal for the Banks of
the River Tejió.



FIGURA 6
Seção 8 da Proposta de Reordenamento
Marginal para o Rio Beberibe.

FIGURE 6
Section 8 of Redevelopment Proposal for the
Banks of the River Beberibe.

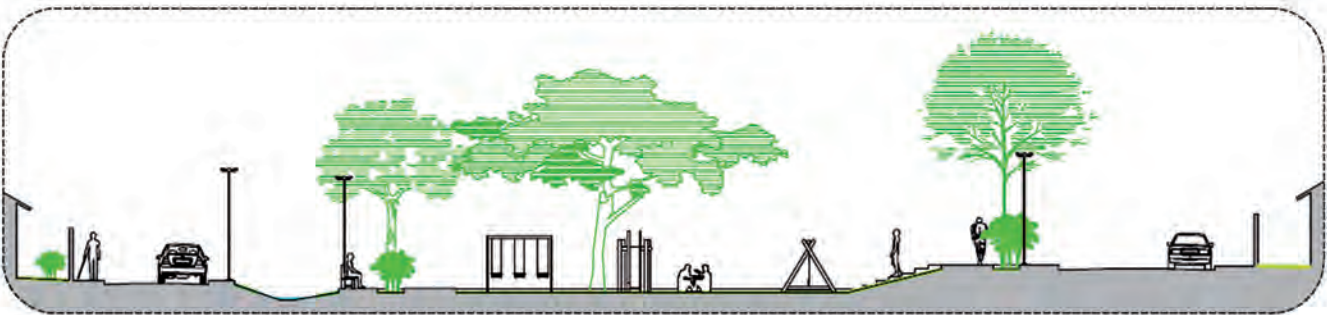


FIGURA 7
Seção 2 da Proposta de Reordenamento
Marginal para o Rio Beberibe.

FIGURE 7
Section 2 of Redevelopment Proposal for the
Banks of the River Beberibe.



7

PARTICIPAÇÃO SOCIAL E DRENAGEM URBANA

SOCIAL PARTICIPATION AND URBAN DRAINAGE

ROSA MARIA CORTÊS DE LIMA

A cidade do Recife, situada em ambiente estuarino, recebeu forte influência dos cinco rios que cortam seu território, destacando-se o Rio Capibaribe. Esse sítio nasce de uma aglomeração portuária associada à atividade rural de base econômica atrelada ao mercado mundial, em sua gênese dirigida para além-mar. Para Bezerra (1965, p. 28), o Recife, até meados do século XX, caracterizava-se como “[...] uma cidade tipicamente de tradição rural”.

A composição do urbano recifense decorre da complexidade das relações sociais e econômicas, jurídicas e culturais existentes associadas à heterogeneidade da ocupação do território, da apropriação do solo e do lugar dos distintos grupos e das classes e frações de classes sociais na cidade. Isso aponta para a construção, a disponibilização e o uso desigual da infraestrutura urbana e o acesso por seus habitantes. Este artigo traz elementos voltados para subsidiar o debate sobre a participação social associada à drenagem urbana no Recife.

A abordagem da participação social ganha vitalidade no período de transição democrática, com ênfase na emergência dos movimentos sociais, a partir de meados dos anos de 1970, do que decorreram os avanços expressos na Constituição Federal de 1988, que define e firma uma unidade entre a instauração da democracia representativa — a eleição, por meio do voto, de pessoas para lhes representar — e a democracia participativa — instituição de mecanismos e de instâncias de participação da sociedade civil na gestão pública.

O Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/01, de 2001) regulamenta os artigos 182 e 183 da Carta Magna e define as diretrizes gerais da política urbana, além de outras providências. Institui a função social da propriedade urbana e estabelece, no âmbito das diretrizes, a garantia de cidades sustentáveis, a gestão democrática pela via da participação da população e das associações representativas, a partilha entre diferentes instâncias de governo, o planejamento das cidades, entre outras. O Plano Diretor — atribuição da esfera municipal — confere as exigências para o cumprimento da função social da propriedade urbana e de drenagem urbana imperativos para a prevenção e para a mitigação de impacto de desastres e outras medidas destinadas ao desenvolvimento da cidade. A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e, no rol dos princípios, inclui os serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais.

Este texto está organizado em quatro itens, além desta introdução. O primeiro item aborda aspectos gerais sobre a cidade do Recife e suas características, desvelando fatores condicionantes e determinantes da estruturação urbana, situando a heterogeneidade presente no tecido urbano; o item dois discute a participação social e a participação popular, situando o aparato legal e as práticas da população; no item três, abordam-se a drenagem

The city of Recife is located in an estuarine environment and heavily influenced by the five rivers that flow through it, especially the River Capibaribe. The site emerged out of a port complex associated with agricultural production for export overseas. According to Bezerra (1965, p. 28), until the mid-20th century, Recife was “a traditional rural city”.

The urban composition of Recife has been created by the complex network of social, economic, juridical and cultural relations that arose from the heterogeneous manner in which the area was developed, the land used, and parts of the city occupied by distinct social classes and social groups. This is reflected in the inequitable manner in which urban infrastructure has been produced and made available to citizens. This chapter aims to contribute to the discussion regarding social participation and urban drainage in Recife.

The social participation approach gained traction during the period of transition to democracy, especially with the emergence of social movements in the mid-1970s. This led ultimately to the advances laid out in the Federal Constitution of 1988, which envisages a combination of representative democracy — one-person-one-vote election of representatives — and participatory democracy — the establishment of mechanisms and forums for the participation of civil society in public administration.

The City Statute (Law nº 10,257/01, of 2001) builds on Articles 182 and 183 of the Constitution and lays out a blueprint for urban planning policy, along with other provisions. It determines the social function of urban property and establishes the guiding principles of sustainability, democratic management through public participation and representative associations, collaboration between different branches of government, urban planning, among other measures. The Master Plan — which falls within the jurisdiction of the municipality — establishes the requirements for fulfillment of the social function of urban property and urban drainage that are essential for the prevention and mitigation of the impact of natural disasters, along with other measures related to the development of the city. Law nº 11,445, of 5 January 2007, establishes national guidelines for basic sanitation, including services relating to drainage and storm water management.

This chapter is organized into four sections in addition to this introduction. The first deals with general features of the city of Recife, presenting those factors which have shaped and determined the currently heterogeneous structure of the urban fabric. The second section discusses social and public participation, the legal framework underlying it and its practical application in society. Section three addresses urban drainage and the way participation has been used to confront the concrete challenges posed in Recife. The final section presents

urbana e os contrapontos da participação frente aos desafios postos na concretude da cidade. No último item, Notas Conclusivas e Indicativas em Processo, chama-se a atenção para os aspectos fundamentais e para os desafios frente à participação social e à drenagem urbana no Recife, tendo em vista as particularidades e singularidades da cidade e a definição da política nesse campo com a realização do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife (PMDR).

preliminary conclusions and draws attention to those factors that are of fundamental importance. It also indicates the challenges raised in relation to public participation and urban drainage in Recife by the specific features of the city and the policies outlined in the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife (PMDR).

1. RECIFE: A CIDADE E SUAS CARACTERÍSTICAS

196

A apropriação do solo no Recife tem raízes herdeiras dos tempos coloniais, caracterizada pela concentração de grandes porções de terras — latifúndios —, amparada nas relações de poder econômico, político e social e nas formas jurídicas que lhes deram sustentação. O latifúndio da produção açucareira expõe as relações de trabalho de base escravocrata e, por vezes, as relações estruturadas em remuneração de baixo valor. A estrutura fundiária da cidade mostra que, até meados do século XX, prevaleciam as grandes extensões de “Terras de Marinha” e áreas oriundas de engenhos instalados na planície, certificando as fortes vinculações dessa estrutura com as formas antecedentes de ocupação e de uso do território.

Os fatores naturais — físico-geográficos — e de localização exerceram papel de destaque, como condicionantes, na formação urbana recifense e permanecem deixando evidente esse papel, ao longo de sua constituição até a cena contemporânea. Tais fatores concorreram para assinalar uma ferrenha disputa em um jogo cotidiano entre os ocupantes do lugar e a água ou mesmo contra ela. Áreas de manguezais, trechos alagados e alagáveis, margens de rios, córregos e canais foram sistematicamente sendo comprimidos por aterros, particularmente as porções “[...] que até então não continham o germe da cobiça imobiliária e, em razão dessa variante, absorvia a população mais pauperizada: os habitantes dos mocambos” (LIMA, 2012, p. 64).

A natureza que tipifica a cidade do Recife expõe um conjunto de morros de reduzida altitude, circundando-a na forma de semicírculo, matizando 67,43% do território composto por morros e 23,26% por planície (VASCONCELOS, 1996). A planície, pressionada pelas partes elevadas, é recortada pela água dos rios, dos riachos, dos córregos e, de acordo com o registro do atual plano de drenagem da cidade, entremeada por 99 canais (2016). As terras resultantes dos aterros adquiriram alto valor imobiliário, diferenciando-se das porções alagadas e alagáveis e daquelas situadas nos trechos elevados, passíveis de desastres e requerendo fortes investimentos para a instalação de infraestrutura e de condições adequadas para a construção de habitações. Esses fatores deixaram traços da desigualdade no processo de formação e constituição da cidade.

A urbanização evidencia o lugar dos diferentes grupos e das classes sociais no território nos tempos atuais. As porções enxutas abrigaram a população de padrão elevado, enquanto as demais abrigaram a população pobre. “Refúgio, abrigo, canto, ponto de parada foi o ambiente aquático: o lugar dos pobres na formação e expansão do Recife”, como aponta Lima (2012, p. 74).

Nos morros da zona norte, as encostas passaram a absorver os pobres, em especial em decorrência da ação do Estado de Pernambuco durante o governo do interventor Agamenon Magalhães (1937-1945), quando também foi assegurado o pacto com os proprietários dessas terras para a sua ocupação. A Política de Habitação formulada nesse período estava assentada nos

1. RECIFE: THE CITY AND ITS CHARACTERISTICS

The occupation of land in Recife has its roots in colonial times, when large portions of land — plantations — were owned by a very small number of individuals. This sugar plantation system was sustained by specific economic, political and social relations and by the underlying legal system, involving labor relations based on slavery or, in some cases, very low pay. The predominant land ownership pattern in the city up to the mid-20th century took the form of large expanses of “Maritime Lands” and areas belonging to sugar mills installed on the floodplain. This clearly shows the strong connection between this urban structure and the ways in which land had previously been occupied and used.

Natural — physical geographical — factors and location have played a significant role in shaping the urban fabric of Recife and this has been clear throughout the history of the city. Such factors have conspired to produce a bitter everyday struggle between the citizens of the city and its waters — or rather against them. Mangroves, wetlands, areas prone to flooding, and the banks of rivers, streams and canals, were systematically compressed by land filling, especially those portions “...that until then had not been coveted by property developers and, for this reason, became home to the most impoverished sectors of society: the so-called *mo-cambo-dwellers*” (LIMA, 2012, p. 64).

Recife can be described briefly in geographical terms as being surrounded by a semi-circular formation of low-lying hills, with 67.43% of the territory composed of hills and 23.26% of flatlands (VASCONCELOS, 1996). This floodplain flanked by higher ground is crisscrossed with rivers, brooks, and streams, including, according to the register drawn up by the city's current drainage plan, 99 canals (2016). The reclaimed lands have acquired high real-estate value, differentiating them from the wetlands and flood-prone portions and those situated at higher elevation, which are susceptible to landslides and require major investment regarding the installation of infrastructure and adequate conditions for the construction of housing. These factors have left their mark on the city in the form of inequality.

Urban development has created a clear division between different social groups and social classes in the modern urban fabric of the city. The dry portions were home to the high-income population, while the others housed the poor. “The aquatic environment was a refuge, a shelter, a corner, a stopping point: the place of poor people in the formation and expansion of Recife”, as Lima puts it (2012, p. 74).

The sides of the hills of the northern zone began to absorb the poor population, especially as a result of action taken in the State of Pernambuco during the Agamenon Magalhães administration (1937-1945), which also oversaw a pact drawn up by the owners of these lands regarding their occupation. The housing policy of this period paid lip service to a discourse relating

argumentos do acesso à habitação, todavia, na prática, imprimia a “limpeza da cidade”: os mocambos e as habitações precárias; e, ao mesmo tempo, pautava a busca da modernização e do embelezamento desse urbano em expansão. Assim, retirava a população dos alagados e a empurrava para os morros, sendo registradas a demolição de 12.433 mocambos e a construção de 5.415 novas habitações (OBSERVAÇÕES ESTATÍSTICAS SOBRE OS MOCAMBOS DO RECIFE, 1939). A ação do Estado implicava e compactuava com a valorização das terras desocupadas, ainda sem uso definido, fossem de propriedade privada ou terras públicas, favorecendo a valorização imobiliária e expandindo os espaços públicos com a abertura de vias de circulação, cedendo o lugar para a acumulação no urbano. O processo migratório (MELO, 1961) do rural para o urbano e para o Recife, à semelhança do Brasil, ganha aceleração a partir de 1940, que, associado à ação do Estado, conforme mencionado, pressionava a população pobre para a instalação da moradia nos morros, expondo, simultaneamente, a questão da concentração da terra e da habitação.

Os fatores determinantes no processo de estruturação do urbano recifense estão associados aos elementos de base econômica, que desde a origem da aglomeração se vinculavam ao mercado mundial e, percorrendo séculos, atrelaram-se às condições atuais de cidade situada na periferia do capitalismo global e suas determinações. Essas relações econômicas forjaram e persistem impingindo graus de dependência nos contextos nacional e mundial. A concentração da terra, da riqueza, confronta-se com a pobreza de elevada parcela da população, que caracteriza o Recife ao longo da formação sócio-histórica e urbana, configurando fatores constitutivos de conflitos sociais e de disputas no interior desse território. No curso do século XX, aproximadamente metade da população do Recife habitava assentamentos precários (LIMA, 2012; SOUZA, *et al.*, 2015). No dias atuais, os processos de acumulação e de financeirização no urbano concorrem para acentuar as desigualdades socioespaciais e territoriais.

Para Bernardes (2013, p. 127): “A formação da sociedade de classes da cidade do Recife só ganha plena inteligibilidade quando situada no conjunto da formação social brasileira, sendo esta, por sua vez, também parte de uma formação social mais ampla, a do sistema capitalista mundial”.

O Recife, capital do Estado de Pernambuco, situado na Região Nordeste do Brasil, registrou, em 2010 uma população de 1.537.704 pessoas (IBGE, 2010), ocupando, de forma heterogênea, os 218,843 km², nos quais estão reunidos 470.754 domicílios permanentes (CONDEPE/FIDEM, 2012). Dispondo de 100% de taxa de urbanização, a cidade apresenta densidade demográfica de 7.039,64 hab./km² e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,772 (2010). A estimativa da população para 2020 apontava para 1.653.461 pessoas (IBGE, 2020). Vale mencionar que, em 1940 e 1960,

to access to housing. In practice, however, it was “cleansing” the *mocambos* and substandard housing, in an effort to modernize and beautify the expanding city. The poor population was thus taken off of the wetlands and pushed up onto the hillsides. There are records of the demolition of 12,433 *mocambos* and of the construction 5,415 new dwellings (STATISTICAL OBSERVATIONS ON THE MOCAMBOS OF RECIFE, 1939). The state was complicit in determining the value of unoccupied lands, whose use — be it as private property or public land — had yet to be defined. This favored an increase in the value of land and expanded the number of public spaces available by opening circulation routes and providing more space for urban expansion. The process of migration (MELO, 1961) from rural to urban areas, and to Recife, as in all parts of Brazil, gained pace after 1940, when, in combination with the kind of state action mentioned above, the underprivileged population came under pressure to move to the hillsides, thereby exposing not only the unequal distribution of land but that of housing also.

The determining factors in the process of structuring the urban fabric of Recife are economic ones that, since its beginnings, have tied the city to the global market and, over the centuries, helped to determine its current status as a city on the periphery of global capitalism. These economic relations have forged and continue to forge a certain degree of dependence in relation to Brazil as a whole and to the rest of the world. The unequal distribution of land and wealth, in combination with the poverty of much of the population — which has been a characteristic of Recife throughout its history — has regularly been a source of social conflict and disputes in the region. In the 20th century, around half of the population of Recife was living in substandard settlements (LIMA, 2012; SOUZA, *et al.*, 2015). The processes of accumulation of capital and financialization in the urban environment are currently serving to further exacerbate social and geographical inequalities.

For Bernardes (2013, p. 127) “[t]he formation of a class society in the city of Recife only becomes fully clear when seen in the context of the formation of Brazilian society as a whole, and the latter, in turn, must be seen in the context of the broader formation of the society produced by the capitalist world system”.

According to the national census, in 2010, Recife, the capital of the State of Pernambuco, situated in the Northeast Region of Brazil, had a population of 1,537,704 (IBGE, 2010), occupying a total land area of 218.843 km², containing 470,754 permanent dwellings (CONDEPE/FIDEM, 2012). With an urbanization index of 100%, the city has a population density of 7,039.64 /km² and a Municipal Human Development Index of 0.772 (2010). The estimated population for 2020 is around 1,653,461 (IBGE, 2020). It is worth noting that, between the

conforme dados dos recenseamentos correspondentes (IBGE), o crescimento da população da capital pernambucana mais que dobrou, saindo de 343.740 pessoas e elevando-se para 788.336 habitantes.

O deslocamento campo-cidade se intensificou no Brasil, associado a um conjunto de fatores que concorreu para fomentar os processos migratórios. O País¹, que em 1940 detinha 68,76% da população vivendo no rural e somente 31,24% no urbano, passou, em 1970, a contar com 55,92% da população vivendo em áreas urbanas, elevando-se, em 1980, para 67,59% nesses espaços e atingindo, em 2010, o percentual de 84,36% (IBGE, 1940, 1970, 1980, 2010). Dessa ótica e nessa velocidade, a urbanização confere e amplia um universo de demandas e de necessidades da população por terra, por moradia, por infraestrutura urbana, por trabalho, por educação, por serviços, entre outras, no tecido urbano.

O lugar ocupado pelos grupos e pelas classes sociais no espaço urbano demonstra as distâncias socioespaciais e socioeconômicas concretamente territorializadas que vão sendo marcadas, no caso do Recife, pela proximidade territorial, visto que as áreas nas quais reside a população abastada também estão ocupadas por população pobre (ver figuras 1 e 2).

Tais condições mostram os contrastes, as desigualdades no território assinaladas pela existência, ausência ou precariedade de infraestrutura — saneamento básico, incluindo a drenagem urbana —, o acesso à terra dotada de regularização jurídica e fundiária e de condições de habitabilidade.

Pesquisa realizada por Souza (2012) e Observatório Pernambuco — Observatório PE/UFPE — Núcleo Recife do Observatório das Metrópoles, para atualização do Sistema de Informações Geográficas e análise da desigualdade/segregação socioespacial da Região Metropolitana do Recife, quando examina o crescimento das áreas pobres na Região Metropolitana do Recife (SOUZA, *et al.*, 2015), constata a expansão dessas áreas no território metropolitano. No caso da cidade do Recife, de acordo com a mesma pesquisa, fica constatada uma expansão correspondente a 6,7%, ou seja, de 416 áreas em 2002, passa a contabilizar 444 áreas pobres em 2011, registrando, em termos absolutos, um incremento de 28 áreas pobres. Vale referir que os maiores registros de expansão dos territórios da RMR recaíram sobre os municípios vizinhos da capital pernambucana, destacando-se Jaboatão dos Guararapes, com o aumento de 199 áreas pobres, ou seja, 206,2% de incremento.

A mesma pesquisa mostra que o crescimento se deu nos limites de áreas urbanizadas e atreladas ao processo de desenvolvimento de Pernambuco e da RMR. Desenvolvimento este assentado na diversificação dos investimentos do Estado e das atividades econômicas decorrentes e associadas

1940 and 1960 IBGE censuses, the population of the city practically doubled, from 343,740 to 788,336 inhabitants.

It was at this time that urban depopulation accelerated in Brazil, as the result of a confluence of various factors. While, in 1940, 68.76% of the country's population¹ dwelt in rural areas and only 31.24% in cities, by 1970, the latter had risen to 55.92%, by 1980 to 67.59%, reaching a peak of 84.36% in 2010 (IBGE, 1940, 1970, 1980, 2010). Development of the city has thus had to keep pace with the needs and demand for land, housing, urban infrastructure, employment, education, services and other aspects of this growing urban population.

The locations occupied by different social classes and groups in the city illustrate the social and geographical inequalities that in Recife have, over time, created areas in which the wealthier members of society live in close proximity to low-income communities (See figures 1 and 2).

Such conditions expose the contrasts and inequalities made concrete in the urban fabric by the presence or (relative) absence of infrastructure — basic sanitation, including drainage —, access to land titling and good housing conditions.

Research carried out by Souza (2012) and the Pernambuco Observatory — Observatório PE/UFPE — Recife Unit of the Metropolis Observatory, for the purpose of updating the Geographic Information System and analysis of the social and geographical inequalities/segregation of the Recife Metropolitan Region (RMR), examined the growth of poor areas in this region (SOUZA, *et al.*, 2015) and found that they had expanded considerably. In the case of the city of Recife, the same study shows an increase of 6.7%, from 416 low-income areas in 2002 to 444 in 2011, an increase of 28 in absolute terms. It should be noted that most of the expansion registered in the RMR occurred in municipalities neighboring the capital city of Recife, in particular Jaboatão dos Guararapes, which registered 199 new low-income areas, an increase of 206.2%.

The same study shows that the growth tended to occur on the outskirts of urban areas and is related to the process of urban development of Pernambuco and of the RMR. This development is based on diversification of State government investment and associated economic activities and increased private investment in real estate. This situation brings together rich and poor in a dispute over the occupation of land, attracting a vast labor force to work in emerging industries, while, at the same time, exacerbating social and spatial inequalities.

The decline in influence of popular and neighborhood organizations in the early 2010s

¹No País, a população rural e urbana somente passa a ser contabilizada distintamente a partir do Censo Demográfico de 1940 (IBGE).

¹The urban and rural population of Brazil was counted separately for the first time in the 1940 population census (IBGE).



FIGURAS 1 E 2

Margens do Rio Capibaribe: a primeira na comunidade Ayrton Senna, no Barbalho (margem direita), e a segunda no bairro da Várzea, Vila Arraes (margem esquerda), Recife/PE.



FIGURES 1 AND 2

Banks of the River Capibaribe: in the Ayrton Senna community, in Barbalho (on the right bank) (Photo 1), and in Vila Arraes in the Várzea neighborhood (on the left bank) (Photo 2), Recife/PE.

à ampliação de investimentos privados do ramo imobiliário. Esse ambiente, disputado pela ocupação do solo, aproxima riqueza e pobreza e, a um só tempo, atrai mão de obra para a atividade de trabalho alinhada com as atividades econômicas em curso, que, simultaneamente, alarga as desigualdades socioespaciais e territoriais.

O arrefecimento das organizações populares, de bairros — no início da segunda década do século atual —, difere dos processos que caracterizaram os anos entre meados de 1970 e 1990, quando a força da pressão se expressa, entre outros fatores, pela velocidade e intensidade do processo de ocupação de terras no Recife e na Região Metropolitana do Recife (RMR). Vale frisar que o processo de deslocamento do rural para o urbano toma corpo nas primeiras décadas do século passado, é assinalado pela migração em direção às cidades. Essa urbanização gera tensões por terra, habitação, trabalho, água, serviços urbanos de uso coletivo e, simultaneamente, contribui para que formas de organização coletivas, de lutas sociais, de processos reivindicatórios e de busca de direitos sejam acionadas pelos segmentos sociais.

Destaque-se que as organizações de bairros no Recife e as práticas de participação popular têm registro desde 1931, quando foi criada a Liga dos Proprietários da Vila São Miguel, em Afogados. A organização pautava as lutas sociais por condições de moradia, confrontava o Estado em razão do tratamento dispensado à população, caracterizado pela ausência de respostas às demandas sociais. De fato, o Estado atuava no sentido de favorecer os interesses de classe, priorizando aquelas de poder aquisitivo elevado no processo da ocupação, de apropriação e de uso do território e no fortalecimento das relações de poder na cidade. Nas décadas seguintes, ampliaram-se as associações, os comitês e outras formas de organização que agregavam a população pobre. As contradições expressas no quadro da urbanização associadas aos fatores condicionantes e determinantes, demarcam a trajetória de lutas sociais de parcela da população.

A expansão das áreas pobres, na década da pesquisa anteriormente citada, caracteriza-se, sobretudo, pela expansão das áreas já existentes e

marked a break with the processes that had characterized the period from the mid-1970s to 1990s, when pressure was expressed, in part, by the sheer speed and intensity with which land was occupied in Recife and its Metropolitan Region (RMR). It should be noted that the process of migration from rural to urban areas (in particular cities) began to get under way in the first decades of the 20th century. This urbanization generated competition for land, housing, employment, water, and other public services, and also helped to shape civil society organizations, social struggles, and the demand for rights by certain segments of society.

It is worth remembering that, in Recife, neighborhood associations and public participation have been in existence since 1931, when the Vila São Miguel Property Owners League was created in Afogados. This organization campaigned for better housing conditions and confronted the State over its failure to respond to basic needs. In fact, the State favored the interests of the privileged classes in the process of occupation, appropriation and use of land and the strengthening of power relations in the city. The following decades saw a growth in the numbers of such associations, committees and other forms of organization of low-income communities. The contradictions made manifest in the pattern of urban development and the factors underlying them also shaped the development of popular social movements.

The expansion of low-income areas, in the decade mentioned above, occurred, above all, through expansion of already existing areas and took the form of ongoing campaigns conducted by individuals, families and small groups (LIMA, 2012), providing models of resistance relating to the right to inhabit and remain in the city. This provided a fragmented perspective, very different from the lively collective action of previous epochs. The expansion of low-income areas has also been associated with the construction of high-rise buildings, a practice rooted in the capitalist mode of production of space and issues relating to access to land, and factors such as location, proximity to family members, and the

acontece em movimentos contínuos individuais, de famílias e de pequenos grupos (LIMA, 2012), indicando formas de resistência para habitar e permanecer na cidade, assumindo perspectivas fragmentadas e se distanciando da efervescência das ações coletivas de períodos antecedentes. A ampliação das áreas pobres também guarda relação com a verticalização no seu interior, que tem raízes no processo de produção capitalista do espaço e se articula às questões de acesso à terra, aos fatores de localização, à proximidade das relações familiares, à disponibilidade de serviços de uso coletivo, mesmo que precários e incompletos.

O mapeamento das Comunidades de Interesse Social (CISs), em 2016, e o Atlas (2016) reúnem informações destinadas a caracterizar as comunidades — assim denominadas —, objetivando a urbanização de áreas nas quais predomina a autoconstrução como modalidade de acesso à moradia e com ausência e/ou precariedade de infraestrutura, mas não instituídas como Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis).

O resultado do estudo possibilitou a classificação de 545 Comunidades de Interesse Social (CISs) distribuídas em 45,13 km², de tamanhos variados e dotadas de particularidades do ponto de vista histórico, social e físico. O mapeamento tem como referência distintas pesquisas realizadas no Recife por vários órgãos governamentais e pesquisadores desde os anos de 1970. Todavia, pode-se entender que há em comum entre essas pesquisas o desvelamento das condições de pobreza que permeiam essas áreas, a precariedade dos serviços de infraestrutura, a precariedade da habitação, as habitações autoconstruídas e a necessidade de investimento público para possibilitar condições de habitabilidade nesse movimento contraditório de ocupação, de uso e de apropriação do solo urbano (ATLAS, 2016). As precariedades nesses lugares confrontam com as partes do território da cidade em que essas condições de habitabilidade são atendidas.

Os aspectos analisados ratificam que a produção e a reprodução do espaço constituem estratégias adotadas pelo capitalismo contemporâneo, alinhadas ao capital financeiro e imobiliário que, de forma hegemônica, aciona contínua destruição criativa, implicando construção e reconstrução dos espaços (HARVEY, 2006). Desse modo, a reprodução econômica age sustentada na produção do espaço, conectando a esfera material ao território e estabelecendo estruturas de poder. Com base na elaboração de Harvey, a destruição criativa no capitalismo integra os processos de renovação das relações sociais e emerge como elemento de mudança do padrão de acumulação, gerando outros padrões de exploração e modalidades distintas de consumo, entre os quais as modificações no urbano.

availability of (albeit inadequate and insufficient) public services.

The 2016 Map of Social Interest Communities (CIS) and Atlas of the same year contain information characterizing these communities — as they are called — with the ultimate aim of providing urban development in areas where housing is predominantly self-built, with or without inadequate infrastructure, which are nevertheless not categorized as Special Social Interest Zones (ZEIS).

This study resulted in the classification of 545 Social Interest Communities (CIS) of various sizes across an area of 45.13 km². These possess a variety of social, historical and physical characteristics. The map was based on a number of distinct individual studies carried out in Recife by various government organizations and researchers since the 1970s. Nevertheless, these studies all reveal the conditions of severe poverty that prevail in these areas, the inadequacy of infrastructure services, the substandard or self-built housing and the need for public investment to provide proper housing conditions for areas generated by the contradictory forces determining use and appropriation of urban land (ATLAS, 2016). The precarious conditions in these locations contrast sharply with those of parts of the city in which such housing conditions are amply provided.

These observations underline the fact that the production and reproduction of space are strategies adopted by the hegemonic forces of contemporary capitalism, in alliance with financial capital and property developers, as a way of generating a process of continuous creative destruction, involving the construction and reconstruction of space (HARVEY, 2006). Economic production is thus sustained by the production of space, in combination with the material structure of space and established power structures. According to Harvey's theory, creative destruction under capitalism integrates the processes of renovation of social relations and emerges as a factor producing changes in the pattern of accumulation, generating other patterns of exploitation and distinct modes of consumption, including modification of the urban environment.

2. PARTICIPAÇÃO SOCIAL: DO ARCABOUÇO LEGAL ÀS PRÁTICAS SOCIAIS

Discutir e pensar a participação social no âmbito das políticas públicas no presente se torna desafiador. Os contextos político, econômico, ideológico, cultural e, em particular, os tempos da pandemia do novo coronavírus (Covid-19), que assola o mundo, o Brasil, o Estado de Pernambuco e o Recife, exibem o confronto, no País, entre concepções de mundo distintas, contrapondo perspectivas negacionistas a perspectivas de afirmação da ciência, frente à luta pela preservação e proteção da vida e dos avanços civilizatórios. Ostentam a intensidade do enfrentamento entre instâncias de governo na orientação e condução das medidas do enfrentamento e do tratamento dispensado à pandemia. Expõem contradições de argumentos e de práticas que envolvem a população.

Os desafios igualmente são postos frente à inflexão dos processos de organização da sociedade civil, de suas representações, das formas e dos processos de participação social, incluindo-se as organizações populares, as organizações de bairros presentes nos assentamentos precários, nos assentamentos populares, nas áreas pobres, nas favelas, nas comunidades, seja qual for a denominação atribuída. Nesses lugares da cidade, a concretude das precariedades, das insuficiências ou inexistências de infraestrutura deixa a sua face visível, expressa necessidades sociais e desigualdades socioeconômicas, jurídicas e culturais da e na cidade e explicita a questão social (IAMAMOTO, 2012; NETTO, 2004). Ao se considerar a trajetória da problemática abordada, as práticas cotidianas dos segmentos populares concorreram para impulsionar formas organizativas de participação popular e de lutas acumuladas por condições de habitabilidade.

Os territórios ocupados pelas classes média e alta no urbano recifense são dotados de infraestrutura de padrão diferenciados dos assentamentos precários, das favelas, expressando padrões de urbanização contrastantes. A canalização dos recursos públicos para essas porções do território aponta para a tendência de o Estado atuar em favor de determinadas classes sociais ou frações de classes. Traduz, na instância do município, respostas historicamente firmadas frente às demandas e pressões exercidas por essa parcela da população, cujas formas de tensionamento eram direcionadas para assegurar o acesso aos bens e serviço públicos, entremeando-se por veredas que se diferenciam das formas coletivas de organização, das lutas sociais, das estratégias e táticas utilizadas e pelos segmentos populares no exercício da participação social.

A Carta Magna de 1988 traz a concepção da participação cidadã e da participação social (GOHN, 2001). Trata-se de uma participação social institucionalizada. Sobressaem os sujeitos sociais, são incorporados cidadãos na perspectiva de totalidade, na dimensão sociopolítica. Há, portanto, uma relação entre a sociedade civil e a sociedade política. Nesse cenário, as políticas públicas sociais do Estado assumem papel preponderante e adquirem certa centralidade. O art. 1º da Constituição Federal estabelece:

2. SOCIAL PARTICIPATION: FROM LEGAL FRAMEWORK TO SOCIAL PRACTICE

It is challenging nowadays to talk about and reflect on social participation in the making of public policy. The political, economic, ideological and cultural context, and, in particular, the pandemic of the new coronavirus (COVID-19), which has swept the world, including Brazil, the State of Pernambuco and Recife, provide evidence of the conflict, in Brazil, between distinct world views, opposing those who embrace or deny science, in the struggle to preserve and protect life and the advances of the civilized world. Hence the intense conflict between different levels of government regarding measures to contain and treat the pandemic. This has exposed contradictory arguments and practices that involve the whole population.

Challenges are likewise posed by changes in civil society organizations, their representatives, and the forms and processes used for engaging in social participation, including popular organizations and neighborhood organizations in sub-standard settlements, affordable housing developments, low-income communities, slums, and so forth. In such locations, the tangible nature of the inadequate conditions and non-existent or insufficient infrastructure provides clear evidence of the social needs and socio-economic, juridical and cultural inequalities in the city (IAMAMOTO, 2012; NETTO, 2004). Given the nature of the problem under study here, the everyday practices of low-income strata of the population compete to drive forms of organization of popular participation and the ongoing struggle for improved housing.

The land occupied by the middle and upper classes in Recife are endowed with a level of infrastructure that is worlds apart from the kind existing in the precarious settlements known as *favelas*. The channeling of public resources into the former indicates a tendency for the state to act in such a way as to favor certain social classes or sub-segments of them. At municipal level, this results in responses that have historically been based on the demands and pressure exerted by this one sector of the population, whose main aim was to ensure access to public goods and services, by routes different from those of collective forms of organization, social struggles, and the tactics and strategies employed by underprivileged sectors of society in the exercise of public participation.

The 1988 Constitution includes the concept of civic and social participation (GOHN, 2001). This is an institutionalized form of social participation. It focuses on social subjects and incorporates citizens as a whole at a sociopolitical level. There is therefore a relation between civil society and the politics. In this context, the State's social policies play a major role and tend to take center stage. Article 1 of the Federal Constitution states:

The Federative Republic of Brazil, formed by the indissoluble union of the states and municipalities and of the Federal District, is a legal democratic

A República Federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos Estados e Municípios e do Distrito Federal, constitui-se em Estado Democrático de Direito e tem como fundamentos: I – a soberania; II – a cidadania; III – a dignidade da pessoa humana; IV – os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa; V – o pluralismo político.

O parágrafo único do mesmo artigo determina: “Todo poder emana do povo, que o exerce por meio de representantes eleitos ou diretamente, nos termos desta Constituição”.

Dessa forma, o Estado democrático tem como fundamento a participação da população por intermédio de canais formalizados, como: conselhos, referendos, plebiscitos e iniciativa popular, reconhecendo que tanto os conflitos políticos quanto os sociais passam a contar com instituições para tratar do enfrentamento dessas diferentes questões, instituir a participação coletiva, fomentar a construção e execução de políticas públicas do Estado e a elaboração de planos, programas e projetos voltados para atender às necessidades da população e ao cumprimento da função social do Estado nas suas distintas instâncias — União, Estados, Municípios e Distrito Federal.

Assim, referenciado na composição da democracia representativa e da democracia participativa, pode-se dizer que a soberania popular é forjada de dois modos: pela representação do povo no exercício do seu poder; e por meio da ação direta interferindo no processo de decisão e no controle da gestão pública. Por esse ângulo, a democracia participativa exige indivíduos e grupos sociais capazes de interferir no processo de planejamento e de gestão do Estado, como sujeitos sociais, na dimensão qualitativa e na dimensão quantitativa.

No Recife, as lutas sociais dos segmentos populares pautaram, no trajeto da história, sobretudo, a busca por terra e habitação, que, até os anos 50 do século passado, registravam ocupações de terra sem conflitos significativos (MOURA, 1990). As disputas por terras concorreram para impulsionar conflitos fundiários relacionados à concentração da terra e conectados a sistemáticos processos de especulação imobiliária. Conforme mencionado no item 2 deste artigo, as lutas sociais assumem destaque entre a metade dos anos 1970 e os anos 1990 e ganham força no período de transição democrática. Nos anos 1960, os serviços de infraestrutura implementados pelo Governo Municipal nas áreas pobres, ainda que parcial e insuficiente, respondem às demandas e pressões da população.

Entretanto, a luta por saneamento básico, incluindo a drenagem urbana, por água, deixa de incorporar a mesma força, no Recife, ao longo das lutas sociais, quando se examinam comparativamente as lutas por terra e habitação. Essas lutas fomentaram fortes e intensos processos e distintas formas de organização e de participação popular que antecederam o período ditatorial instalado no País em 1964 e que foram reprimidas e sufocadas durante os

state and is founded on: I – sovereignty; II – citizenship; III – the dignity of the human person; IV – the social values of labor and of free enterprise; V – political pluralism.

The single paragraph of the same article also states that “[a]ll power emanates from the people, who exercise it by means of elected representatives or directly, as provided by this Constitution”¹.

The democratic state is thus founded on participation of the population through formal channels such as councils, referenda, plebiscites and popular initiatives, in the recognition that both political and social conflicts have come to depend on institutions to deal with these issues, introduce public participation, promote the development and implementation of public policy in the state and design plans and programs that aim to meet the needs of the population and fulfill the social function of the state at various levels — federal, State, municipal and federal district.

Thus, in terms of the composition of representative democracy, it can be argued that popular sovereignty is created in two ways: by the representation of the people in the exercise of power; or by means of direct intervention in the decision-making process and public administration. From this perspective, participatory democracy requires individuals and social groups to be capable of intervening in the planning and management of the State, as social subjects, with a sufficient degree of well-informed influence and in large enough numbers.

In Recife, the social struggles of low-income communities have been based, historically speaking, primarily on the acquisition of land and housing, with, up to the 1950s, land having been occupied largely without conflict (MOURA, 1990). Disputes over land caused conflicts over land ownership relating to the unequal distribution of land and concomitant systematic real estate speculation. As mentioned in the first section of this article, social struggles gained significant importance in the period between the mid-1970s and 1990s and these were driven in particular by the transition to democracy. In the 1960s, municipal government infrastructure in low-income areas responded to pressure from the local population, albeit in a piecemeal and insufficient manner.

Meanwhile, the struggle for basic sanitation, including urban drainage and water, was not pursued in Recife with the same vigor as the struggles for land and housing. These struggles generated powerful intensive processes and distinct forms of organization and public

¹[Translator’s Note: Translation adapted from version produced by Brazilian Federal Chamber of Deputies, retrieved from http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/legislacaoConstituicao/anexo/brazil_federal_constitution.pdf 28/09/2021]

anos de repressão política. No curso da transição democrática, a reorganização das forças populares foi sendo reativada, marcada por mobilizações da população, reivindicações e lutas sociais.

A reativação das organizações populares e os movimentos sociais em escalas local e nacional estiveram assentados em um contexto de aprofundamento das necessidades sociais e se caracterizavam como movimentos reivindicatórios pautados em concepções de mundo e voltados para os direitos sociais e os políticos. Simultaneamente afluíam as disputas entre as frações dominantes no interior do bloco do poder, que sinalizava para o seu esgarçamento e favorecia os processos organizativos da população.

Nesse ambiente, os movimentos reivindicatórios organizados no Recife, à semelhança do Brasil, no curso da transição democrática, estruturaram-se na realidade concreta e concorreram para pressionar o poder público, na esfera municipal. Demandas dos segmentos populares passam lentamente a ser incorporadas à agenda do poder público com desenho de ações para respondê-las. Esses movimentos contribuíram para a criação de mecanismos de participação popular na gestão e, ao mesmo tempo, instigam lutas por direitos, em particular por habitação e serviços urbanos coletivos (LEAL, 2003).

Nesse contexto, acontece a instituição do Plano de Regularização das Zonas Especiais de Interesse Social (PREZEIS, 1987), possibilitando o tratamento urbanístico e de regularização fundiária das Zonas Especiais de Interesse Social criadas, em 1983, no âmbito do município e definidas no arcabouço legal. As lutas e a busca para firmar a participação popular na gestão pública no Recife sobressaem como tributárias desses processos, em especial no que diz respeito ao Prezeis e às Zeis, que se impõem como fonte inspiradora em escala nacional e incorporadas ao Estatuto da Cidade, em 2001. Lutas sociais persistentes, formas de resistências para assegurar viver, construir e reconstruir a cidade (LEFEBVRE, 2001) são mantidas, muito embora com características e singularidades correspondentes a cada momento histórico, seja em relação à sociedade civil, seja em relação ao Estado, seja em relação à correlação de forças na busca de apropriação e de acumulação no urbano no interior do modo de produção capitalista.

No compasso e descompasso dos processos de participação social, a participação popular na sua dimensão histórica defronta-se, nos dias atuais, com necessidades sociais não atendidas da população, entre elas: o esgotamento sanitário e a drenagem urbana, em tempos nos quais os processos de mobilização, de organização dos movimentos sociais no urbano enfrentam arrefecimento. Esses serviços públicos são fundamentais e estreitamente associados à qualidade da saúde da população e à convivência da vida urbana.

participation going back to before the dictatorship installed in 1964, during which they were suppressed and extinguished by the repressive regime. In the course of the transition to democracy, the forces of the people regrouped, with a renewal of mass protests, social activism, and demands for civil rights.

The regeneration of popular organizations and social movements at local and national level should be seen in a context of growing social need and was characterized by movements motivated by agendas based on alternative worldviews and the demand for social and political rights. At the same time, disputes arose among the dominant factions within the ruling power block, signaling its dismemberment and providing a more propitious environment for popular movements.

During the transition to democracy, organized rights movements in Recife, as was the case throughout Brazil, pursued a very concrete agenda and competed to put pressure on the public authorities at municipal level. The demands of the people slowly came to be included in the public agenda along with measures to meet these demands. Such movements helped to create mechanisms for public participation in management and, at the same time, fomented the struggle for rights, especially housing and public services (LEAL, 2003).

It was in this context that the Special Social Interest Zone Regularization Plan (PREZEIS, 1987) was drawn up, making it possible to provide an urban planning framework and land titling for the Special Social Interest Zones created by the municipal authorities in 1983 and backed up by local legislation. The struggle for civic participation in public administration in Recife played a significant role in this, in particular with regard to Prezeis and ZEIS, which furnished inspiration at national level and were incorporated into the national-level City Statute in 2001. Forms of resistance and social struggle that campaign for the right to inhabit, construct and reconstruct the city (LEFEBVRE, 2001) have continued apace, marked by the unique characteristics of each historical epoch, in relation to civil society, the State, and the combination of forces that seek to appropriate and accumulate urban assets within the capitalist mode of production.

Historical processes of social participation and popular participation are currently faced with a situation where the social needs of the population have been neglected. Such needs include sanitary sewerage and urban drainage, at a time when the mobilization and organization of urban social movements are in decline. Such public services are fundamental and closely associated with the health of the population and the quality of life in the city.

3. SOBRE A DRENAGEM URBANA: CONTRAPONTO DA PARTICIPAÇÃO E SEUS DESAFIOS

204

A drenagem urbana desvela o processo de produção do espaço urbano permeando desigualdades socioespaciais, socioeconômicas e territoriais no contexto do urbano recifense. Molda o território, deixando porções dotadas, embora parcialmente, de serviços coletivos e porções postas ao largo, que, concretamente, expõem precariedades e ausência desses serviços, áreas nas quais as ações do poder público são executadas parcamente e alongadas no tempo.

A aceleração da urbanização do Recife, conforme mencionada no corpo deste artigo, à semelhança da urbanização do País, tem as marcas da concentração de terra, da apropriação e do uso do território, fatores que, entre outros, revestem o modo de produção capitalista do espaço (HARVEY, 2005). O processo de aglomeração e de concentração rebete no sistema de drenagem natural e no sistema de drenagem construído em face das necessidades geradas em relação ao uso dos serviços coletivos de infraestrutura. Acentuam-se a utilização da água, a impermeabilização do solo, cada vez mais componentes das cidades contemporâneas, que favorecem a acumulação das águas no período chuvoso. A coleta dos resíduos sólidos, a limpeza urbana, a coleta e o tratamento dos esgotos exigem serviços adequados para atendimento universal à população. Esses serviços estão conectados com a qualidade da saúde e causam impactos sobre o meio ambiente.

No Recife, a drenagem tem sido afetada, ao longo do tempo, por diferentes fatores que convivem em simultaneidade, destacando-se: a prática secular de aterros de trechos alagados ou alagáveis da planície realizada por distintas classes sociais, ao lado das formas de ocupação dos morros e das encostas, a insuficiência, a precariedade e/ou ausência de sistemas de saneamento, as ocupações às margens de rios, córregos e canais (ver figuras 3,4,5,6,7 e 8). Marcas da insalubridade que estão presentes no seu tecido urbano.

O quadro urbano recente do Recife aponta para um conjunto de questões a serem enfrentadas pelo poder público constituindo fortes desafios. A pobreza desponta como um fator que atinge significativa parcela da população. Segundo a classificação do IBGE (2010), do total da população, 4,77% vive em condição de *pobreza extrema*, enquanto 13,20% convive na condição de pobreza. A ausência de instalações hidrossanitárias atinge 10% dos habitantes da cidade, situação que impacta diretamente a saúde da população e se entrelaça com a questão da habitação (PASTERNAK, 2016; LIMA, 2012).

O abastecimento de água no Recife tem um percentual com melhor acesso em relação a outras cidades do País, ou seja, quando relacionado à cobertura da rede e a disponibilização da água tratada, demarcando atendimento total de 88,12% de acesso à água potável. Entretanto, a cobertura é heterogênea em relação à distribuição no território e à sua população.

3. DRAWBACKS AND CHALLENGES RELATING TO PARTICIPATION IN URBAN DRAINAGE PLANNING

Urban drainage reveals how the process of production of urban space creates social, spatial and economic inequalities in the city of Recife. It shapes the city in such a way that some portions are endowed, albeit partially, with public services. In other areas, meanwhile, in which such services remain insufficient or lacking, local communities are neglected the public authorities are barely or rarely present.

The increased pace of urban development in Recife, as mentioned above, has been similar to that of urban development in Brazil as a whole and has been characterized by unequal distribution, appropriation and use of land, as is typical of the capitalist mode of production of space (HARVEY, 2005). This process of agglomeration and concentration has impacted the natural and built drainage systems because of the public infrastructure needs thus generated. Increased use of water and soil sealing are increasingly important factors in contemporary cities and lead to increased accumulation of water in the rainy season. The collection of solid waste, urban cleaning, and the collection and treatment of sewage require adequate services that meet the needs of the entire population. These services have an impact on the health and quality of life of the population and on the environment.

In Recife, drainage has been affected over time by various simultaneous factors, including the age-old practice of land filling of stretches of wetland or plains susceptible to flooding by people of various social classes, alongside the occupation of hillside areas, inadequacy, insufficiency and/or total lack of a sanitation system, and the occupation of the banks of rivers, streams and canals (See figures 3,4,5,6,7 and 8). These aspects of the city's urban fabric provide clear illustrations of the insalubrious conditions that prevail.

The recent urban situation of Recife poses a number of challenges that need to be addressed by the public authorities. Poverty affects a significant portion of the population. According to the IBGE (2010), 4.77% of the total population lives in *extreme poverty*, while 13.20% live in *poverty*. Ten percent of inhabitants of the city lack water or sanitation infrastructure and this has a direct impact on the health of the population and is linked to the question of housing (PASTERNAK, 2016; LIMA, 2012).

A slightly higher percentage of the population has access to clean water compared to other cities in the country. The treated water network reaches a total of 88.12%. However, coverage varies greatly from area to area and from one segment of the population to another.

It should be noted that, in the first decade of the 21st century, Recife had already been living with severe rationing and intermittent supply of water for over 25 years. Interruptions in water supply primarily affect people living in substandard settlements, low-income communities and slums. This necessitates the adoption



FIGURAS 3, 4, 5, 6, 7 E 8

Habitações dispostas às margens dos cursos de água, drenagem improvisada pela população, Vila Miguel Arraes, Bairro da Várzea – Recife/PE.

FIGURES 3, 4, 5, 6, 7 AND 8

Housing on the banks of watercourses, with drainage improvised by the local population, in the Vila Miguel Arraes community, in the Várzea neighborhood – Recife/PE.

Importa destacar que, na primeira década deste século, o Recife conviveu com severo racionamento e intermitência de água por um período de 25 anos. A intermitência da água afetava, sobremaneira, as populações dos assentamentos precários, das áreas pobres, das favelas, impondo a adoção de reservatórios alternativos, uma vez que, além de ser disponibilizada em dias e horários alternados, ainda impossibilitava a distribuição para as caixas-d'água das unidades habitacionais em decorrência da baixa pressão. A coleta e reserva da água, nesse caso, recaía sobre a mulher, sobrecarregando o trabalho doméstico, além do uso frequente do horário noturno, inclusive pela madrugada, para a realização dessa atividade. As áreas de população de poder aquisitivo elevado se valeram da perfuração de poços de modo indiscriminado, bem como do abastecimento por meio de carros-pipa, mesmo sem garantia de qualidade da água, para assegurar o acesso a esse bem. Ademais, o consumo de água mineral na cidade se tornou corrente e em elevados patamares, onerando a população, sobretudo a parcela pobre.

A limpeza urbana atinge cerca de 90% da população (RECIFE, 2016). Porções do território como a Praia de Boa Viagem têm assegurado um trabalho diário, acompanhado de divulgação na mídia com estímulo à preservação por todos os usuários. Todavia, mesmo registrando o percentual mencionado, áreas da cidade nas quais residem a população pobre não dispõem do mesmo tratamento. Questão agravada, ainda mais, nos casos em que as habitações estão construídas às margens dos cursos de água e até mesmo sobre o leito de rios e de canais, concorrendo para o despejo direto dos rejeitos nesses cursos de água, tendo como consequência a proliferação de vetores que impactam a saúde e a qualidade de vida dos moradores do lugar (ver figuras 3 e 4). A problemática resultante dessas formas de ocupação do território se vincula à concentração da terra urbana e à ausência de provisão pública de habitação e de infraestrutura, como o esgotamento sanitário, por intermédio de uma política contínua, para essa parcela da população (SOUZA, *et al.*, 2015).

Vale destacar que os resíduos sólidos marcam a sociedade do consumo, do descartável; estão, em maior frequência, afeitos às populações com renda mais elevada; e, ao serem descartados de forma indiscriminada nos espaços públicos, terminam canalizados para os espaços de drenagem natural e da drenagem construída, cujos impactos se aprofundam nas áreas de população pobre. Entretanto, os produtos descartáveis, o lixo jogado a céu aberto, dispensados na natureza, permeiam todas as classes sociais e tornam a cidade do Recife um lugar que clama por ações mais efetivas do poder público, como protagonista dessas ações e incorporação de processos sistemáticos coletivos enquanto prática cotidiana.

Os resíduos sólidos decorrentes de uma multiplicidade de materiais, inclusive daqueles utilizados nas embalagens de produtos com durabilidade de décadas e séculos sem serem absorvidos pela natureza, trazem

of alternative sources of water, since piped water is only available at certain times on certain days and it is impossible to distribute water to household tanks because of low water pressure. The responsibility for the collection and storage of water usually falls upon women, who are already overloaded by domestic work, which they frequently undertake during the evenings, or in the early hours of the morning. Areas populated by wealthier members of society can take full advantage of artesian wells and deliveries by water tanker. Although these sources do not guarantee the quality of water, they do at least ensure continuous access. Consumption of mineral water in the city has also rocketed, placing a further economic burden on the population, especially its poorest sectors.

Urban cleaning reaches around 90% of the population (RECIFE, 2016). Some parts of the city such as Boa Viagem Beach have daily cleaning services and these are widely reported in the media as a way of encouraging users to keep the area clean and tidy. However, this high percentage masks the fact that some low-income parts of the city receive a far lower quality of service. This is further worsened by the construction of dwellings on the banks of watercourses or even in the beds of streams or canals, and the disposal of waste directly into these waterways, with consequent proliferation of vectors that impact the health and quality of life of local residents (See figures 3 and 4). The problems resulting from this kind of occupation of land are connected to the unequal distribution of urban land and the lack of an ongoing public policy of public provision of housing and infrastructure such as sanitary sewerage for this sector of the population (SOUZA, *et al.*, 2015).

It should be noted that solid waste is a hallmark of the disposable goods of a consumer society and these are in general associated with higher-income populations, which dispose of them indiscriminately in public places. This solid waste then ends up in natural and constructed drainage channels and has a greater impact in low-income areas. Nevertheless, all social classes are responsible for polluting the natural environment by disposing of such products inappropriately and Recife is thus a city that urgently requires more effective action on the part of the public authorities in terms of the provision of systematic public services and public adoption of such practices on a daily basis.

Solid waste in the form of various materials, including packaging that takes decades or even centuries to biodegrade, brings severe consequences for the environment. In addition to this, various kinds of material and objects are disposed of improperly on the city's streets, in watercourses — mangroves, streams, canals, and rivers —, from where they are swept out into the ocean. This waste is the product of a society in which unbridled consumerism prevails. The consequences have an enormous impact on the



FIGURAS 9 E 10
Objetos dispostos às margens e no leito do Rio Capibaribe, Vila Arraes, Recife/PE.



FIGURES 9 E 10
Solid waste dumped in and around the River Capibaribe, in the Vila Arraes community, Recife/PE neighborhood – Recife/PE.



FIGURA 11
Resíduos sólidos às margens do Rio Capibaribe, Ayrton Senna, Barbalho – Recife/PE.

FIGURE 11
Solid waste on the banks of the River Capibaribe, Ayrton Senna community, Barbalho – Recife/PE.

208 consequências severas ao meio ambiente, dificultando a sua decomposição. A isso se adicionam diferentes tipos de material e objetos que são descartados de modo impróprio em avenidas e ruas da cidade e nos cursos de água — manguezais, córregos, canais, rios —, confluindo para o despejo no oceano. Fruto de uma sociedade de consumo desenfreado, os resíduos trazem consequências que atingem a vida de homens e mulheres, dos animais e dos demais seres vivos e causam fortes repercussões na saúde da população.

Essa questão tem implicações que envolvem a ação do poder público na prestação dos serviços de coleta sistemática do lixo doméstico e outros, na manutenção das vias públicas apropriada e condizente com a realidade, de modo a responder às necessidades da população. Na dimensão do urbano, há também que se considerar a relevância da presença da população no compartilhamento das ações públicas, no sentido de assegurar a permanente resposta às suas necessidades. A insuficiência da prestação dos serviços de coleta de lixo e de limpeza urbana tem requerido um processo de organização da população em formas de resistência, de pressão sobre o poder público na busca de resposta às suas demandas.

A ausência de ações efetivas e contínuas de drenagem urbana, a precarização ou inexistência de canalização adequada das águas pluviais impactam na vida cotidiana das populações, em especial nas condições de vida do Recife, conforme registrado anteriormente, ao lado da forte desigualdade na ocupação e no uso do território. Isso leva a entender a importância de medidas concretas de abastecimento de água, do manejo da drenagem urbana, do destino adequado dos resíduos sólidos de modo a evitar seu encaminhamento para a rede de drenagem (ver figuras 4, 5, 6, 7 e 8).

O subsistema que mais impacto causa em relação à infraestrutura diz respeito ao esgotamento sanitário. De acordo com o *Trata Brasil – Ranking dos Municípios* (2020), o atendimento total de esgoto no Recife abrange apenas 43,54% da população em contraposição ao acesso à água, conforme já visto neste artigo. Informações retiradas do *Atlas das Infraestruturas Públicas em Comunidades de Interesse Social do Recife (CISs)* apontam que 36% do território do Recife dispõe de sistema de coleta; desse universo, somente 21% passa por tratamento. As fossas sépticas rudimentares são utilizadas por 46,6% da população, enquanto 7,8% jogam os dejetos, sem tratamento, em vales, manguezais, cursos de água, encostas de morros e outros lugares (PREFEITURA DO RECIFE, 2016a). Nessas porções do território, o esgoto a céu aberto é a alternativa adotada pela população na ausência de serviços de esgotamento sanitário, aprofundando a precariedade das condições de habitação e de saúde.

O despejo dos efluentes na rede de galeria de drenagem que se conecta com os cursos de água também faz parte das práticas identificadas nas porções do território onde residem as populações de poder aquisitivo médio

lives of men, women, animals and other living creatures, and also exert a detrimental influence on human health.

This issue has implications that require the public authorities to take measures to provide systematic household waste collection and other such services and to maintain public highways in an appropriate fashion suitable to the local environment, in such a way as to meet the needs of the local population. At the level of urban planning, it is also important to consider the possibility of public participation in such actions, as a way of ensuring that needs are met on a permanent basis. Insufficient solid waste collection and urban cleaning services require the local people to organize, resist, and put pressure on the local authorities to meet their demands.

The absence of effective ongoing urban drainage operations and the poor quality or inexistence of storm water management have a negative impact on the everyday lives of local people, especially in a city such as Recife, which, as noted above, has high levels of inequality in terms of occupation and use of land. This clearly demonstrates the importance of undertaking concrete measures to supply clean water, manage urban drainage, and dispose of solid waste in such a way as to avoid clogging the drainage system (See figures 4, 5, 6, 7 and 8).

The subsystem that has the greatest impact on infrastructure is sanitary sewerage. According to *Trata Brasil's Ranking of Brazilian Municipalities* (2020), only 43.54% of the population of Recife is covered by the sewerage system, compared to a much higher figure for water supply, as seen above. Data contained in the *Atlas of Public Infrastructure in Social Interest Communities in Recife (CIS)* show that 36% of the city has a collection system but only 21% of this waste is treated. Rudimentary septic tanks are used by 46.6% of the population, while 7.8% dispose of untreated waste in ditches, mangroves, watercourses, hillsides, and other locations (Recife City Hall, 2016a). In these areas, open-air sewage disposal is adopted by the population in the absence of sanitary sewerage services, thereby further worsening housing conditions and public health.

The disposal of wastewater into the drainage sewer network, which is connected to watercourses, is also a practice associated with residents of middle- and high-income areas. This increases environmental pollution and gives Recife its characteristic foul smell (of sewage) in these areas.

In such a complex and contradictory scenario, what factors are capable of promoting social participation in the field of urban drainage? What can the city hope for and expect of the future? How can different social groups and social classes come together to build and expand urban drainage in this city? The many possible responses to these questions unfortunately lie beyond the scope of this chapter.

e elevado. Isso contribui para acentuar a poluição do meio ambiente e para deixar o Recife com o odor (de esgotos) que lhe caracteriza nesses trechos.

Em um quadro tão complexo e contraditório, quais os fatores passíveis de fomentar um processo de participação social no campo da drenagem urbana? Qual a cidade esperada e desejada? Quais partilhas na ampliação e construção da drenagem urbana serão vivenciadas pelos diferentes grupos e classes sociais nesse espaço urbano? Esses desafios são postos frente às múltiplas alternativas de respostas, e respondê-las ultrapassa o âmbito deste artigo.

A complexidade presente na cidade fornece as bases para explicar o passado e nortear a construção do futuro. Carlos (2007, p. 26), ao analisar a cidade, afirma que:

A cidade aparece como materialidade, produto do processo de trabalho, de sua divisão técnica, mas também da sua divisão social. É a materialização de relações históricas dos homens, normatizada por ideologias, é forma de pensar, sentir, consumir, é modo de vida, de uma vida contraditória.

Na dimensão coletiva da drenagem urbana, os interesses contrapostos no processo de produção do espaço exigem formulação de política pública, definições de ações permanentes, incorporação de uma gestão democrática e participativa, inserindo os múltiplos sujeitos sociais constitutivos do território urbano, tendo como protagonista o Estado na instância do município, e, a um só tempo, agregando as particularidades e as singularidades da formação urbana recifense.

Canais de participação social e de controle social da população, institucionalizados e emergentes, possibilitam debates, embates e trocas de informações, que devem se assentar na constituição de uma cultura política e no fortalecimento da pressão da população voltada para o cumprimento do papel do Estado na provisão dos serviços de drenagem urbana e de esgotamento sanitário. No entanto, a ramificação dos processos organizativos da população de disseminação de informações para a apreensão da relevância da drenagem urbana e dos serviços a ela articulados se torna ponto de partida para a constituição da mobilização, da organização e das lutas sociais pela distribuição equânime desse serviço e do seu reconhecimento como direito da população e dever do Estado.

Outro elemento expressivo na constituição dos processos participativos diz respeito à incorporação de diferentes instituições locais, as organizações de coletivos que caracterizam distintos grupos sociais com o objetivo de ampliar a mobilização na construção e reconstrução da cidade tendo como mote a drenagem urbana, um olhar dirigido aos múltiplos lugares e às condições reais e concretas enfrentadas pela população desses lugares.

The current complexity of the city helps us to understand the past and build the future. Carlos (2007, p. 26), in his analysis of the city, states that:

[t]he city appears as materiality, a product of labor, of the technical but also the social division of labor. It is the materialization of the historical relations of human beings, normalized by ideologies. It is a way of thinking, feeling, and consuming. It is a way of living a contradictory life.

Seeing urban drainage as a collective responsibility, the existence of opposing interests in the process of production of space requires public policy measures, permanent courses of action, the introduction of democratic participatory management, the involvement of a multiplicity of socially-constituted subjects in the creation of urban territory, under the leadership of the municipal authorities, and a coming together of the various distinct groups and individuals that make up the city of Recife.

Channels of social participation and public oversight — either as permanent institutions or for specific temporary purposes — make it possible to exchange and discuss information, which should be based on the establishment of a political culture and increased public pressure on the state to fulfill its role of providing urban drainage and sanitary sewerage services. However, the organization of the population and the dissemination of information regarding the importance of urban drainage and related services constitute an essential starting point for the mobilization and organization of campaigns to demand equitable provision of such services as a right of the population and a duty of the state.

Another key element in the development of participatory processes concerns the incorporation of various local institutions and organizations representing distinct social groups as a way of broadening mobilization for the construction and reconstruction of the city with regard to urban drainage, paying due regard to the diversity of locations and concrete conditions of the local population.

This process involves various distinct dynamic systems of urban social relations. Broader participation thus requires social groups and classes to join forces with one another and to cooperate where necessary with the public authorities.

On the side of the municipal government, the implementation of policy and action requires planning, including the participation of the population and their representatives at all stages from drafting to evaluation, monitoring, and implementation of urban drainage measures, thereby increasing the possibility of meeting existing and emerging demands. Strategy, tactics, resource allocation, goals and systematic actions are linked to the establishment of short-, medium- and long-term deadlines.

Esse processo envolve distintas dinâmicas no âmbito das relações sociais constituídas e construídas no urbano. A ampliação das ações participativas é, portanto, apreendida no movimento entre grupos e classes sociais e entre estas e o Estado.

Na esfera do Estado, instância municipal, o acionamento da política e das ações perpassa o planejamento, incluindo a população e suas representações em todas as fases de elaboração, a avaliação, o monitoramento para a implementação de medidas de drenagem urbana, possibilitando aproximações sucessivas com as demandas atuais e emergentes da população. Estratégias, táticas, alocações de recursos, metas e ações sistemáticas se atrelam à delimitação de prazos a serem percorridos em curto, médio e longo tempos.

A drenagem urbana expressa um conjunto de medidas pautado na perspectiva de se reduzirem os riscos de inundações na planície e de desmoronamento dos morros, que contribui para superar os impactos negativos ao meio ambiente, atrela-se aos serviços de esgotamento sanitário e se firma na necessidade de que seja viabilizado o acesso universalizado para a população, tendo como protagonista o Estado. Trata-se de ação processual que requer diálogos permanentes entre o Estado e a população no campo da articulação coletiva entre diferentes sujeitos sociais no território. Implica disponibilização de informações transparentes, ações sistemáticas e efetivas e gestão democrática.

A crise sanitária que assola o mundo e atinge os múltiplos e distintos países decorrente do Sars-Cov-2, causador da pandemia da Covid-19, demonstra as implicações e os desafios a serem enfrentados no campo da saúde coletiva, da saúde pública e das condições de saneamento básico e da drenagem urbana.

As medidas adotadas por governos, em escala mundial, referenciadas nas orientações da Organização Mundial da Saúde (OMS) e de especialistas da área, fazem-se no sentido de enfrentar a propagação do vírus, evitar o colapso dos sistemas de saúde pela intensidade de internações, preservar a vida e a saúde das populações. Desse modo, tais medidas recaem sobre o uso incessante de máscaras, isolamento e distanciamento social, medidas de higiene pessoais — frequência na lavagem das mãos, higienização de produtos e alimentos e outros.

Entretanto, no caso do isolamento social e das medidas de higiene, confronta com os requerimentos de condições de moradia adequada, de disponibilização de infraestrutura de saneamento básico — água, drenagem, coleta de resíduos sólidos, esgotamento sanitário, entre outras. Requerimentos contrapostos às precariedades presentes nos assentamentos de baixa renda, nos assentamentos populares, nas favelas, expondo os limites para responder às medidas aplicadas. Ademais, trata-se de segmentos populacionais, dadas

Urban drainage involves a series of measures that aim to reduce the risk of flooding of low-lying land and of mudslides on hillsides, thereby helping to mitigate the negative impact on the environment. There is also a need for universally accessible sanitary sewerage to be provided by the authorities. This is an ongoing process that requires permanent dialogue between the authorities and the population in such a way as to reach a compromise between the collective interests of various social subjects coexisting in the city. This involves transparent communication, systematic and effective action, and democratic management.

The COVID-19 health crisis that has affected countries around the world has highlighted the challenges we face in the fields of public and collective health, basic sanitation and urban drainage.

The measures adopted by governments all over the world, under the guidance of the World Health Organization and health specialists, have attempted to curb the spread of the virus, to avoid the collapse of health systems resulting from a huge influx of inpatients, and protect the lives and health of their populations. Such measures include the use of masks, quarantine and social distancing, and personal hygiene measures such as frequent hand washing, cleaning of food products and others.

However, in the case of quarantine and hygiene, these measures have come up against difficulties caused by poor housing conditions and the lack of sanitary infrastructure — clean water, drainage, solid waste collection, sanitary sewerage and the like — in low-income settlements, clearly exposing limitations. Furthermore, this primarily affects those segments of the population in which socio-economic and employment conditions necessitate that they leave home to earn a living for themselves and for their families. There is therefore a direct link between the severity of the COVID-19 pandemic, which had already caused 217,037 deaths in Brazil by 24 January 2021 (BRASIL, 2021), and the poor housing and sanitation conditions of the low-income population, making the latter even more vulnerable.

as condições socioeconômicas e de trabalho, que vivenciam necessidade de deslocamento para assegurar a sobrevivência pessoal e da família. Dessa ótica, a pandemia da Covid-19, que, no Brasil, registrou 217.037 óbitos em 24 de janeiro de 2021 (BRASIL, 2021), estabelece relação direta com as condições de moradia e de saneamento da população pobre, tornando-a mais fragilizada frente à gravidade da crise sanitária.

4. NOTAS CONCLUSIVAS E INDICATIVAS EM PROCESSO

212

A drenagem urbana e a participação social, em confronto com a produção capitalista do espaço, estabelecem nexos com o processo de acumulação no urbano, que é permeado por desigualdades socioespaciais, socioeconômicas e territoriais presentes na cidade do Recife.

A participação social norteadas pelas definições constitucionais confere e estabelece a estruturação de diferentes canais participativos — conselhos, fóruns, câmaras — nas esferas do Estado, conforme instituído na Carta Constitucional de 1988, conferindo, assim, uma participação institucionalizada. Refere-se ao aprofundamento das bases da democracia, sustenta-se na busca de universalização dos direitos. A participação popular tem suas raízes nos processos de organização e das lutas sociais dos segmentos populares, na definição de estratégias e de táticas que ora se voltam para práticas reivindicatórias, ora se firmam e avançam na busca por direitos sociais, políticos e de acesso aos bens socialmente construídos.

Pode-se, portanto, apreender que, seja na perspectiva da participação social, seja na perspectiva da participação popular, campos de disputas entram em jogos pelos sujeitos sociais e políticos gerando questionamentos mútuos ao Estado no contínuo processo de correlação de forças, de explicitação das contradições e das relações de poder.

A consolidação dos processos participativos exige ter assegurada a disponibilização de informações atualizadas de modo a possibilitar o planejamento, a avaliação, o acompanhamento e o monitoramento referentes à drenagem urbana e desenvolvimento do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife. A conexão entre as demandas dos sujeitos sociais e a instância do poder público sugerem diálogos e incorporação das reivindicações da sociedade civil, em especial considerando as particularidades e singularidades dos assentamentos precários, as favelas do território recifense, lugares desprovidos de drenagem urbana com habitações dispostas às margens dos cursos de água ou também erguidas no seu leito, em encostas e nos morros.

A participação social no campo da drenagem urbana aponta para: a necessidade de fortalecimento da Política de Drenagem Urbana, pelo Estado — na instância municipal —, à luz dos processos participativos e considerando a particularidade e a singularidade da cidade do Recife; o movimento e a dinâmica que envolvem a sociedade civil; as contradições e as desigualdades sociais e territoriais, assim como as disputas entre grupos e classes sociais na produção do espaço urbano; as necessidades sociais emergentes e o papel a ser exercido pelo Estado; a definição de um processo de planejamento desde a concepção do saneamento básico e da drenagem urbana, incluindo a leitura da realidade com a população envolvida e a disseminação de informações das alternativas e técnicas indispensáveis para a implantação da rede de drenagem; a construção coletiva de formas de organização e a incorporação

4. CONCLUDING REMARKS AND ONGOING RECOMMENDATIONS

Urban drainage and social participation, in combination with the capitalist mode of production of space, are related to the process of accumulation in urban areas and the social, spatial and economic inequalities that prevail in the city of Recife.

Social participation guided by articles of the constitution establish and provide various channels of participation — councils, forums, chambers — in relation to government, as laid out in the Constitution of 1988, thereby making participation an institutional reality. Participation involves establishing deeper, more democratic bases, focused on universal access to rights. Popular participation is based on the processes of organization and the social struggles of certain segments of the population, and the development of tactics and strategies that aim either to demand or to uphold basic social and civil rights such as the right to public assets.

It should however be understood that, in both the case of social participation and that of popular participation, disputes arise between social and political subjects, thereby posing questions for the state as part of the ongoing process of correlation of forces and unraveling of the contradictions of power relations.

The consolidation of participatory processes requires the availability of up-to-date information for planning, evaluation, supervision, and monitoring of urban drainage and development of the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife. A connection between the demands of social subjects and the public authorities suggests dialogue and the incorporation of the demands of civil society, in particular the specific features of substandard settlements or slums, which lack drainage and contain dwellings constructed on the banks of watercourses or in the beds of rivers and streams, or on steep hillsides.

Social participation in the field of drainage demonstrates:

- a. the need to improve urban drainage policy at municipal level in the light of participatory processes and knowledge of the specific features of the city of Recife;
- b. the existence of a dynamic civil society movement;
- c. the contradictions and social and geographical inequalities, and the disputes between social classes and social groups concerning production of urban space;
- d. emerging social needs and the role the state needs to play in meeting these;
- e. the establishment of a planning process beginning with the design of basic sanitation and urban drainage, including knowledge of the local context of the population involved and dissemination of information on indispensable alternative drainage network installation techniques;

das formas existentes; da instituição de canais de participação para possibilitar o diálogo consistente e a compreensão sobre o retorno das ações para a população em curto, médio e longo prazos; a definição de estratégias e de táticas a serem ramificadas entre os diferentes grupos presentes nos territórios das ações; a eleição de metas temporalmente definidas com a população e a constituição de um sistema de acompanhamento e de monitoramento do programado juntamente com a população; a explicitação das fontes de financiamento e dos usos dos recursos para a concretização do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife; os debates sobre os papéis a serem exercidos pelos diferentes sujeitos sociais partícipes das ações — do planejamento, da execução e da avaliação —, buscando compreender o processo na dimensão da cidade.

- f. collective creation of new forms of organization and incorporation of existing forms;
- g. the introduction of channels of participation to enable consistent dialogue and understanding of the benefits of action taken for the population in the short, medium, and long term;
- h. the establishment of tactics and strategies to be extended to the various groups present in the area covered by the actions;
- i. the selection of temporary goals by the population and development of a system to monitor and supervise the system with the population;
- j. transparency with regard to sources of funding and use of resources for the implementation of the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife; and
- k. debate regarding the roles to be played by the various participants — in planning, project execution, and evaluation — so as to ensure a city-wide perspective on the project.



Recife - PE

8

O RECIFE NO CONTEXTO MUNDIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

***RECIFE IN THE INTERNATIONAL CONTEXT
OF CLIMATE CHANGE***

**ARTUR PAIVA COUTINHO
FERNANDHA BATISTA LAFAYETTE
SUZANA MARIA GICO LIMA MONTENEGRO
IALY RAYANE DE AGUIAR COSTA
TÁSSIA DOS ANJOS TENÓRIO DE MELO
LUCAS RAVELLYS PYRRHO DE ALCÂNTARA
SÉRGIO MANOEL DA SILVA
ANTONIO CELSO DANTAS ANTONINO**

As mudanças climáticas, combinadas ao crescimento populacional e à urbanização, geram grandes impactos sociais, econômicos e na saúde. Essas consequências são visíveis em todo o planeta, mas afetam, em particular, populações mais vulneráveis, intensificando as desigualdades. Os impactos sobre os recursos hídricos também têm repercussões na acessibilidade e na continuidade do fornecimento dos serviços de saneamento básico, principalmente no que se refere à drenagem urbana.

O processo de urbanização que ocorre sobre as bacias hidrográficas gera uma forte pressão espacial sobre sua área de abrangência, tornando-a cada vez mais vulnerável às modificações de uso e ocupação do solo. Essa crescente urbanização resultou num quadro caótico em muitas cidades, por não possuírem uma infraestrutura adequada para suportar essa elevada taxa populacional. Isso ocorre pela falta de um planejamento integrado entre as infraestruturas que compõem a cidade, os profissionais especializados e as legislações vigentes, principalmente nos âmbitos urbano e ambiental. A gestão dos recursos hídricos constitui atualmente uma das maiores preocupações socioeconômica em nível mundial.

Os esforços para mitigar os efeitos do aquecimento global podem e devem ser implementados. O aumento da temperatura média global está provocando alterações talvez irreversíveis no clima. Tendências de variáveis climáticas observáveis a longo prazo permitem estimar a ocorrência de alguns fenômenos:

- Aumento do nível do mar.
- Variabilidade dos regimes sazonais de chuvas, períodos de estiagens mais longos: a precipitação média ao longo de um ano pode ser estável, mas os períodos entre duas estações das chuvas pode demorar muito mais.
- Aumento do período de seca, causando escassez de recursos hídricos.
- Elevação das ondas de calor e (máximo) pico de temperatura em todo o mundo.
- Aumento de frequência e intensidade de eventos extremos, chuva torrencial, tempestades (incluindo tempestades de areia e poeira), ventos fortes e ciclones.

Tomadores de decisão e pesquisadores lutam para se apropriar desses conceitos, que se baseiam em um exercício de antecipação complexo, dadas as incertezas sobre futuros cenários de mudanças no clima e na ocorrência de riscos e danos materiais e humanos. É essencial que todas as partes interessadas compreendam melhor esses riscos e sejam mobilizadas a desenvolver e adaptar suas práticas em consonância com os cenários atuais e futuros.

Em Pernambuco, os efeitos das mudanças climáticas são agravados na área urbana da Região Metropolitana do Recife (RMR), composta por 15

Climate change, in combination with population growth and urban development, are currently having a huge impact on society, the economy, and human health. These consequences are visible worldwide, but especially affect more vulnerable populations, worsening inequality. The impact on water resources also has repercussions in terms of accessibility to and continued supply of basic sanitation services, especially those relating to urban drainage.

Urban development in river basins tends to put great pressure on the catchment area, making it increasingly vulnerable to modifications in the use and occupation of land. The fast pace of urban development has resulted in chaotic urban sprawl in most cities, because they do not possess infrastructure capable of supporting such a large population. This is due to a failure to conduct urban planning in such a way as to integrate the various infrastructure systems that make up a city, along with the various specialists and items of legislation needed, especially in the field of urban environmental planning. Water resource management is currently a major socio-economic concern across the world.

Efforts to mitigate the effect of global warming can and should be made. The increase in mean global temperature is causing changes to the climate that may be irreversible. Long-term climate trends make it possible to predict the occurrence of a number of phenomena:

- rising sea levels.
- variation in seasonal rainfalls, longer periods of drought: the mean annual precipitation may remain stable, but the interval between rainy seasons may become longer.
- longer dry periods, caused by scarcity of water resources.
- increased occurrence of heat-waves and (maximum) peak temperatures worldwide.
- increased frequency and intensity of extreme weather events, such as torrential rain, storms (including sand and dust storms), strong winds and cyclones.

Decision-makers and researchers are struggling to adopt these concepts, which are based on complex forecasts, uncertain future climate change scenario data and the potential harm caused to human beings and property. It is essential that all interested parties develop better understanding of these threats and be mobilized to develop and adapt their behavior to current and future scenarios.

In Pernambuco, the effects of climate change are exacerbated by the situation in the Recife Metropolitan Region (RMR), which covers 15 municipalities. The capital, Recife, accounts for only 3% of the total geographical area of the State but contains 42% of the population and concentrates more than half of the State's GDP (IBGE, 2010). Such high population density in such a small area has emerged rapidly, leading

municípios. A capital, Recife, representa apenas 3% da área do território pernambucano, concentra 42% da população do Estado e mais da metade do PIB estadual (IBGE, 2010). Tal concentração populacional em uma área pequena se deu de maneira acelerada, motivando a ocupação em áreas de risco, como morros e áreas ribeirinhas.

A cidade do Recife sofre constantemente com os importunos consequentes de eventos chuvosos, mesmo quando ocorrem em pequenas intensidades. Alagamentos, transbordamento de canais urbanos e extensos engarrafamentos são apenas alguns impactos das chuvas na cidade.

A planície do Recife está localizada um pouco acima do nível do mar (2 a 10 m), e em algumas áreas seus níveis são equivalentes aos níveis das marés de sizígia, o que dificulta o escoamento natural das águas em épocas chuvosas. Além disso, a cidade é rodeada por morros, o que proporciona o acúmulo de água em seu interior. Os problemas das águas pluviais nas áreas urbanas da RMR se agravam por fatores naturais, como a topografia da região, que se apresenta com áreas muito planas, próximas ao nível do mar e de baixas declividades, resultando em baixos gradientes hidráulicos. Além disso, alterações artificiais na bacia, como aterramento dos mangues e o elevado teor de lixo no sistema de drenagem, desencadeiam problemas de alagamentos, principalmente nos meses de maio, junho e julho, período no qual se concentra a estação chuvosa.

Os problemas são intensificados devido ao aumento de áreas impermeáveis em detrimento de áreas livres e permeáveis; à precariedade do sistema de micro e macrodrenagem, pela manutenção deficiente, fiscalização e educação da população, existindo muitos dispositivos quebrados, entupidos, cobertos (tapados) e com uma carga excessiva de resíduos sólidos; pela falta de uma política de conscientização e educação ambiental para a população; e pelas ocupações irregulares às margens de corpos de água, encostas e morros, minimizando a infiltração das águas e aumentando o volume e a velocidade de escoamento.

A precipitação média histórica anual acumulada é de 2.254 mm, de acordo com a Agência Pernambucana de Águas e Climas (Apac). É nos meses de maio a julho que os eventos chuvosos se apresentam com maiores intensidades, correspondendo a mais de 50% do total precipitado anual num período de três meses e numa região altamente urbanizada e de elevada impermeabilização.

O crescimento da pressão exercida sobre as águas de superfície e subterrâneas, relacionadas notadamente aos aportes de substâncias poluentes, tem conduzido a comunidade científica a se interrogar sobre a elaboração de ferramentas que permitam melhor compreender a gestão integrada do ciclo da água, tanto em termos de eficiência ambiental como em termos de custos, e isso em diferentes escalas de tempo e de espaço.

to the occupation of high-risk areas, such as hillsides and riverbanks.

The city of Recife is constantly susceptible to the inconveniences that may be caused by rainfall, even when it is of low intensity. The ill-effects of rain in the city include urban canals overflowing, flooding and extensive traffic congestion among many others.

The floodplain on which Recife rests has an elevation only slightly above sea level (2 to 10 m), and, in some places, is lower than the height of spring tides, making it difficult for water to run off naturally during periods of heavy rain. The city is also surrounded by hills, meaning that water tends to accumulate within it. The problems with rainwater in the urban parts of the RMR are exacerbated by natural factors, such as the topography of the region, which contains many flat areas, close to sea-level and few slopes, resulting in a pattern of low-gradient hydraulics. Furthermore, artificial modification of the basin, caused by activities such as the land filling of mangroves and the dumping of large quantities of solid waste in the drainage system, further worsen flooding, especially in the months of May, June and July, when the rainy season tends to occur.

These problems are further exacerbated by a number of other factors. These include: a) the increase in the quantity of soil-sealed areas to the detriment of permeable open spaces; b) the poor quality of the micro- and macro-drainage systems, owing to inadequate maintenance, inspection and public education, with many structures damaged, blocked, or covered (clogged) and burdened with an excessive load of solid waste; c) the lack of a policy of raising awareness and public education regarding the environment; and d) irregular occupation of the banks of watercourses and hillsides, further reducing water infiltration and increasing the volume and speed of runoff.

Mean annual accumulated precipitation has historically been 2,254 mm, according to the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC). The heaviest rains occur in the months of May, June and July and these account for more than 50% of the total annual precipitation in a highly urbanized region with high levels of soil sealing.

The growing pressure on surface and groundwater, related notably to the infiltration of pollutants, has spurred the scientific community to attempt to develop tools that provide greater understanding of integrated management of the water cycle, both in terms of environmental efficiency and in terms of cost-effectiveness, for different scales of time and space.

The occupation of urban land without duly integrated planning of the various kinds of infrastructure needed for harmonious urban development has led to the emergence of drainage problems caused by high-intensity hydrological events. The areas that were most affected were

218

A ocupação territorial urbana, sem o devido planejamento integrado das diversas infraestruturas necessárias ao desenvolvimento harmônico das cidades, desencadeou o surgimento de problemas de drenagem por ocasião dos eventos hidrológicos de alta intensidade. Inicialmente, as áreas mais afetadas se localizavam próximas aos cursos de água, em locais de ocupação da calha secundária e nos trechos de jusante em relação à utilização das áreas ribeirinhas. Com a expansão territorial, sem uma legislação e uma fiscalização que garantissem o disciplinamento e cumprimento adequado do uso e ocupação do solo, os problemas de alagamentos e inundações foram se intensificando e se distribuindo ao longo das linhas naturais de escoamento dos deflúvios superficiais em função da planialtimetria da cidade e do grau de impermeabilização da área de drenagem.

at first located near watercourses, in locations where occupation has occurred in the secondary channels and stretches lying further downstream. However, as the city expanded, without regulation or oversight to ensure disciplined and adequate use and occupation of land, problems related to flooding and inundation worsened and spread all along the natural runoff lines of surface outflows as a result of the topography of the city and the extent of soil sealing in the drainage area.

1. O CONTEXTO MUNDIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) foi criada por ocasião do evento no Rio de Janeiro, em 1992, a *Rio-92*. Desde então, os países signatários dessa Convenção têm se reunido anualmente para negociar as regras e condições internacionais necessárias para combater as mudanças climáticas e seus efeitos (UNFCCC, 2020).

Na Conferência das Partes (COP 21), em Paris, em 2015, na UNFCCC, as partes celebraram um acordo histórico para combater as mudanças climáticas e adaptar o Acordo Climático de Paris, vigorando a partir de 4 de novembro 2016, ratificado por 181 países dos 197 participantes da Convenção em 2018.

O objetivo central do Acordo de Paris é manter o aquecimento global bem abaixo de 2 °C em comparação com o nível pré-industrial e, se possível, implementar esforços para limitar o aumento das temperaturas a 1,5 °C até o fim do século XXI. O Acordo de Paris também estabeleceu uma meta de adaptação global às mudanças climáticas com o objetivo de fortalecer a resiliência de populações e ecossistemas, convidando países para fortalecer significativamente os esforços nacionais de adaptação e enfatizando a necessidade de aumento de apoio aos países em desenvolvimento. Pela primeira vez, a adaptação é reconhecida como um grande desafio global e como uma ação mitigatória.

Para atingir esses dois objetivos, o Acordo de Paris exigiu que todas as Partes enviassem compromissos nacionais de mitigação e adaptação, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC). Os países são convidados a enviar novas contribuições atualizadas e mais exigentes a cada cinco anos. Uma avaliação global também será realizada a cada cinco anos avaliando o progresso coletivo na consecução dos objetivos do Acordo a partir de 2023.

Em 2016, 93% das NDCs recebidas incluíram um componente de adaptação. Entre estes, a água potável é uma das quatro prioridades mencionadas, juntamente com a água agrícola, gestão de riscos de inundação e seca e gestão integrada dos recursos hídricos.

O Acordo de Paris também reiterou o compromisso dos países desenvolvidos, assumido em Copenhague em 2009, de mobilizar 100 bilhões dólares por ano até 2020 para ajudar países em desenvolvimento na luta contra as alterações climáticas.

O Programa de Desenvolvimento Sustentável adotado pelas Nações Unidas para o período 2015–2030 estabelece uma estrutura global para ação e metas globais para terminar a extrema pobreza e o combate à desigualdade e injustiça, com base nos princípios do desenvolvimento sustentável. Essa nova estruturação global, também conhecida como Agenda 2030, estabelece os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 1), divididos em 169 metas específicas e 232 indicadores de monitoramento.

1. THE INTERNATIONAL CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) was created at the 1992 event in Rio de Janeiro known as *Rio-92*. Since then, nations who are signatories to this convention have met on an annual basis to negotiate the international rules and conditions needed to combat climate change and its effects (UNFCCC, 2020).

At the Conference of the Parties (COP 21), in Paris, at the 2015 UNFCCC, the parties signed an historic agreement to combat climate change and adopt the Paris Climate Accords, in force as of 4 November 2016 and ratified by 181 of the 197 countries participating in the 2018 Convention.

The main objective of the Paris Accords is to prevent global warming exceeding an increase of 2 °C in comparison with pre-industrial levels and, if possible, to take action to limit the increase in temperatures to 1.5 °C by the end of the 21st century. The Paris Accords also established the goal of global adaptation to climate change with the aim of strengthening the resilience of populations and ecosystems, inviting countries to make significant efforts to step up action to adapt at national level and emphasizing the need to increase support for developing nations. For the first time, adaptation has been recognized as a major global challenge and as a potential mitigating factor.

To achieve these two objectives, the Paris Accords required all Parties to submit national mitigation and adaptation commitments, based on the so-called Intended Nationally Determined Contributions (INDCs). Countries have been asked to submit new updated and more demanding contributions every five years. A global appraisal will also be carried out every five years to evaluate collective progress towards meeting the Paris Agreement objectives, starting in 2023.

As of 2016, 93% of NDCs received included an adaptation component. One of the four key priorities mentioned is safe drinking water, along with water for agriculture, management of the risk of flooding and drought, and integrated water resource management.

The Paris Accords also restated the commitment of developed nations, as agreed in Copenhagen in 2009, to make available 100 billion dollars a year until 2020 to help developing countries combat climate change.

The Sustainable Development Program adopted by the United Nations for 2015–2030 establishes a global structure of action and global goals based on the principles of sustainable development that aim to put an end to extreme poverty and combat inequality and injustice. This new global structure, also known as Agenda 2030, establishes 17 Sustainable Development Goals – SDGs (Figure 1), divided into 169 specific targets and 232 monitoring indicators.



FIGURA 1
Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

FIGURE 1
The 17 Sustainable Development Goals.



FIGURA 2
Destaque para os ODS 6, 11 e 13.

FIGURE 2
Sustainable Development Goals 6, 11 and 13.

Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.
Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all.

Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient, and sustainable.

Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.
Take urgent action to combat climate change and its impacts.

Entre esses objetivos, destacam-se o 6, o 11 e o 13 como principais, que envolvem aspectos dedicados a toda a questão de água, saneamento, higiene, medidas de combate a alterações climáticas e sustentabilidade nas cidades (Figura 2).

O relatório especial do IPCC sobre o aquecimento global de 1,5 °C lembra que os impactos das mudanças climáticas e sua integração estão intimamente ligados à conquista de ODS em uma estrutura que permita um equilíbrio entre bem-estar social, prosperidade econômica e proteção ambiental.

1.1 IMPACTOS NA GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

A maioria das áreas urbanas apresenta configurações em que o uso e a ocupação do solo foram realizados de forma irregular, utilizando, com áreas

Goals 6, 11 and 13 in particular concern water, sanitation, hygiene, efforts to combat climate change, and the creation of sustainable cities (Figure 2).

The special IPCC report on 1.5 °C global warming reminds us of the impact of climate change and the extent to which it is closely linked to achieving the SDGs as part of a structure that establishes a balance between social well-being, economic prosperity and environmental protection.

1.1 THE IMPACT ON URBAN STORM WATER MANAGEMENT

In most urban areas, the use and occupation of land has been carried out in an irregular fashion, soil sealing spaces that had previously been permeable or covered in vegetation or areas not appropriate for urban development, such

impermeáveis, espaços antes permeáveis e vegetados ou áreas não passíveis de apropriação, como áreas ribeirinhas, margens de canais de drenagem, fundo de vales e morros. Historicamente, esses fatores, associados à ineficiente gestão e ao controle territorial urbano, às deficientes políticas habitacionais e sociais, à falta de uma conscientização e participação populacional em atos de conservação do meio ambiente e a sistemas de saneamento precários, inexistentes ou sem manutenção, já são causas que desencadeiam impactos econômicos, sociais e ambientais consideráveis. As alterações ocorridas no clima agravam ainda mais essas consequências.

Um dos principais aspectos a serem considerados, mesmo quando o sistema de drenagem urbana esteja presente, seja deficiente ou ausente, são os alagamentos consequentes dos eventos chuvosos. O aumento da exposição populacional ao contato com possíveis águas contaminadas — devido ao transporte de contaminantes nas superfícies, a fossas inundadas, à saturação de redes de drenagem urbana, ao acúmulo de resíduos sólidos e a esgotos sanitários lançados ilegalmente nos canais de coleta de águas pluviais — é um risco associado às doenças de veiculação hídrica nas áreas urbanas. Em locais onde a vulnerabilidade é intensificada, principalmente em comunidades carentes, periféricas, ribeirinhas ou de morro, os riscos ambientais, econômicos e humanos se agravam. O Quadro 1 destaca os principais perigos advindos das mudanças climáticas e como estes podem ser impactados, refletidos ou sentidos nas esferas social, habitacional e infraestrutural das cidades.

Pode-se declarar que a exposição ao risco aumenta na mesma proporção que as taxas de impermeabilização dos terrenos — fruto de um processo de urbanização desequilibrado e com serviços infraestruturais segregados. Dessa forma, é necessário conceber formas de convívio entre as chuvas, o sistema de drenagem e as áreas urbanas, através de um manejo adequado e integrado dessas águas pluviais. Na Região Metropolitana do Recife, o manejo das águas pluviais é considerado deficiente ou até mesmo ausente. As redes de drenagem de água da chuva, quando existem, são muitas vezes ineficientes e, devido a uma falta crônica de manutenção, estão em más condições, assoreadas ou se tornam destino final de esgotos sanitários, principalmente residenciais.

as riverside areas, the banks of drainage channels, valley floors and the sides of hills. Historically, these factors have been associated with inefficient management and urban planning, inadequate housing and social policies, a lack of public awareness and participation in environmental conservation, and sub-standard, inexistent or poorly maintained sanitation systems. This has had serious detrimental consequences for the economy, the environment and society at large. Climate change further exacerbates these consequences.

One of the main aspects to be considered — whether a (possibly inadequate) urban drainage system has been installed or not — is the flooding caused by heavy rain. The increased likelihood of exposure of the population to contact with contaminated water — as a result of surface transport of contaminants, overflowing septic tanks, saturation of urban drainage systems, accumulation of solid waste, and/or sewage discharged illegally into storm water collection canals — increases the risk of water-borne diseases in urban areas. In locations where vulnerability is greatest — especially in disadvantaged communities situated on the outskirts of the city, on riverbanks or hillsides — the threat to the environment and to human economic and social well-being is even greater. Table 1 shows the main dangers resulting from climate change and the way in which these may be affected by and reflected or felt in the fields of social welfare, housing, and urban infrastructure.

It should be noted that exposure to risk increases in proportion to the degree of soil sealing — one of the effects of unharmonious urban development and segregation of the provision of services and infrastructure. There is therefore a need to develop ways of bringing rain, drainage systems and urban development into harmony by effective integrated management of storm water. In the Recife Metropolitan Region, storm water management is considered inadequate and, in some locations, is non-existent. Storm water drainage networks, where they exist, are often inefficient and, owing to a chronic lack of maintenance, in poor repair, silted up, or filled with wastewater, principally from residential buildings.

	IMPACTOS		
PERIGO CLIMÁTICO	Sociais	Habitacional e em equipamentos públicos, industriais e comerciais	Infraestruturais
Aumento da frequência e intensidade de eventos extremos.	Deslocamento de populações após a perda de sua casa.	Destruição de edificações e espaços públicos e privados.	Saturação de estruturas e infraestrutura de gestão de águas pluviais não dimensionadas para extremos climáticos.
Inundações.	- Perdas materiais e humanas. - Deslizamentos de terra. - Acidentes de trânsito e interferência na mobilidade urbana. - Aumento de doenças de veiculação hídrica. - Desenvolvimento de vetores como mosquitos, ratos, etc.	Perturbação/parada de atividades de outros serviços em rede (eletricidade, comunicação, internet, telefonia, etc.).	- Colapso de serviços de água e saneamento. - Submersão de equipamentos públicos, estouro de rede de esgoto, etc.

QUADRO 1

Principais perigos advindos das mudanças climáticas.

	IMPACT		
CLIMATE DANGER	Social Welfare	Housing and public, industrial and commercial facilities	Infrastructure
Increased frequency and intensity of extreme weather events	Displacement of people made homeless.	Destruction of public and private buildings and spaces	Saturation storm water management structures and infrastructure of insufficient size to cope with extreme climate events.
Floods	- Loss of life and property. - Landslides. - Traffic collisions and traffic congestion in urban areas. - Increased incidence of water-borne diseases. - Proliferation of vectors such as mosquitoes, rats, etc.	Disruption/ interruption of other services networks (electrical energy, communications, Internet, telephone, etc.).	- Collapse of water and sanitation system. - Submersion of public facilities, burst sewage pipes, etc.

TABLE 1

Main Dangers of Climate Change.

2. RECIFE: A CONVIVÊNCIA COM AS ÁGUAS FACE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Embora haja controvérsias relativas ao aquecimento do planeta, os mais recentes estudos mostram que temperaturas extremas, secas, tempestades, inundações e seus consequentes desastres vêm marcando o início deste século. Nas cidades é onde ocorrem os maiores danos, e, nesse cenário, a questão climática vem sendo tratada no campo disciplinar dos estudos urbanos, através da busca de ferramentas de planejamento e gestão capazes de reduzir a vulnerabilidade a esses fenômenos e aumentar a resiliência urbana (FURTADO *et al.*, 2015).

Apesar de mais demandadas a apresentarem ágeis formas de restabelecerem as condições de normalidade após a ocorrência de extremos climáticos, as cidades ainda não se apresentam documentalmente preparadas para tal enfrentamento. Planos Diretores, Planos de Drenagem Urbana, de Controle Urbano, dentre outros no âmbito do uso de ocupação do solo, não apresentam capítulos específicos que abordem um plano de contingência para lidar com os efeitos das mudanças climáticas.

As questões de gestão da água no ambiente urbano devem ser enfrentadas como um todo, não devendo ser vistas como sistemas fechados. Esquemas de gerenciamento inteligente devem considerar as áreas urbanas como uma parte integrada da gestão de bacias hidrográficas, que tem o potencial para aumentar a resiliência das cidades a intensos distúrbios naturais causados pelas mudanças no clima, como inundações e secas (BIRKMANN *et al.*, 2016; BERGER *et al.*, 2017).

Segundo Montenegro (2015), em cidades costeiras, localizadas em cotas topográficas mais baixas, o risco de inundações e alagamentos tende a ser mais impactante, devido ao aumento da intensidade de precipitação decorrente das mudanças climáticas. Qualquer cidade costeira sempre sofre algum risco de inundação, uma vez que está ao nível do mar, e muitas vezes, em um estuário ou uma planície de inundação. No quesito alagamentos, a resiliência das cidades costeiras às mudanças climáticas deve se basear, principalmente, em medidas não estruturais e em uma visão de gestão da água no meio urbano ou manejo de águas pluviais urbanas, diferentemente das práticas mais convencionais de drenagem urbana, que visam tão somente à remoção rápida do escoamento excedente (que não se infiltra) de precipitações intensas.

A cidade do Recife, localizada na Região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas 08°04'03" de latitude S e 34°55'00" de longitude W e banhada a leste pelo Atlântico Sul, possui uma vasta rede de drenagem constituída por 5 principais rios e 99 canais, numa área de 218,50 km², e uma população da ordem de 1.537.700 habitantes, conforme o IBGE (2010).

Situada numa área de planície de baixa altitude, a cidade é cercada por uma cadeia de morros baixos. Altamente urbanizada, apresenta índices altos de escoamento superficial e baixas taxas de infiltração de águas de chuvas.

2. RECIFE: LIVING WITH WATER IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Although the concept of global warming is a matter of some controversy, the most recent studies show that extreme temperatures, droughts, storms, floods and the disasters caused by these have become a regular feature of the early 21st century. Cities have seen the worst of this damage and climate change is thus now being addressed by urban studies scholars seeking planning and management tools capable of reducing vulnerability to these phenomena and increasing urban resilience (FURTADO *et al.*, 2015).

Despite more demands for rapid ways of re-establishing normal conditions after extreme weather events, cities are still not prepared for this. Master Plans, Urban Drainage Plans, and other documents relating to the use and occupation of land do not contain chapters that specifically address the issue of a Contingency Plan to deal with the effects of climate change.

Issues related to urban water management should be addressed as a whole, not seen as closed systems. Smart management systems should consider urban areas as an integral part of the management of river basins as a whole and have the potential to increase the resilience of cities to extreme disruption caused by climate change, such as that brought about by droughts and flooding (BIRKMANN *et al.*, 2016; BERGER *et al.*, 2017).

According to Montenegro (2015), in coastal cities located on low-lying land, the risk of flooding and inundation tends to be greater, as a result of the heavier rainfall caused by climate change. Any coastal city will always be at some risk of flooding, since it is located at sea level, often on an estuary or a floodplain. In the case of flooding, the resilience of coastal cities to climate change should be based, principally, on non-structural measures and on an approach to urban water management or storm water management that differs from that of conventional urban drainage practices, which aim merely to remove as quickly as possible the excess runoff caused by heavy rain (which remains unable to infiltrate effectively).

The city of Recife, located in the Northeast Region of Brazil, at 08°04'03" S and 34°55'00" W is flanked to the east by the South Atlantic Ocean and contains a vast drainage network consisting of five main rivers and 99 canals, in an area of 218.50 km² with a population of around 1,537,700, according to Brazil's national census (IBGE, 2010).

Situated on a low-lying floodplain, the city is surrounded by a chain of low-lying hills. Highly urbanized, it has high levels of surface runoff and low levels of storm water infiltration. Swamp-lands prone to flooding tend to be occupied informally by the dwellings of low-income or very low-income communities, giving rise to a series of problems related to urban drainage, sanitary sewerage and other environmental issues. The elevation of the Recife floodplain ranges from one to ten meters above sea level, making it

224 Na região de baixios com risco de alagamento, ocorre a ocupação informal com habitações de população de renda baixa ou muito baixa com uma série de problemas de drenagem urbana, esgotamento sanitário e outros problemas ambientais. A planície do Recife apresenta, em seu território, cotas que variam de 1 a 10 metros acima do nível do mar, o que faz com que sofra grande influência da variação da cota da maré, sendo um dos fatores que contribui para os riscos de alagamento (CABRAL & ALENCAR, 2005).

O Painel Brasileiro de Mudança Climática (PBMC, 2013) destaca que o nível do mar está aumentando, e variações de 20 a 30 cm, esperadas para o fim do século XXI, já devem ser atingidas, em algumas localidades, até meados deste século ou antes disso. O PBMC também ressalta que, apesar de haver poucos estudos observacionais no Brasil em relação à variação do nível do mar, a cidade do Recife apresenta uma das variações mais significativas (1946-1987): 5,4 cm/déc. (cm por década).

2.1. REDE DE DRENAGEM

A macrodrenagem da cidade é constituída por 99 canais, com aproximadamente 133 km de extensão, sendo 62,4% desta revestida, e a microdrenagem compreende 1.558 km de galerias e canaletas (EMLURB, 2017). O sistema é formado por pequenos córregos canalizados que drenam bairros no interior da área e bairros circunvizinhos, contribuindo para o sistema estuarino. Essa configuração torna a planície do Recife uma zona de captura de drenagem superficial e as áreas mais baixas sujeitas a inundações, principalmente quando as chuvas mais intensas coincidem com as marés mais altas (CABRAL & ALENCAR, 2005).

A cidade do Recife apresenta riscos de alagamentos e inundações devido a diversas causas: chuvas torrenciais na própria área da cidade, chuvas torrenciais nas áreas mais elevadas das cidades vizinhas e inundações fluviais causadas por chuvas nas bacias hidrográficas dos rios que cortam a cidade, além da influência da maré alta (CABRAL & ALENCAR, 2005).

O Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife (PMDR) aborda que os problemas recorrentes do sistema de drenagem da cidade também são negativamente impactados por: uso do sistema de drenagem para escoamento de dejetos; ocupação das áreas de inundação; obstruções na macrodrenagem em virtude da presença de esgotos e crescimento da vegetação; galerias semiobstruídas e danificadas; vários assentamentos de baixa renda, localizados ao longo dos rios e canais, causando confinamento da calha fluvial; ocupação de morros e encostas, aumentando as vazões; e a formação de sedimentos que resultam em risco à vida da população (EMLURB, 2017).

highly susceptible to variations in the height of the tide, this being one of the factors that contributes most greatly to the risk of flooding (CABRAL & ALENCAR, 2005).

The Brazilian Panel on Climate Change (BPCC, 2013) estimates that sea levels are expected to rise, by 20 and 30 cm, by the end of the 21st century, and that the effects of this may be seen, in some areas, by mid-century or earlier. The BPCC also notes that, although there have been few empirical studies in Brazil in relation to variations in sea level, the city of Recife has seen one of the most significant variations — of 5.4 cm per decade — between 1946 and 1987.

2.1. THE DRAINAGE NETWORK

The city's macro-drainage system contains 99 canals, with a total length of around 133 km, 62.4% of them reinforced. The micro-drainage system consists of 1,558 km of sewers and guttering (EMLURB, 2017). The system is made up of small canalized streams that drain neighborhoods into the inner part of the area and surrounding locations, feeding the estuarine system. This configuration turns the Recife floodplain into a surface drainage capture zone and makes lower-lying areas prone to flooding, especially when the heaviest rains coincide with high tides (CABRAL & ALENCAR, 2005).

The city of Recife is susceptible to flooding and inundation for various reasons: torrential rains in the city itself, torrential rains in the upland parts of neighboring cities, and fluvial inundation caused by rain in the drainage basins of the rivers that run through the city, in addition to the influence of high tides (CABRAL & ALENCAR, 2005).

The Municipal Plan for Storm Water Drainage and Management in Recife (PMDR) addresses the fact that the city's recurrent drainage system problems are also negatively affected by: a) the use of the drainage system for disposal of waste; b) the occupation of areas prone to flooding; c) macro-drainage obstructions caused by the presence of sewage and growth of vegetation; d) damaged and partially blocked sewers; e) low-income settlements located along rivers and canals, causing constriction of the river channel; f) occupation of hillsides, increasing water runoff in these areas; and g) the formation of sediment that puts the lives of citizens at risk (EMLURB, 2017).

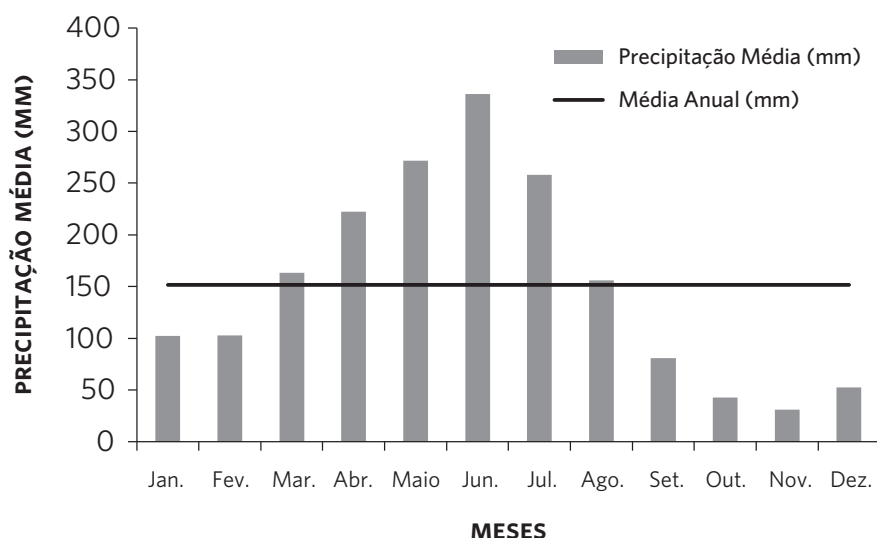


FIGURA 3
Comportamento pluviométrico médio da região litorânea de Pernambuco com média dos meses separando os meses secos e úmidos.

FIGURE 3
Mean rainfall in coastal part of the State of Pernambuco showing means for each month and dry and rainy seasons.

A. Recife - Caxangá

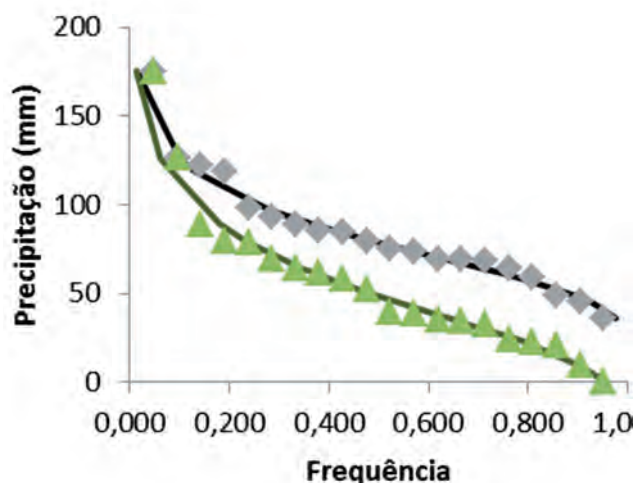


FIGURA 4
Curva de permanência para a PMDA (em cinza) e PMDM (em verde) com a distribuição de Gumbel.

B. Recife - Várzea

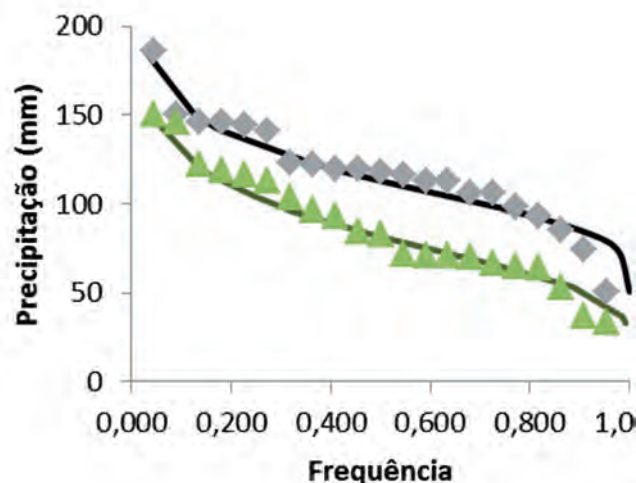


FIGURE 4
Duration curve for AMDR (in gray) and MMDR (in green) with Gumbel distribution.

2.2. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DO RECIFE

Na Figura 3, são apresentadas as médias mensais e a média anual da região litorânea de Pernambuco. Os meses com precipitação menor que a média (de setembro a fevereiro) são considerados como período seco, enquanto os meses com a precipitação maior que a média (de março a agosto) são considerados como período úmido. Pode-se notar uma maior precipitação no mês de junho.

2.2. RAINFALL IN THE CITY OF RECIFE

Figure 3 shows the monthly and annual means for rainfall in the coastal part of the State of Pernambuco. The months with lower than average precipitation (September to February) are considered to be the dry season, while those with higher than average precipitation (March to August) are considered to be the rainy season. The month with the highest rainfall is June.

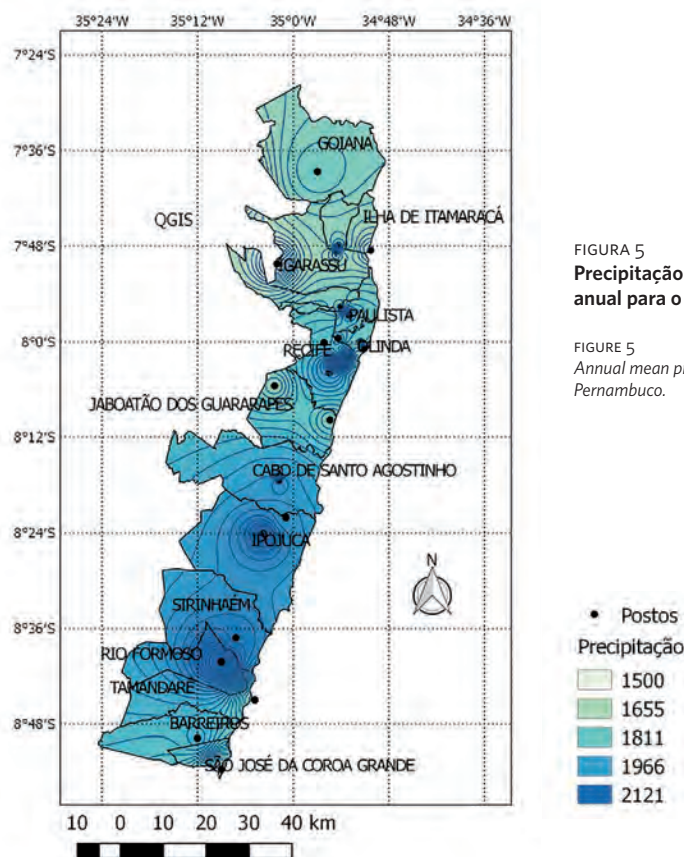


FIGURA 5
Precipitação pluviométrica média anual para o litoral pernambucano.

FIGURE 5
Annual mean precipitation for coastal Pernambuco.

Na Figura 4, são apresentadas as curvas de permanência para a precipitação máxima diária anual (PMDA) e para a precipitação máxima diária mensal (PMDM) para cada estação em estudo, em que é possível comprovar a aderência dos dados empíricos e teóricos de forma gráfica. As curvas de permanência da Figura 4 apresentam a precipitação pluviométrica máxima de um dia (eixo da ordenada) e sua probabilidade de ser igualada ou superada (eixo da abscissa).

Na Figura 5, é exposto o regime pluviométrico através das médias anuais da pluviometria da região litorânea do Estado de Pernambuco, onde se observa maior valor na região que circunda o posto Rio Formoso (102) e menores valores na área que cerca o posto Igarassu (269).

2.3. ESTUDOS SOBRE CHUVAS INTENSAS NA CIDADE DO RECIFE E NA REGIÃO METROPOLITANA

Os primeiros estudos para determinação de relações entre a precipitação pluviométrica, a duração e o tempo de retorno para localidades brasileiras foram realizados por Pfafstetter (1957). Em seu trabalho, foram estabelecidas curvas i-d-f (intensidade-duração-frequência) para 98 postos localizados em diferentes regiões do Brasil. Na época, foram contempladas duas cidades de Pernambuco — Olinda e Nazaré da Mata. Apesar da data de publicação, até o fim da década de 1970 nenhuma atualização havia sido realizada para as

Figure 4 shows the duration curves for annual maximum daily rainfall (AMDR) and monthly maximum daily rainfall (MMDR) for each station included in the study, illustrating the similarity between empirical data and theoretical projections. These duration curves show the maximum rainfall recorded for one day (x axis) and the probability of this being equaled or surpassed (y axis).

Figure 5 shows the means for average rainfall in the coastal parts of the State of Pernambuco, the highest values being recorded for the area surrounding the Rio Formoso weather station (102) and the lowest for the area surrounding the Igarassu station (269).

2.3. STUDIES OF HEAVY RAINFALL IN RECIFE AND THE METROPOLITAN REGION

The first studies to determine the relation between levels, duration and recurrence intervals for rainfall in locations in Brazil were carried out by Pfafstetter (1957). These established IDF (intensity-duration-frequency) curves for 98 stations located in different regions of Brazil, including two cities in Pernambuco – Olinda and Nazaré da Mata. Surprisingly, the data collected for these cities by Pfafstetter would not be updated until the late 1970s. These IDF relations were the only information used to determine the dimensions of hydraulic installations and to model hydrological event scenarios in cities that sometimes saw rates much greater than those suggested

EQ 1

i : intensidade de precipitação [mm/h]
 T : período de retorno [anos]
 t : duração da chuva [minutos]
 Adotar estas unidades para todas as equações i-d-f.

$$i = \frac{335,47 \cdot T^{0,218}}{(t + 4)^{0,539}}$$

EQ 1

i : intensity of precipitation [mm/h]
 T : recurrence interval [years]
 t : duration of rainfall [minutes]
 Adopting these units for all IDF equations.

$$i = \frac{335.47 \cdot T^{0.218}}{(t + 4)^{0.539}}$$

EQ 2

$$i_1 = \frac{456,768 \cdot (T - 1,5)^{0,117} \cdot (1 - 4,54 \cdot 10^{-21} \cdot t^8)}{(t + 6)^{0,5811}}$$

EQ 2

$$i_1 = \frac{456.768 \cdot (T - 1.5)^{0.117} \cdot (1 - 4.54 \cdot 10^{-21} \cdot t^8)}{(t + 6)^{0.5811}}$$

EQ 3

$$i_2 = \frac{72,153 \cdot (T - 1,75)^{0,173}}{(t + 1)^{0,74926}}$$

EQ 3

$$i_2 = \frac{72.153 \cdot (T - 1.75)^{0.173}}{(t + 1)^{0.74926}}$$

EQ 4

$$i = \frac{1423,97 T^{0,1124}}{(t + 21)^{0,7721}}$$

EQ 4

$$i = \frac{1423.97 T^{0.1124}}{(t + 21)^{0.7721}}$$

EQ 5

$$i = \frac{662,83 T^{0,2522}}{(t + 3,78)^{0,7489}}$$

EQ 5

$$i = \frac{662.83 T^{0.2522}}{(t + 3.78)^{0.7489}}$$

EQ 6

$$i = \frac{362,72 T^{0,2129}}{(t + 4,12)^{0,5824}}$$

EQ 6

$$i = \frac{362.72 T^{0.2129}}{(t + 4.12)^{0.5824}}$$

cidades determinadas por Pfafstetter. Essas relações i-d-f eram as únicas informações utilizadas por projetistas para o dimensionamento e a modelagem de obras hidráulicas e cenários de eventos hidrológicos nas cidades, que, por vezes, extrapolavam essas equações e as admitiam válidas para regiões próximas.

Particularmente, a cidade do Recife dispõe de duas equações de chuva elaboradas pelas consultoras Encibra, contratada pela Prefeitura do Recife no fim da década de 1970, e Acqua-Plan, contratada pela Fidem em 1980, em que foram tomados como base os dados históricos entre 1926 e 1977, observados nos postos de Olinda e do Curado. Ressalta-se que apenas a equação i-d-f estabelecida pela Encibra (1978) foi obtida especificamente para a cidade do Recife (Equação 1).

As equações elaboradas pela Acqua-Plan se referem à Região Metropolitana do Recife (RMR). Em seu estudo, a consultora estabeleceu duas equações i-d-f. Nas equações da chuva elaboradas pela Acqua-Plan (1980) para a RMR, adota-se o valor máximo entre as Equações 2 e 3.

Ramos e Azevedo (2010) realizaram a atualização da equação i-d-f para a cidade do Recife, a partir de uma série de 40 anos (de 1968 a 2007), para um posto pluviográfico situado no Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre, resultando na Equação 4.

Coutinho *et al.* (2010) desenvolveram duas equações i-d-f para o Recife, baseadas em uma série de precipitações máximas diárias, adotando o Método das Relações entre Durações (Equação 5) e o Método de Bell (Equação 6).

Na Figura 6, é apresentada a aplicação das equações i-d-f para a cidade do Recife determinadas pelos autores citados anteriormente para cenários com duração da chuva de 120 min (2 horas) e tempos de retorno de 2, 10, 50 e 100 anos.

De maneira geral, as curvas i-d-f possuem fundamental importância para o projeto dos sistemas convencionais e alternativos para drenagem urbana e são amplamente utilizadas pelos engenheiros hidrólogos para a concepção dos hietogramas e hidrogramas de projeto. No entanto, é necessário atualizá-las face aos desafios dos diversos cenários de mudanças climáticas.

Recomenda-se que sejam avaliados os cenários mais prováveis do painel intergovernamental de mudanças climáticas para que curvas i-d-f baseadas em cenários futuros sejam apresentadas como alternativas a serem utilizadas nos diversos projetos de engenharia.

by these figures that were assumed also to be valid for nearby regions.

The city of Recife in particular has two rain equations, drawn up by consultants from Encibra hired by Recife City Hall in the late 1970s, and from Acqua-Plan, hired by FIDEM in 1980, based on historical data from the period between 1926 and 1977 gathered at the Olinda and Curado weather stations. It should be noted that only the IDF equation drawn up by Encibra (1978) was obtained specifically for the city of Recife (Equation 1).

The equations drawn up by Acqua-Plan are for the Recife Metropolitan Region (RMR). The consultants' study established two IDF equations. In the rain equations drawn up by Acqua-Plan (1980) for RMR, the equation producing the higher value of Equations 2 and 3 is adopted.

Ramos & Azevedo (2010) updated the IDF equation for the city of Recife based on the data for the series of 40 years between 1968 and 2007 for a rain gauge station situated at Recife's Guararapes-Gilberto Freyre International Airport, to produce Equation 4.

Coutinho *et al.* (2010) developed two IDF equations for Recife based on a series of maximum daily rainfall measurements, adopting the Relations between Durations Method (Equation 5) and the Bell Method (Equation 6).

Figure 6 demonstrates the application of IDF equations to the city of Recife as performed by the aforementioned authors for scenarios involving rainfall duration of 120 min (2 hours) and recurrence intervals of 2, 10, 50 and 100 years.

Generally speaking, IDF curves are of fundamental importance for both conventional and alternative urban drainage systems projects and are widely used by hydrological engineers to draw up project hyetographs and hydrographs. However, these need to be updated to incorporate various climate change scenarios.

It is recommended that the most probable intergovernmental climate change panel scenarios be assessed so that IDF curves based on future scenarios are presented as alternatives for use in various engineering projects.

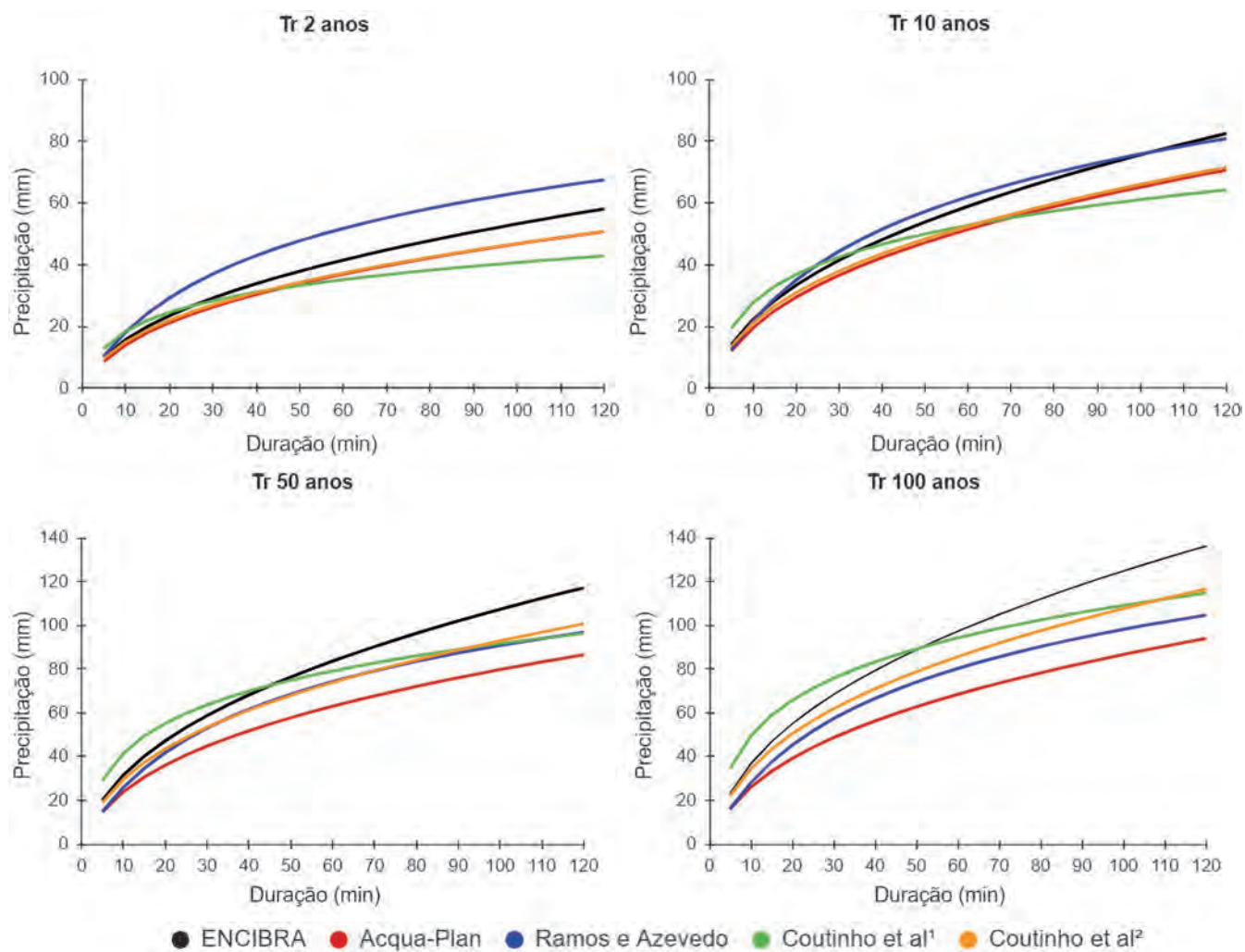


FIGURA 6
Aplicação das equações i-d-f para a cidade do Recife.

FIGURE 6
Application of IDF equations to city of Recife.

3. MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS E O USO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS

3. URBAN STORM WATER MANAGEMENT AND THE USE OF ALTERNATIVE TECHNOLOGIES

230 3.1. COMPREENDENDO A EVOLUÇÃO DA DRENAGEM URBANA

3.1. UNDERSTANDING THE EVOLUTION OF URBAN DRAINAGE

De forma objetiva, a evolução dos sistemas de drenagem urbana pode ser dividida em três fases, como apresentado na Figura 7.

The evolution of drainage systems can be divided into three phases, as presented in Figure 7.

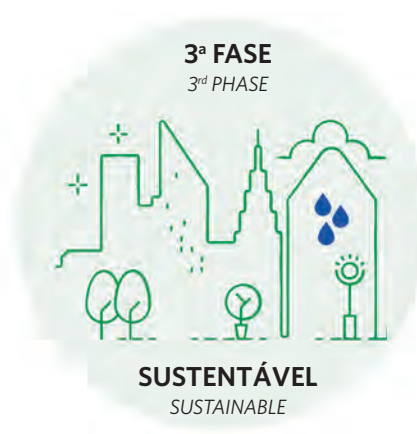


FIGURA 7
Fases do sistema de drenagem urbana.

FIGURE 7
Phases of Urban Drainage System.

A primeira fase da drenagem urbana, conhecida como *fase higienista*, ou *sanitarista*, foi iniciada na Europa no fim do século XIX, perdurando até 1970, aproximadamente. Nesta fase, as águas do meio urbano, inclusive as de abastecimento humano após seu uso, geralmente eram descartadas a jusante dos mesmos corpos de água de onde era retirada a água para consumo humano; quando não, eram lançadas em vias públicas, ocasionando a proliferação de vetores e doenças. Essa problemática ganhava maiores proporções em períodos chuvosos, quando o aumento do volume das águas que circulavam nas ruas proporcionava alagamentos e riscos à saúde. Na época, a ideia era eliminar rapidamente essas águas sujas, conduzindo as águas da chuva e dos esgotos através de canalizações subterrâneas para longe das cidades, ou seja, lançar para longe todas as águas que não servissem mais.

A segunda fase, de 1970 a 1990, foi marcada por uma preocupação dos sanitaristas com a saúde pública, concebendo sistemas diferentes para as águas pluviais e os esgotos, porém preservando o conceito do rápido escoamento das águas. Foram, então, desenvolvidos estudos, conceitos e modelos para racionalizar e normatizar cálculos hidrológicos utilizados no dimensionamento das canalizações e obras hidráulicas, caracterizando esta fase como *racionalista*, *normativa* ou *corretiva*. Porém, à medida que as cidades cresciam, as superfícies impermeáveis adquiriam maiores áreas, intensificando o escoamento superficial e sobrecarregando o sistema existente.

The first phase of urban drainage, known as the *hygienist*, or *sanitary phase*, began in Europe in the late 19th century and lasted until around 1970. In this phase, water from the environment, including that used by human beings, was generally disposed of downstream in the same bodies of water from which the water for human consumption had been drawn. When this was not possible, they were disposed of on public streets, leading to the proliferation of vectors and diseases. This problem worsened during periods of rainfall when the increased volume of water circulating in the streets caused flooding and conditions hazardous to human health. It was believed at that time that it was necessary to remove storm water and sewage, which was seen as dirty and no longer serviceable, as quickly as possible from the city by way of underground pipes and channels.

The second phase, between 1970 and 1990, was marked by growing concern for public health among sanitary engineers, who started to design different systems for storm water and sewage, while retaining the concept of rapid runoff of water. Studies, concepts and models were thus developed to rationalize and standardize the hydrological calculations used to determine the size of channels and hydraulic works. This phase is known as the *rationalist*, *normative* or *corrective* phase. However, as cities grew, the amount of soil sealing increased with it, producing ever greater quantities of surface runoff and overloading the existing system.

A partir disso, percebeu-se que o sistema de drenagem urbana tradicional precisava ser repensado, pois não acompanhava o crescimento e a expansão urbanos. Era necessário conceber ou complementar o sistema atual com medidas que auxiliassem na gestão das águas pluviais de maneira harmônica e que se sustentasse no meio urbano. Assim, a partir de 1990, foram introduzidas novas abordagens ecológicas e novos avanços tecnológicos na drenagem urbana, caracterizando a terceira fase, conhecida como *fase sustentável da drenagem urbana*. Essa fase se destaca pelo conceito de manejo das águas pluviais urbanas, visando à melhoria no gerenciamento da infraestrutura urbana, associada à reorganização e ocupação dos espaços, potencializando os mecanismos naturais de escoamento e caminho das águas.

A Lei Federal nº 11.445/2007 estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, englobando os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais. O manejo das águas pluviais engloba um conjunto de atividades, infraestrutura e instalações relacionadas às operações de transporte, detenção ou retenção das águas de chuva para o amortecimento de vazões de cheias. Ou seja, o manejo das águas pluviais urbanas tende a atuar sobre as causas dos problemas e não nas consequências como sobrecarga do sistema de drenagem urbana tradicional e alagamentos, buscando o equilíbrio entre o ser humano e o ambiente em que está inserido.

Iniciativas têm sido desenvolvidas no intuito de efetivar ações de manejo adequado das águas pluviais em meio urbano, principalmente internacionalmente, recebendo diferentes nomenclaturas, como *Low Impact Development* (LID), *Best Management Practices* (BMP), *Sustainable Drainage Systems* (SuDS) e *Water Sensitive Urban Design* (WSUD). De maneira geral, todas essas iniciativas apresentam uma estratégia de manejo das águas pluviais que visa à conservação ou ao resgate das características naturais pré-urbanização, de forma a integrar o desenvolvimento urbano com ações, técnicas e dispositivos de controle das águas pluviais em diferentes escalas da área urbana. Algumas estratégias adotadas, seja por ações, seja por adoção de dispositivos, são denominadas de *técnicas alternativas* ou *compensatórias em drenagem urbana* e têm como função:

- Proporcionar suporte ao sistema de drenagem existente.
- Controlar a produção do escoamento, através da minimização ou desconexão das superfícies impermeáveis.
- Aumentar as áreas de retenção e infiltração das águas pluviais.
- Proteger a qualidade das águas e os ecossistemas aquáticos.
- Promover maior interação entre a paisagem urbana, as pessoas e as águas — córregos, canais e rios —, proporcionando benefícios ambientais, estéticos e econômicos.

After this, people came to realize that the traditional urban drainage system needed to be reconsidered, since it was proving insufficient to keep pace with the growth and expansion of cities. There was a need to re-conceive or complement the existing system using measures that helped to manage rainwater in a manner that is sustainable and in harmony with the urban environment. Thus, from the early 1990s onwards, new ecological approaches and new technological advances in urban drainage began to be introduced. This phase is known as the *sustainable urban drainage* phase and is characterized by the management of urban storm water in such a way as to improve management of urban infrastructure and the reorganization and occupation of space by improving natural water flow and runoff mechanisms.

Federal Law nº 11,445/2007 establishes national guidelines for basic sanitation, encompassing drinking water supply services, sanitary sewerage, urban cleaning, management of solid waste and drainage, and storm water management. Storm water management in turn encompasses a range of activities, including the installation of infrastructure and installations relating to transport operations, and the detention or retention of storm water to mitigate flooding. In other words, the management of urban storm water acts on the causes of problems rather than consequences such as overload of the traditional urban drainage system and flooding, thereby seeking to achieve equilibrium between human beings and the environment in which they live.

A number of initiatives have been developed to undertake more effective storm water management in urban areas, especially at international level. This has received various names, including *Low Impact Development* (LID), *Best Management Practices* (BMP), *Sustainable Drainage Systems* (SuDS) and *Water Sensitive Urban Design* (WSUD). Generally speaking, all these initiatives adopt a storm water management strategy that aims to conserve or recover the natural characteristics of the site prior to urbanization, in such a way as to integrate urban development by way of actions, techniques and methods that aim to control storm water on a variety of scales. Some of these strategies have been termed *alternative or compensatory urban drainage techniques* and aim to:

- provide support for the existing drainage system;
- control the production of runoff, by minimizing or breaking up impermeable surfaces;
- increase the number of storm water retention and infiltration areas;
- protect the quality of water and aquatic ecosystems;
- promote greater interaction between urban landscape, people, and water — streams, canals and rivers — with consequent environmental, aesthetic and economic benefits.

232 3.2. TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA O MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

As técnicas alternativas se distinguem entre si, dependendo da forma como são implementadas (Figura 8). Algumas técnicas não necessitam de obras de engenharia para serem postas em prática e, por isso, são denominadas de *técnicas alternativas não estruturais*. Elas apresentam uma função mais social e legislativa, a exemplo de ações de educação e preservação ambiental por parte da população; ou ações de fiscalização e manutenção dos serviços já estabelecidos. Caso a técnica seja implantada através de obras de engenharia, são denominadas de *técnicas estruturais*, atuando na microdrenagem através de sistemas de captação e coleta das águas pluviais e na macrodrenagem através de dispositivos que promovam o transporte e o afastamento das águas pluviais.

No manejo das águas pluviais em áreas urbanas, um dos aspectos mais importantes é proporcionar uma resposta à impermeabilização progressiva do solo, objetivando tornar a cidade mais permeável. Dessa forma,

3.2. ALTERNATIVE STORM WATER MANAGEMENT TECHNIQUES

Alternative techniques can be categorized according to the way they are implemented (Figure 8). Some techniques do not require engineering works and are thus called *non-structural alternative techniques*. These are more social or legislative in nature, taking the form, for example, of public education and environmental protection, or inspection and maintenance of already existing systems. If the techniques involve engineering work, they are called *structural techniques*, operating, in the case of micro-drainage, by way of storm water capture and collection systems and, in the case of macro-drainage, by way of structures that transport and remove storm water.

One of the most important aspects of urban storm water management is the need to respond to increasing soil sealing and to attempt to make the city more permeable. Structural alternative techniques are thus installed strategically, at the source of the runoff or to receive runoff from a



FIGURA 8
Tipos de técnica alternativa.

FIGURE 8
Types of Alternative Technique.

NÃO ESTRUTURAIS

Estas técnicas estão mais relacionadas à valorização e preservação do meio ambiente, onde ações sociais e educacionais são muito importantes.

Exemplos:

- Planejamento e regulação do uso do solo
- Participação popular e educação ambiental
- Recuperação de matas ciliares
- Criação de parques lineares

NON-STRUCTURAL

These techniques aim to generate more respect and preservation in relation to the natural environment and social and educational actions are especially important.

Examples:

- Planning and regulation of use of land
- Public participation and environmental education
- Regeneration of riverbank vegetation
- Creation of linear parks

ESTRUTURAIS

Estas técnicas estão mais relacionadas à intervenções no meio urbano, através de obras de engenharia, onde aspectos técnicos são muito importantes.

Exemplos:

- Pavimento permeável
- Teto verde
- Trincheira de infiltração
- Jardim de chuva
- Bacia de detenção

STRUCTURAL

These techniques involve more extensive interventions in relation to the urban environment, by way of engineering works, whose technical aspects are especially important.

Examples:

- Permeable paving
- Green roofs
- Infiltration trenches
- Rain gardens • Detention basins



NA FONTE

Dispositivos que possuem sua superfície como controladora do escoamento superficial.
Exemplos: Teto verde e pavimento permeável.

AT SOURCE

Devices whose surface acts to control surface runoff.
Examples: Green roofs and permeable paving.



LOCAL

Dispositivos que recebem e controlam o escoamento superficial gerado por uma pequena área impermeável como telhados.
Exemplos: cisterna e jardim de chuva.

LOCAL

Devices that receive and control surface runoff generated by small soil-sealed areas, such as rooftops.
Examples: water tanks and rain gardens.



LINEAR

Dispositivos que recebem o escoamento superficial de áreas lineares como estradas e calçadas.
Exemplos: Vala e trincheira de infiltração.

LINEAR

Devices that receive surface runoff from linear areas such as streets and pavements.
Examples: Ditches and infiltration trenches.



CENTRALIZADA

Dispositivos posicionados estrategicamente para receberem o escoamento superficial de várias áreas como ruas e avenidas.
Exemplos: Bacia de detenção.

CENTRALIZED

Devices strategically positioned to receive surface runoff from various areas, such as streets and avenues.
Examples: Detention basins.

FIGURA 9

Classificação das técnicas alternativas de acordo com a forma de controle das águas pluviais.

FIGURE 9

Classification of alternative techniques according to form of control of storm water.

234 as técnicas alternativas estruturais são executadas de maneira estratégica, seja no local da geração do escoamento, seja para receber escoamento de uma determinada área. Portanto, os objetivos dessas medidas estruturais são:

- Reduzir os picos de vazão gerados pelas chuvas intensas, buscando mitigar volumes escoados na fonte.
 - Favorecer a infiltração local.
 - Evitar a sobrecarga nas tubulações e os possíveis alagamentos.
 - Minimizar o volume de água transportado para o exutório da rede de coleta de água de chuva.
 - Reduzir a necessidade de estender e atualizar continuamente a rede de drenagem tradicional para drenar áreas urbanas cada vez maiores.
- As técnicas alternativas podem ser classificadas de acordo com:
- Forma de controle dos volumes das águas pluviais (Figura 9): na fonte, local, linear ou centralizada.
 - Princípio de funcionamento (Figura 10): retenção, armazenamento, detenção ou infiltração.

As chamadas *técnicas alternativas* vêm sendo implantadas e estudadas em espaços urbanos, havendo um importante interesse em se conhecer as diferenças no desempenho de cada uma. Através de pesquisas científicas desenvolvidas pela Universidade Federal de Pernambuco, algumas técnicas alternativas vêm sendo implantadas e estudadas em municípios como Recife e Caruaru, a exemplo de teto verde (SANTOS, 2011; SANTOS *et al.*, 2013), jardim de chuva (MELO, 2011; MELO *et al.*, 2014), pavimento permeável (COUTINHO, 2011; RIBAS, 2017; COSTA & COUTINHO, 2018; MARINHO, 2018) e trincheira de infiltração (MELO, 2015; MELO *et al.*, 2016a; MELO *et al.*, 2016b; BEZERRA, 2018).

certain location. The aims of these structural techniques are thus:

- to mitigate peak flows generated by heavy rain, seeking to reduce the volume of runoff at source;
- to promote infiltration in the local environment;
- to avoid overloading piping and possible flooding;
- to minimize the volume of water transported by the storm water collection network outlet;
- reduce the need to continuously extend and upgrade the traditional drainage network to serve increasingly larger urban areas.

Alternative techniques can be classified according to:

- the way they control volumes of storm water (Figure 9): at source, locally, in a linear, or in a centralized fashion;
- the principle underlying their functioning (Figure 10): retention, storage, detention or infiltration.

So-called *alternative techniques* have been installed and studied in various urban areas and there has been particular interest in investigating differences in the performance of each type. As part of scientific studies carried out by the Federal University of Pernambuco, a number of alternative techniques are being installed and studied in municipalities such as Recife and Caruaru. These include green roofs (SANTOS, 2011; SANTOS *et al.*, 2013) rain gardens (MELO, 2011; MELO *et al.*, 2014), permeable paving (COUTINHO, 2011; RIBAS, 2017; COSTA & COUTINHO, 2018; MARINHO, 2018) and infiltration trenches (MELO, 2015; MELO *et al.*, 2016a; MELO *et al.*, 2016b; BEZERRA, 2018).



RETENÇÃO

Dispositivos com superfícies que retardam ou anulam o escoamento superficial, através de processos de interceptação vegetal e evapotranspiração.
Exemplo: Teto verde.

RETENTION

Devices with surfaces that slow or eliminate surface runoff, by way interception by vegetation and evapotranspiration.
Example: Green roofs.



ARMAZENAMENTO

Dispositivos com proporcionam a guarda temporária das águas pluviais coletadas por superfícies como telhados, para serem utilizadas posteriormente.
Exemplo: Cisterna.

STORAGE

Devices that provide temporary storage of storm water accumulating on surfaces such as rooftops, to for subsequent use.
Example: water tanks.



DETENÇÃO

Dispositivos que reservam as águas pluviais coletadas por superfícies como ruas e avenidas, para serem lançadas gradativamente no sistema de drenagem urbana tradicional.
Exemplo: Bacia de retenção.

DETENTION

Devices that store storm water accumulated on surfaces such as roads and avenues, to be released gradually into the traditional urban drainage system.
Example: Detention basins.



INFILTRAÇÃO

Dispositivos que permitem a passagem das águas pluviais da superfície para o interior do solo, proporcionando a recarga dos aquíferos.
Exemplo: Trincheira de infiltração.

INFILTRATION

Devices that enable the passage of storm water from the surface to the interior of soil, replenishing groundwater.
Example: Infiltration trenches.

FIGURA 10

Classificação das técnicas alternativas de acordo com o princípio de funcionamento.

FIGURE 10

Classification of alternative techniques according to underlying function.

Diante do exposto, é fundamental que haja um adequado e integrado planejamento quanto à ocupação territorial urbana, a fim de se buscar a implantação de soluções para a convivência com as águas de forma harmônica.

A questão social e o controle do uso e da ocupação do solo, bem como ações ambientalmente sustentáveis, fazem parte de um novo contexto que contempla também a necessidade de garantir a resiliência nos ambientes urbanos, decorrentes dos eventos extremos intensificados pelas mudanças climáticas.

As mudanças climáticas e seus efeitos são observados em todo o mundo com grandes impactos no ciclo da água: elevação do nível do mar, interrupção dos padrões sazonais de chuvas, aumento da temperatura média, secas, ondas de calor e ocorrência de eventos extremos mais frequentes. A maior parte desses fenômenos já começa a ser notada pela população, e, particularmente, a cidade do Recife e sua Região Metropolitana necessitam de planos para mitigá-los.

Esses impactos climáticos têm repercussões na acessibilidade e continuidade dos serviços de água e saneamento, devido à diminuição da disponibilidade e à deterioração da qualidade dos recursos hídricos, mas também devido aos impactos diretamente sobre os componentes de serviço (infraestrutura e equipamentos, operação e qualidade de serviço, etc.). Isso aumenta as vulnerabilidades já existentes em decorrência do crescimento da população e urbanização. Os impactos sociais, econômicos e na saúde podem ser graves, principalmente nos países em desenvolvimento e nas populações mais pobres e expostas. Desse modo, a gestão integrada dos serviços relacionados aos recursos hídricos deve levar em consideração os efeitos das mudanças climáticas. Na cidade do Recife, essa necessidade é urgente, uma vez que, em muitos indicadores relacionados ao saneamento, principalmente, o desempenho é insatisfatório, e há muito a ser feito.

Levar em consideração as mudanças climáticas e seus efeitos é, portanto, essencial para o desenvolvimento de serviços de água e saneamento. Isso é ainda mais urgente, pois desconsiderar ou minorar o efeito das alterações pode multiplicar riscos futuros. É necessário um bom entendimento dos impactos e desafios antes de qualquer ação, em conexão com os objetivos globais das estruturas e acordos internacionais como o Acordo Climático de Paris. Além disso, é necessário fomentar acordos e parcerias regionais e nacionais, bem como o consórcio entre as Regiões Metropolitanas e os estados.

A adaptação e a mitigação representam duas abordagens complementares que podem ser adotadas pela cidade do Recife, possibilitando prever respostas diferentes para reduzir a vulnerabilidade. Portanto, é necessária uma mudança de paradigma nas prioridades e práticas, em particular para saber como gerenciar as incertezas ligadas aos cenários climáticos e evitar a falta de adaptação.

In view of this, effective integrated planning of urban development is essential for the implementation of solutions that involve harmonious coexistence with water.

Social issues, such as the planning of use and occupation of land, as well as environmental sustainability, are essential for the new context in which there is a need to ensure the resilience of urban environments in the face of extreme weather events exacerbated by climate change.

Climate change and its effects can be seen all over the world and have had a huge impact on the water cycle: raising sea levels, disrupting seasonal rainfall patterns, pushing up average temperatures, and increasing the frequency droughts and heat waves, and the occurrence of extreme weather events. Most of these phenomena have already been noticed by the population, and they are especially apparent in the Recife Metropolitan Region, where there is an urgent need for plans to mitigate them.

These climate impacts have repercussions in terms of accessibility to and continuity of water and sanitation services, owing to the reduced availability and deterioration in quality of water resources, but also as a result of direct impacts on service components (infrastructure and equipment, operation and quality of service, and so forth). This increases already existing vulnerabilities caused by population growth and rapid urban development. The social, economic and health impacts of this may be severe, especially in developing nations and in the disadvantaged sectors of the population that are more exposed. Integrated management of services related to water resources should thus take into consideration the effects of climate change. In the city of Recife, there is an urgent need for this, since for many, principally sanitation, indicators, current performance is unsatisfactory, and much therefore needs to be done.

Consideration of climate change and its effects is thus essential for the development of water and sanitation services. This is made even more urgent by the fact that disregarding or downplaying the seriousness of such changes may increase the danger in the future. There is a need for good understanding of the impacts caused and challenges posed before any action is taken in connection with the overall goals of international structures and agreements such as the Paris Climate Accords. Furthermore, there is a need to promote regional and national partnerships and accords, and to set up consortia involving various metropolitan regions and states.

Adaptation and mitigation are two complementary approaches that could be adopted by the city Recife, making it possible to envisage differing ways of reducing vulnerability. There is therefore a need for a change of paradigm regarding practices and priorities, especially in terms of knowing how to manage the uncertainties surrounding possible climate scenarios and avoiding failure to adapt.

A implementação de atividades de adaptação ou mitigação envolve a integração de riscos climáticos em todos os processos e em todos os níveis das gestões nacional, estadual e municipal. Ela deve ser facilitada por uma etapa de diagnóstico inicial que permita avaliar a vulnerabilidade, a exposição e o grau de risco de cada perigo, tanto no nível local quanto no das bacias hidrográficas.

A escolha de soluções deve favorecer abordagens sinérgicas e multissetoriais. Abordagens já existentes, como gerenciamento integrado de recursos hídricos, abordagens baseadas na natureza, como as técnicas compensatórias para a drenagem urbana, planos de gerenciamento de segurança hídrica ou o conceito de economia circular podem ajudar a projetar soluções apropriadas e sustentáveis.

Com efeito, o monitoramento de iniciativas e o compartilhamento de experiências entre os atores devem ser fortemente incentivados, assim como a pesquisa sobre os efeitos das mudanças climáticas. Sem isso, a promoção e o aprimoramento de práticas permanecerão insuficientes para gerar respostas de longo prazo.

The implementation of adaptation or mitigation activities involves the incorporation of risks related to climate change in all processes and in management at all levels of government — national, State and municipal. This should be facilitated by an initial diagnostic stage to assess vulnerability, exposure, and the degree of risk of each threat, both locally and in relation to the drainage basin as a whole.

The choice of solution should favor synergistic and multi-sector approaches. Methods already in existence, such as integrated management of water resources, approaches based on nature, such as sustainable urban drainage systems, water security management plans and the concept of the circular economy, may help to create appropriate sustainable solutions.

As a result, the monitoring of initiatives and the sharing of experiences among actors should be strongly encouraged, along with research into the effects of climate change. Without this, the promotion of good practices and the improvement of existing ones will remain insufficient to generate long-term solutions.

Nesta publicação, buscamos o aprofundamento no conhecimento dos problemas que envolvem, nos dias atuais, a questão da drenagem na cidade do Recife.

Agregamos a imersão no conhecimento e reconhecimento dos problemas da drenagem às soluções indicadas em termos de diretrizes de ação, propostas de programas e projetos para diluir esse impasse atual e o futuro. Os mais elementares tecidos que formam o planeta passam por mudanças profundas pela má relação de exploração do Homem com a natureza. O meio ambiente, de certa maneira, condiciona o estudo da drenagem com o rebaixamento na saúde e no bem-estar em geral. As propostas de solução apresentadas devem ser implementadas na busca de um estado desejado (uma cidade mais saudável e ecologicamente equilibrada), tendo como horizonte o ano de 2037, quando o Recife será a primeira cidade, entre as capitais brasileiras, a completar 500 anos.

O desafio é grande, mas, de tudo o que foi exposto nesta publicação, podemos concluir que é perfeitamente realizável. Decerto, demanda um esforço comum de todos: governo, formadores de opinião, acadêmicos, agentes de comunicação, empresários e da sociedade em geral.

Destaca-se, nesse esforço, a providencialidade para atingir alguns objetivos que se fazem prementes, em especial aos atores e agentes envolvidos ao longo do tempo, alguns mais quantificáveis e outros que requerem uma mudança de mentalidade e comportamento. Entre esses objetivos, ratificamos a mudança de paradigma no trato das questões da drenagem; a consecução das diretrizes, das propostas de programas e dos projetos apontados no Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife; um esforço comum de mobilização de recursos públicos e privados; e um trabalho de conscientização sobre a participação da população, visando alcançar as metas estipuladas.

Mais especificamente, no conjunto de ações indicadas é possível destacar as que se apresentam com mais urgência (algumas, inclusive, já em curso):

- Empreender campanhas de comunicação voltadas a conscientizar a população da adoção de um novo paradigma no trato das questões da drenagem.
- Promover a captação de recursos e realizar a dragagem dos três principais rios da cidade: Beberibe, Capibaribe e Tejiú, com ênfase neste último.
- Continuar a realização de obras e serviços visando à redução dos pontos críticos no sistema viário.
- Concluir o revestimento dos canais iniciados e não concluídos.
- Executar o revestimento dos canais projetados no PMDR.
- Realizar, de forma gradual, a retirada das habitações implantadas na pequena e média calhas dos rios e canais, de acordo com as indicações do PMDR e do Plano de Habitação do Recife.

In this publication, we have attempted to provide in-depth knowledge of contemporary problems relating to drainage in the city of Recife.

In addition to fostering knowledge and promoting recognition of drainage problems, we have also presented guidelines for action and project and program proposals that have been suggested as ways of providing solutions to existing and future scenarios. The most elementary components of the planet are undergoing profound changes caused by the inappropriate exploitation of nature by human beings. The environment, to some extent, determines the study of drainage, which in turn has a significant impact on human health and general well-being. The solutions proposed here should be implemented without delay as a way of achieving a healthier, more ecologically balanced city by the year 2037, when Recife will become the first Brazilian State capital to celebrate its 500th anniversary.

This is clearly a huge challenge. But the material contained in this publication suggests our goal is perfectly achievable. Above all, it requires all sectors of society to join forces: governments, influencers, academics, the media, business and industry, and society in general.

Such efforts require the achievement of a number of especially pressing objectives, in particular those involving long-term goals. Some of these goals are more quantifiable; while others require profounder changes in mentality and patterns of behavior. Such goals must include: a paradigm shift in relation to drainage issues; the application of the project and program proposals and guidelines laid out in the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife; a combined effort to mobilize public and private resources; and the raising of awareness regarding the importance of public participation for achieving the desired goals.

More specifically, the most urgent actions recommended (some of which are already underway) include:

- Running communications campaigns aimed at raising the awareness of the population regarding the adaption of a new paradigm for dealing with drainage issues.
- Raising funds for the dredging of the three main Rivers in the city, the Beberibe, the Capibaribe and the Tejiú, especially the last of these.
- Continuing to provide interventions and services that aim to reduce the number of bottlenecks in the transport system.
- Concluding the reinforcement of canals where this remains to be completed.
- Reinforcing canals as proposed in the PMDR.
- Gradually removing housing installed within the channels of rivers and canals, as recommended by the PMDR and the Recife Housing Plan.
- Running publicity campaigns aiming to discourage the disposal of household waste

- Promover campanhas publicitárias visando sensibilizar a população a não jogar lixo nos cursos de água, de forma semelhante às que são feitas para as praias.
- Aprovar a nova Lei de Drenagem do Recife, proposta no PMDR.
- Elaborar os projetos executivos para intervenções indicadas no PMDR.
- Reforçar o núcleo gestor dos serviços de drenagem do Recife, com a viabilização de recursos, capacitação da massa crítica e contratação de novos técnicos.
- Efetivar uma articulação necessária entre a Emlurb, a Apac e a Defesa Civil, visando um trabalho integrado diante de eventos críticos e de sua antecipação.
- Buscar se antecipar frente a ocorrências de eventos rigorosos decorrentes das mudanças climáticas.

Decerto, seguindo uma estratégia e a realização de ações nessa direção, é possível que a cidade do Recife supere o atual passivo em relação à drenagem e seja ainda passível de se adiantar à ocorrência de eventos futuros, nada bem-vindos, em decorrência dos fenômenos trazidos pelas mudanças climáticas.

in watercourses, as has been done for the city's beaches.

- Passing the new Recife Drainage Act proposed in the PMDR.
- Developing implementation projects for interventions recommended in the PMDR.
- Strengthening Recife's drainage services management unit, provision of resources, training of a critical mass of staff members and hiring of new technical staff.
- Creating the necessary cooperation between Emlurb, APAC and the Civil Defense Force, with a view to working together to prepare in advance for critical events.
- Attempting to predict severe events related to climate change.

It is clear that following such a strategy and plan of action will enable the city of Recife to overcome existing deficiencies in relation to drainage and also make it possible to predict and mitigate the occurrence of unwelcome future events related to climate change.

240 CAPÍTULO 1 - Por um urbanismo sensível às águas. Recife: a ocupação urbana, a natureza e suas dinâmicas

Fabiano Rocha Diniz é arquiteto e urbanista e Mestre em Desenvolvimento Urbano pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Doutor em Geografia, Planejamento e Urbanismo pela Université Paris 3, Sorbonne Nouvelle; professor adjunto de Desenho Urbano do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPE; e membro da coordenação do projeto de intercâmbio técnico-científico *Recife Exchange Holland (RXH)* 2021, que tem como tema *Water as Heritage*.

CAPÍTULO 2 - Técnicas compensatórias na drenagem

Jaime Cabral é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre em Recursos Hídricos pela Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), Ph.D. em Métodos Computacionais aplicados à Engenharia pelo Wessex Institute of Technology (WIT - Inglaterra), Pós-doutor pela Mississippi University (USA), professor associado da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (UPE) e professor titular da Pós-graduação em Engenharia Civil e do Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da UFPE.

Sylvana Melo dos Santos é engenheira civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Mestre e Doutora em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPE), com período sanduíche de doutorado no Institut für Erdmessung (Universität Hannover - Alemanha); professora associada da UFPE; membro permanente do PPGEC e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), ambos da UFPE; e do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da UFPE.

CAPÍTULO 3 - Macrodrenagem: a estruturação fluida da cidade do Recife

Gerson Batista Filho é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); atua nas áreas de saneamento básico, engenharia hidráulica e recursos hídricos; é sócio-diretor da Márcio Guerra e Gerson Filho Engenheiros Consultores S/C Ltda. (MGF). Seus principais trabalhos incluem projetos de sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgotamento sanitário, projetos de macro e microdrenagem pluvial para cidades e elaboração de planos diretores de saneamento básico para cidades.

CHAPTER 1 - Towards water-sensitive urban design. Recife: the dynamic of nature and urban development

Fabiano Rocha Diniz is an architect and urban planner. He holds a Master's degree in Urban Development from the Federal University of Pernambuco (UFPE) and a Doctorate in Geography, Planning and Urban Design from Université Paris 3, Sorbonne Nouvelle. He is adjunct professor of Urban Design at the UFPE's Department of Architecture and Urban Studies and one of the coordinators of the technical-scientific exchange project *Recife Exchange Holland (RXH)* 2021, on the theme of *Water as Heritage*.

CHAPTER 2 - Sustainable Drainage Systems

Jaime Cabral holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE), a Master's in Water Resources from the Federal University of Rio de Janeiro's Postgraduate Program in Engineering (COPPE/UFRJ) and a Ph.D. in Applied Computational Methods for Engineering from the Wessex Institute of Technology (WIT - UK). He has conducted postdoctoral research at Mississippi University (USA) and is associate professor at the University of Pernambuco (UPE) Polytechnic School and full professor at the UFPE on the Postgraduate Program in Civil Engineering and the Master's in Management and Regulation of Water Resources - ProfÁgua.

Sylvana Melo dos Santos holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE), and a Master's and a Doctorate in Civil Engineering from the Postgraduate Program in Engineering (PPGEC/UFPE), including a period of study at the Institut für Erdmessung (Universität Hannover - Germany). She is an associate professor at UFPE, a permanent member of the PPGEC and of the Postgraduate Program in Civil and Environmental Engineering (PPGECAM), both at UFPE, and also teaches on the UFPE's National Network Professional Master's Program in Management and Regulation of Water Resources - ProfÁgua.

CHAPTER 3 - Macro-drainage: the fluid structuring of the city of Recife

Gerson Batista Filho holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of (UFPE). He works in the fields of basic sanitation, hydraulic engineering and water resources and is one of the partners and directors of the engineering firm Márcio Guerra e Gerson Filho Engenheiros Consultores S/C Ltda (MGF). His main projects have included water supply systems, sanitary sewerage systems, urban storm water micro- and macro-drainage projects and basic sanitation master plans for cities.

CAPÍTULO 4 - O novo Plano Diretor de Drenagem do Recife: desafios à urbanização e à sustentabilidade face aos conflitos com a água na Veneza brasileira

Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Mestre e Doutor em Desenvolvimento Urbano pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano (PPGMDU/UFPE); professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPE; professor pesquisador do Núcleo de Estudos e Pesquisa em Habitação e Saneamento (NEPHSA/UFPE), do Observatório PE/UFPE e da Comunidade Interdisciplinar de Ação, Pesquisa e Aprendizagem (CIAPA/UFPE). Como consultor, gerenciou o Projeto do Acampamento e Vilas Satélites da Usina Hidrelétrica de Xingó pela Acquaplan; realizou Estudos, Projetos e Consultoria para a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf); e executou os estudos do Plano de Drenagem da Cidade do Recife realizado pela ABF Engenharia, Comércio e Serviços Ltda. para a Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (Emlurb).

CAPÍTULO 5 - A gestão do Sistema de Drenagem do Recife

Pedro Oliveira da Silva é engenheiro civil pela Universidade Católica de Pernambuco (Unicap), Mestre e Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), coordenador do Grupo de Trabalho para Desenvolvimento do Caderno de Encargos da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (Emlurb) e do Cadastro do Sistema de Microdrenagem do Recife e Gestor do Estudo e Concepções para Gestão e Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana do Recife (PDDR).

Marília Dantas da Silva é engenheira civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre e doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPE), professora do curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Autarquia de Ensino Superior de Arcoverde (Aesa). Tem pesquisas nas áreas de recursos hídricos, gestão ambiental, pavimentação, drenagem urbana e geotecnia.

Jaime Cabral - Ver currículo no Capítulo 2

CAPÍTULO 6 - As águas do Recife e o ordenamento da paisagem urbana

Onilda Gomes Bezerra é arquiteta e urbanista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFPE, Doutora pelo Programa de Pós-graduação em

CHAPTER 4 - Recife's New Master Plan for Drainage: the challenges of urban development and sustainability in the context of water crises in the Venice of Brazil

Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE) and a Master's and a Doctorate in Urban Development from the same university's Postgraduate Program in Urban Development (PPGMDU/UFPE). He is a professor at the UFPE's Department of Architecture and Urbanism and professor and researcher at the Housing and Sanitation Studies and Research Unit (NEPHSA/UFPE), the PE/UFPE Observatory, and the Research and Action Interdisciplinary Learning Community (CIAPA/UFPE). As a consultant, he has been responsible for the management of Acquaplan's Xingu Hydroelectric Plant Encampment and Satellite Villages Project, and involved in studies, projects and consultancy at the São Francisco Hydroelectric Company (CHESF) and for the Recife Drainage Plan developed by ABF Engenharia, Comércio e Serviços Ltda for Recife's Urban Cleaning and Maintenance Authority (Emlurb).

CHAPTER 5 - The Management of Recife's Drainage System

Pedro Oliveira da Silva holds a degree in Civil Engineering from the Catholic University of Pernambuco (Unicap), and a Master's and Doctorate in Water Resources Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE). He is coordinator of the Working Group for Development of Specifications for Recife's Urban Cleaning and Maintenance Authority (Emlurb) and Recife's Micro-Drainage System Register and manager of the team producing the Study and Concepts for Recife's Storm Water Management and Urban Drainage Plan (PDDR).

Marília Dantas da Silva holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE) and a Master's and a Doctorate from the same university's Postgraduate Program in Civil Engineering (PPGEC/UFPE). She is a professor on the Bachelor's Degree Course in Civil Engineering of the Arcoverde Higher Education Agency (AESA) and has conducted research in the fields of water resources, environmental management, road surfacing, urban drainage and geotechnical science.

Jaime Cabral - See résumé in Chapter 2

CHAPTER 6 - The Waters of Recife and Urban Landscape Planning

Onilda Gomes Bezerra holds a degree in Architecture and Urban Planning from the

Desenvolvimento Urbano (MDU/UFPE), especialista em Ordenación del Territorio pela Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio (Fundicot/Universidade Politécnica de Valência – Espanha) e em Desenvolvimento Urbano e Rural pela Universidade Católica de Pernambuco (Unicap), professora adjunta do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPE.

Alison do Carmo é arquiteto e urbanista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre e doutorando em Desenvolvimento Urbano pela UFPE. Participa do Laboratório de Investigação do Espaço na Arquitetura (LIA) vinculado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPE. Participou da elaboração dos Estudos e Concepções para Gestão e Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana do Recife (PDDR).

CAPÍTULO 7 - Participação social e drenagem urbana

Rosa Maria Cortês de Lima é assistente social pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Mestre em Serviço Social pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Doutora em Planejamento Urbano e Regional pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional (IPPUR/UFRJ), Pós-doutora em Habitação e Migração pelo Centro de Estudos das Migrações e das Relações Interculturais/Universidade Aberta/Fundação para a Ciência e Tecnologia (Cemri/UAb/FCT), professora associada do Departamento de Serviço Social da UFPE, líder e pesquisadora do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Habitação e Saneamento Ambiental (NEPHSA/UFPE).

CAPÍTULO 8 - Recife no contexto mundial das mudanças climáticas

Artur Paiva Coutinho é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre em Engenharia Civil pela UFPE e Doutor pela UFPE/L'École Nationale des Travaux Publics de l'État (Entpe-França). É professor da Graduação e Pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE. Desenvolve pesquisas para compreensão do impacto de técnicas alternativas na redução de alagamentos nas condições reais de clima e geologia da cidade do Recife.

Suzana Maria Gico Lima Montenegro é engenheira civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Mestre em Engenharia Civil-Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP), *campus* São Carlos; Ph.D. em Engenharia Civil pela University of Newcastle Upon Tyne; Pós-doutora pelo Centre for Ecology and Hydrology (CEH –Wallingford); professora titular do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, do Programa de Pós-graduação

Federal University of Pernambuco (UFPE), a Master's in Geography from the UFPE's Postgraduate Program in Geography, and a Doctorate from the Postgraduate Program in Urban Development at the same university (MDU/UFPE). She holds a specialist diploma in Regional Planning from the Inter-Professional Association of Regional Planners (Fundicot/Polytechnic University of Valência – Spain) and a specialist diploma in Urban and Rural Development from the Catholic University of Pernambuco (Unicap). She is adjunct professor at the UFPE's Department of Architecture and Urban Planning.

Alison do Carmo holds a degree in Architecture and Urban Planning and a Master's in Urban Development from the Federal University of Pernambuco (UFPE). He is a doctoral candidate in Urban Development at the same university and is a member of the Spatial Investigation in Architecture Laboratory (LIA), at the UFPE's Department of Architecture and Urban Planning. He helped to produce the Studies and Concepts for Recife's Storm Water and Urban Drainage Management Plan (PDDR).

CHAPTER 7 – Social Participation and Urban Drainage

Rosa Maria Cortês de Lima holds a degree in Social Work from the Federal University of the State of Rio Grande do Norte (UFRN), a Master's in Social Services from the Federal University of Pernambuco (UFPE) and a Doctorate in Urban and Regional Planning from the Urban and Regional Planning and Research Institute (IPPUR/UFRJ). She has conducted postdoctoral research in Housing and Migration at the Center for Migration Studies and Intercultural Relations of the Open University/Foundation for Science and Technology (Cemri/UAb/FCT) and works as an associate professor at the UFPE's Department of Social Services, where she is also leader and researcher at the Housing and Environmental Planning Studies and Research Unit (NEPHSA/UFPE).

CHAPTER 8 – Recife in the International Context of Climate Change

Artur Paiva Coutinho holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE), a Master's in Civil Engineering from the same university and a Doctorate from UFPE/L'École Nationale des Travaux Publics de l'État (Entpe-France). He is a professor on the UFPE's undergraduate and postgraduate courses in Engineering. He has developed research into the impact of alternative techniques in terms of mitigating flooding in the context of the climate and geology of the City of Recife.

em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da UFPE; membro da Academia Pernambucana de Engenharia (Apeeng) e da Academia Pernambucana de Ciências (APC).

Fernandha Batista Lafayette é engenheira civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre e doutoranda na área de recursos hídricos e tecnologia ambiental pela UFPE, presidente do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH-PE) e membro do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Antônio Celso Dantas Antonino é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Mestre em Ciência e Tecnologia Nuclear pela UFPE; Doutor em Física do Solo pela Universidade Joseph Fourier (UJF), Grenoble I – França; professor titular do Departamento de Energia Nuclear da UFPE; membro permanente do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares (Proten), e membro da Academia Pernambucana de Engenharia (Apeeng) e da Academia Pernambucana de Ciências (APC). Coordena o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia/Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (INCT/ONDACBC), que tem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Tássia dos Anjos Tenório de Melo é arquiteta e urbanista pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL); Mestre e Doutora em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (PPGEC/UFPE), com período sanduíche na L'École Nationale des Travaux Publics de l'État (Entpe-França); professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPE; professora pesquisadora do Observatório das Metrópoles Núcleo Recife/UFPE; e especialista em Gestão e Controle Ambiental pela Universidade de Pernambuco (UPE).

Ialy Rayane de Aguiar Costa é engenheira civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre em Engenharia Civil pela UFPE, doutoranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela UFPE e especialista em Gestão de Recursos Hídricos pelo Centro Universitário Internacional (Uninter).

Suzana Maria Gico Lima Montenegro holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE), a Master's in Hydraulics and Civil Engineering from the University of São Paulo (USP), São Carlos campus; and a Ph.D. in Civil Engineering from the University of Newcastle Upon Tyne, UK. She has conducted postdoctoral research at the Centre for Ecology and Hydrology (CEH -Wallingford) and is a professor at the UFPE's Department of Civil Engineering, on the Postgraduate Program in Agricultural Engineering at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) and for the UFPE's National Network Professional Master's in Management and Regulation of Water Resources (ProfÁgua). She is also a member of the Pernambuco Academy of Engineering (APEENGE) and of the Pernambuco Academy of Science (APC).

Fernandha Batista Lafayette holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE), and a Master's and doctorate from the same institution in the field of water resources and environmental technology. She chairs the State Water Resources Board (CRH-PE) and is a member of the National Water Resources Council (CNRH).

Antônio Celso Dantas Antonino holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE), a Master's in Nuclear Science and Technology from the same institution, and a Doctorate in Soil Physics from the Joseph Fourier University (UJF), Grenoble I – France. He is a full professor at the UFPE's Department of Nuclear Energy, a permanent member of the Postgraduate Program in Nuclear and Energy Technology (Proten) and a member of the Pernambuco Academy of Engineering (APEENG) and of the Pernambuco Academy of Science (APC). He is also coordinator of the National Institute of Science and Technology/National Caatinga Biome Water and Carbon Dynamics Observatory (INCT/ONDACBC), funded by the Pernambuco Foundation for the Development of Science and Technology (FACEPE), the Coordinating Body for the Improvement of Higher Education Personnel (Capes) and the National Council for the Development of Science and Technology (CNPq).

Tássia dos Anjos Tenório de Melo holds a degree in Architecture and Urban Planning from the Federal University of Alagoas (UFAL), and a Master's and a Doctorate in Civil Engineering from the Postgraduate Program in Civil Engineering of the Federal University of Pernambuco (PPGEC/UFPE), including a period of study at L'École Nationale des Travaux Publics de l'État (Entpe-France). She is a professor in the UFPE's Department of Architecture and Urban Planning and a research professor at the Recife Unit of the Metropolis Observatory at UFPE. She

244 **Lucas Ravellys Pyrrho de Alcântara** é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Mestre e doutorando do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela UFPE e especialista em Gestão de Recursos Hídricos pelo Centro Universitário Internacional (Uninter).

Sérgio Manoel da Silva é engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e mestrando em Engenharia Civil e Ambiental na UFPE.

also holds a specialist diploma in Environmental Management and Control from the University of Pernambuco (UPE).

Ialy Rayane de Aguiar Costa holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE), a Master's in Civil Engineering from the same institution, and is also a doctoral candidate on the UFPE's Postgraduate Program in Nuclear and Energy Technology. She holds a specialist diploma in Water Resources Management from the International University Center (Uninter).

Lucas Ravellys Pyrrho de Alcântara holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE), and a Master's degree from the UFPE's Postgraduate program in Nuclear and Energy Technology, where he is also conducting doctoral research. He also holds a specialist diploma in Water Resources Management from the International University Center (Uninter).

Sérgio Manoel da Silva holds a degree in Civil Engineering from the Federal University of Pernambuco (UFPE) and is currently a Master's candidate in the field of Civil and Environmental Engineering at the same university.

A edição de um livro que contribua com o debate sobre um assunto historicamente relegado, como o da Drenagem Urbana no Recife, traz em si benefícios da mais profunda riqueza. E, ainda, quando elevamos e atualizamos o curso da matéria que aqui expomos, é possível projetar o quão benéfico seria o produto da conferência de tais questões e como seria impactado no cotidiano das pessoas que moram e trabalham na cidade do Recife. Esta obra se vê, mais do que nunca, útil e urgente. Sua publicação traz motivos de incomensurável valor a se comemorar.

Os autores que assinam os artigos deste livro gostariam de agradecer a todas as pessoas que, imbuídas de sensibilidade, visão de futuro e radical compromisso com o interesse público, tornaram viável esta edição. Iniciamos agradecendo à Prefeitura do Recife, que, logo nos primeiros dias da gestão do prefeito Geraldo Julio, por intermédio da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana (Emlurb), deu início à elaboração do Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Recife (PMDR), hoje concluído. Pelas informações obtidas e dos estudos e projetos desenvolvidos, o PMDR representa iniciativa da maior importância para o Sistema de Drenagem da cidade e visa colocar em prática os objetivos definidos de manejos das águas pluviais.

Nosso agradecimento também ao professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPE Roberto Montezuma, profissional de profundo comprometimento com o Recife, que nos convidou a escrever sobre o tema e a inserir esta publicação na *Coleção Recife 500 Anos*, junto a outros temas de significativa importância para o desenvolvimento da secular cidade.

Expressamos, por fim, nossos agradecimentos aos técnicos, especialistas, consultores e professores que, cada um em seu campo de conhecimento, dispuseram-se a escrever os artigos que dão corpo ao livro. Partes de um todo que expõe entendimento atualizado nas diversas vertentes que constituem a questão da drenagem na cidade do Recife.

Producing a book that contributes to the debate on a traditionally undervalued subject such as Urban Drainage in Recife is in itself a profoundly enriching experience. Furthermore, as we improve and update the subject matter addressed here, we can see the future benefits of discussion of such issues and the impact this will have on the everyday lives of the people who live and work in the city of Recife. More than ever, this is a matter of great urgency and great utility. The publication of this volume is thus a cause for great celebration.

The authors who contributed to this book would like to thank all those who, through their great sensitivity to the issue, vision of the future, and unflagging dedication to the public good, have made this publication possible. First, we must express our gratitude to Recife City Hall, whose Urban Maintenance and Cleaning Authority (Emlurb), early on in the administration of Mayor Geraldo Julio de Mello Filho, set about drawing up the Municipal Plan for Drainage and Storm Water Management in Recife (PMDR), which has since been concluded. The information obtained and the studies and projects conducted for the PMDR constitute an initiative of major importance for the city's Drainage System and the aim is now to put the storm water management objectives outlined into concrete practice.

We are also thankful to Roberto Montezuma of the UFPE's Department Architecture and Urban Planning for his tireless lifelong dedication to the city of Recife and for inviting us to write about this subject and include it in the *Recife 500 Years Collection* along with other issues of major importance for the development of this historical city.

Finally, our thanks also go out to all the technical staff, specialists, consultants and academics who — each in their own specific field of expertise — agreed to write the articles that make up this book. As a whole, this collection of articles provides up-to-date knowledge of various aspects of the issue of drainage in the city of Recife.





CAPÍTULO 1 - POR UM URBANISMO SENSÍVEL ÀS ÁGUAS. RECIFE: A OCUPAÇÃO URBANA, A NATUREZA E SUAS DINÂMICAS

- ABUJAMRA, André. *Estamos adorando Tóquio*. Álbum fonográfico. São Paulo, Net Records, 2020. Disponível em: <https://www.discogs.com/pt_BR/Karnak-Estamos-Adorando-Tokio/release/7811149>. Acesso em: 22/02/2008.
- ANE. *APA Sítio dos Pintos: natureza, história e cidadania*. Recife: Associação Águas do Nordeste, 2020, 60p.
- BOURDEAU-LEPAGE, L. (org.). *Nature et ville: désirs et controverses*. Bruguères: Éditions la Librairie des Territoires, 2016.
- BRODACH, A & GOFFI, M. La politique de la ville: une trajectoire de développement urbain durable? In: *Développement durable et territoire*. Dossier 4: La ville et l'enjeu du développement durable. 2005. Disponível em: <<http://developpementdurable.revues.org/document1493.html>>. Acesso em: 14/02/2008.
- BRUN, A. Introduction: les objectifs, principes et éléments de débat. In: BRUN, A & LASSERRE, F. (edit.). *Les politiques de l'eau: grands principes et réalités locales*. Québec: Presses de l'Université du Québec, 2006, p. 1-14.
- CHOCAT, B. Pour intégrer les eaux pluviales. Rapport international sur la gestion des eaux pluviales urbaines. In: *Apprivoiser l'eau pluviale, une démarche de projet urbain pour une ville durable: Journée d'échanges et de débats*. Bobigny: Département du Travail, 2003, p. 28-34.
- COAG - Council of Australian Governments. *Intergovernmental agreement on a national water initiative*. Disponível em: <<http://www.agriculture.gov.au/SiteCollectionDocuments/water/Intergovernmental-Agreement-on-a-national-water-initiative.pdf>>. Acesso em: 4/10/2018.
- DEUTSCH, J. C. Avant propos. In: CHOCAT, B. *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement*. Paris: Technique & Documentation, 1997, p. III-VI.
- DINIZ, F. R. Drainage et gestion du développement urbain durable. Les enjeux en milieu urbain au Brésil. In: MAILLEFERT, M; P, Olivier & ROUSSEAU, S. (dir.). *Ressources, patrimoines, territoires et développement durable*. Bruxelles: Peter Lang, 2010, p. 177-201.
- DINIZ, F. R.; MONTEZUMA, R.; VIEIRA FILHO, L. *The Capibaribe Park Project, Recife: using the river to reinvent the city*. In: *Brazilian Journal of Environmental Sciences* (Online), v. 55, n. 3, p. 331-353, 8 set. 2020.
- DINIZ, F. R. "Urbanização pela água": vieses de ordenamento territorial e de gestão urbana. In: *Anais do XVI Enanpur, Encontro Nacional da Anpur, XVI. Belo Horizonte: ANPUR, 2015, 18 p.*
- DINIZ, F. R.; ALENCAR, A. K. B. *Gestão integrada de águas urbanas: em busca da equidade territorial. Análise do caso da RMR à luz do urbanismo sensível às águas*. In: *Anais do Congresso Observatório das Metrópoles 20 Anos. As Metrópoles e o Direito à Cidade: dilemas, desafios e esperanças*. Rio de Janeiro: INCT Rede Observatório das Metrópoles, 2018, p. 1231-1247.
- GARCÍA ACOSTA, V. (coord.). *Historia y desastres en América Latina*. Volumen III. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 2008, 358 p. Disponível em: <https://www.preventionweb.net/publications/view/32152>. Acesso em: 4/10/2018.
- GODDELL, J. *The water will come*. Rising seas, sinking cities, and the remaking of the civilized world. Londres: Back Bay Books, 2018, 340 p. ISBN:978-0-316-26024-4.
- RECIFE, Prefeitura da Cidade. *Parque Capibaribe: a reinvenção do Recife Cidade Parque*. Recife: Editora da UFPE, 2019, 328 p.
- LENoble, R. *História da ideia de natureza*. Tradução: Teresa Louro Pérez. Lisboa: Edições 70, 1969, 378 p.
- MERLIN, P. *L'aménagement du territoire en France*. Paris: La Documentation Française, 2007, 174 p.
- PINCETL, S. *La durabilité urbaine et la nature en ville: le besoin d'interdisciplinarité*. In: MATHIEU, N et GUERMOND, Y [edit.], *La ville durable, du politique au scientifique*. Paris: Cemagref, Cirad, Ifremer, INRA, 2005, p. 209-220.
- POMPÊO, C. A. *Drenagem urbana sustentável*. In: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v. 5, n. 1, jan/mar 2000, p. 15-23.
- SANTANA, G. *Mauritiópolis, breves notas para uma história da cidade efêmera*: nov. 1639 - jan. 1654. In: VERRI, G M W & BRITO, G M. In: *Relendo o Recife de Nassau*. Recife: Edições Bagaço, 2003, p. 62-77.

- SANTOS, M. *A natureza do espaço: tempo e técnica, razão e emoção*. São Paulo: Edusp, 2006.
- TUCCI, C E M. *Águas urbanas*. In: *Estudos avançados, Dossiê Águas*. São Paulo, v. 22, n. 63, 2008, p. 97-112.
- UN-IPCC. *Climate change 2013: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

CAPÍTULO 2 - TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS NA DRENAGEM

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: solo: análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- AKAN, A. O. Sizing Stormwater Infiltration Structures. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128 (5): 534-537, 2002.
- ALMEIDA, N.. Análise de Viabilidade Técnica para a Utilização de Resíduos de Construção e Demolição no Subleito e na base de um Pavimento em Concreto Permeável. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, 2017.
- ARAUJO, P. R, TUCCI, C. E. M, GOLDENFUM, J. A.. Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução de Escoamento Superficial, *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5 (3): 21-29, 2000.
- ARAVENA, J. E., DUSSAILLANT, A.. Storm- Water Infiltration and Focused Recharge Modeling WithFinite-Volume Two-Dimensional Richards Equation: application to an experimental rain garden. *Journal of Hydraulic Engineering*, 135 (12): 1073-1080, 2009.
- BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S.. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*, ABRH, 2011.
- BARRAUD, S., LE COUSTOMER, S., PERRODIN, Y., DELOLME, C., WINIARSKI, T., BEDELL, J. -P., GIBERT, J., MALARD, F., MERMILLOD BLONDIN, F., GOURDON, R., DESJARDIN, V., BRELOT, E., BACOT, L.. *Guide Technique : Recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain*. Rapport. INSA de Lyon, 62 p., 2006.
- BARROS, EDÊNIA N, Jardim de Chuva: Técnica em manejo de águas pluviais urbanas, alternativa mitigatória dos índices de alagamentos no espaço interno da Poli, dissertação de mestrado, Programa de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, 2021.
- BATEZINI, R., CURVO, F., BALBO, J. T.. Estudo sobre o comportamento hidráulico de concretos permeáveis em laboratório e campo. Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 30., 2016, Rio de Janeiro. ANPET, 2016.
- BROOKS, R. H., COREY, A. T.. Hydraulic properties of porous media. *Hydrology Paper*, n.3, Fort Collins: Colorado State University, 27p., 1964.
- BROWNE, D., DELETIC, A., MUDD, G. M., FLETCHER, T. D.. A two-Dimensional Model of Hydraulic Performance of Stormwater Infiltration System. *Hydrological Processes*, 27 (19): 2785-2799, 2013.
- CABRAL, J. J. S. P., ALENCAR, A. V.. Recife e a convivência com as águas. *Gestão do Território e Manejo Integrado das ÁGUAS urbanas*, Ministério das Cidades. Brasília - DF, 2005
- CANHOLI, A. P.. *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*, Oficina de Textos, São Paulo, 2014.
- COUTINHO, A. P.. Pavimento permeável como técnica compensatória na drenagem urbana da cidade do Recife. Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.
- COUTINHO, A. P., LASSABATERE, L., MONTENEGRO, S. M. G. L., ANTONINO, A. C. D., JARAMILLO, R. A., CABRAL, J. J. S. P.. Hydraulic characterization and hydrological behaviour of a pilot permeable pavement in an urban centre, Brazil. *Hydrological Process*, 30: 4242 - 4254, 2016.
- DAVIS, A. L., HUNT, W. F., TRAVER, R. G., CLAR, M.. Bioretention Technology: overview of current practice and future needs. *Journal of Environmental Engineering*, 135 (3): 109-117, 2009.
- DUNNETT, N., CLAYDEN, A.. *Rain Gardens: managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Portland: Workman Publishing, 264p., 2007.

- DUSSAILLANT, A. R., WU, C. H., POTTER, K. W.. Richards Equation Model of a Rain Garden. *Journal of Hydrologic Engineering*, 9 (3): 219-225, 2004.
- ECOPLUIES. Guide technique - recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain. Programme Écotecnologies et Développement Durable (PRECODD), 2009.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Em: SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Serviço de Produção da Informação; Rio de Janeiro, Embrapa solos, 2006.
- EPA - Environmental Protection Agency. Storm water technology fact sheet infiltration trench. Southeastern Wisconsin Regional Planning Commission: 1-7, 1991.
- FERREIRA, C. A., MORUZZI, R. B.. Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. UNESP, 2007.
- GUARULHOS. Lei No 6.793/10. Disponível em: http://www.leismunicipais.com.br/le_gislacao-de-guarulhos/1394041/lei-6793-2010-guarulhos-sp.html. Acesso em 13 julh. 2013.
- HAVERKAMP, R., ROSS, P. J., SMETTEM, K. R. J., PARLANGE, J. Y.. Three dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer. 2. Physically based infiltration equation. *Water Resources Research*, 30: 2931-2935, 1994.
- IGRA - International Green Roof Association. Disponível em: <http://www.igra-world.com/index.php>. Último acesso em: 14 jun. 2015.
- LASSABATÈRE, L., ANGULO-JARAMILLO, R., SORIA, J. M., CUENCA, R., BRAUD, I., HAVERKAMP, R.. Beerkan estimation of soil transfer parameters through infiltration experiments - BEST. *Soil Science Society of American Journal*, 70: 521-532, 2006.
- LI, J. Q., ZHAO, W. W.. Design and Hydrologic Estimation Method of Multi- purpose Rain Garden: Beijing Case Study. International Low Impact Development Conference. Seattle, Washington, 2008.
- LIMA, G. C. O.. Avaliação do desempenho de telhados verdes: capacidade de retenção hídrica e qualidade da água escoada. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, Caruaru - PE, 67 p., 2013.
- MELO, T. A. T., COUTINHO, A. P., CABRAL, J. J. S. P., ANTONINO, A. C. D., CIRILO, J. A.. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, 14 (4): 147-165, 2014.
- MELO, T. A. T., COUTINHO, A. P., SANTOS, J. B. F., CABRAL, J. J. S. P., ANTONINO, A. C. D., LASSABATÈRE, L.. Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, 16 (3): 53-72, 2016.
- MIGUEZ, M., VEROL, A. P., REZENDE, O. M.. Drenagem Urbana, Do projeto Tradicional à Sustentabilidade, Editora Campus, 2016.
- MORAES, O. B.. Método de análise de dados para avaliação de áreas urbanas recuperadas - uma abordagem utilizando a lógica fuzzy. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2008.
- MUTHANNA, T. M., VIKLANDER, M., THOROLFSSON, S. T.. Seasonal Climatic Effects on the Hydrology of a Rain Garden. *Hydrological Process*, 22 (11): 1640-1649, 2008.
- RECIFE. Lei No 18.112 - que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. 12 de janeiro de 2015.
- RESITRIX. Disponível em: <https://www.resitrix.com/wp-content/uploads/sites/3/2017/10/resitrix-gruendachaufbauten-gb.jpg>. Último acesso em: 24 set. 2018.
- SANTOS, P. T. S., SANTOS, S. M., MONTENEGRO, S. M. G. L., COUTINHO, A. P., MOURA, G. S. S., ANTONINO, A. C. D.. Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 13 (1): 161-174, 2013.
- SANTOS, G. C.. Desempenho Térmico de Telhados Verdes no Agreste Pernambucano. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, UFPE, 96 p., 2016.
- SÃO VICENTE. Lei Municipal No 634, de 5 de novembro de 2010. Câmara Municipal de São Vicente - SP, 6 p., 2010.
- SILVA, P. O., CABRAL, J. J. S. P.. Atenuação de Picos de Vazão em Área Problema: Estudo Comparativo de Reservatórios de Detenção em Lote, em Logradouros e em Grande Área da Bacia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19 (2): 7-18, 2014.
- SILVA, T. F.. Tecnologia Alternativa em Drenagem Urbana: Telhado Verde. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, UFPE, 135 p., 2017.
- SILVEIRA, A. L. L., GOLDENFUM, J. A.. Metodologia Generalizada para Pré-Dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 12 (2): 157-168, 2007.
- SOUZA, V. G. A.. Implantação, monitoramento e simulação de uma trincheira de infiltração localizada em uma bacia urbana na cidade do Recife. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPE, 2018.
- SUSTENTARQUI. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/dicas/arquitetura-ecologica-x-arquitetura-sustentavel/>. Último acesso em: 25 set. 2018.
- T R FREEMAN. Disponível em: <http://www.trfreeman.co.uk/services/roofing-and-cladding-products/green-and-brown-roofs>. Último acesso em: 25 set. 2018.
- TROWSDALE, S. A., SIMCOCK, R.. Urban Stormwater Treatment Using Bioretention. *Journal of Hydrology*, 397 (3-4): 167-174, 2011.
- TUCCI, C. E. M.. Hidrologia: Ciência e Aplicação, Porto Alegre, 7 (1): 5-27, 2009.
- URBONAS, B., STAHR, P.. Stormwater Best Management Practices and Detention, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 450p., 1993.
- VALASKI, S.. Método para avaliação da qualidade ambiental em condomínios residenciais horizontais. R. RA E GA, Editora UFPR Curitiba, 19: 139-154, 2010.
- VAN GENUCHTEN, M. Th.. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, 44: 892-898, 1980.
- VIDA SUSTENTÁVEL. Disponível em: <http://www.vidasustentavel.net/reciclagem/telhado-de-garrafas-pet/>. Último acesso em: 25 set. 2018.
- WSUD - Water Sensitive Urban Design. Estudo de caso: Lynbrook Estate. 1999. Disponível em: <http://wsud.melbournwater.com.au/>. Acesso em: 05.09.2010 às 07:19:54.
- _____. Estudo de caso: Carpark - Ricketts Point. 2004. Disponível em: <http://wsud.melbournwater.com.au/>. Acesso em: 01.09.2010 às 09:16:34.

CAPÍTULO 3 - MACRODRENAGEM: A ESTRUTURAÇÃO FLUIDA DA CIDADE DO RECIFE

- ACQUA-PLAN - Plano diretor de macrodrenagem da Região Metropolitana do Recife. Recife, FIDEM, 1980.
- ALCOFORADO, R. M. G., 2006. Simulação hidráulico-hidrológica do escoamento em redes complexas de rios urbanos: suporte de informações espaciais de alta resolução. Tese (Doutorado). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.
- BEDIENT, Philip B. & HUBER, Wayne C., *Hydrology and floodplain analysis*, 2ª Ed., Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1992.
- BRANNER, J. C. Apud. CASTRO, Josué de., (1948). *Fatores de localização da cidade do Recife*: um ensaio de geografia urbana. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional.
- BEZERRA FILHO, Gerson Batista - *Sistema de drenagem das bacias hidrográficas da RMR - Avaliação da bacia do Tejupió*. Programa de recuperação ambiental da bacia do Rio Tejupió, PCR, 1996.
- BEZERRA FILHO, Gerson Batista - *Controle de enchentes na RMR: É possível?* Artigo, SINAECON, 2010.
- CASTRO, Josué de., - *Fatores de localização da cidade do Recife: um ensaio de geografia urbana*. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1948.
- MELO, Vera Mayrinck - A formação histórica das paisagens do rio Capibaribe na cidade do Recife. In: COSTA, Lúcia M. S. A. (org.) - *Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras*. PROURB FAU/UFRRJ, Viana e Mosley Editora, Rio de Janeiro, 2006.

- MENEZES, J. Luis Mota - Arquitetura e urbanismo. In: HERKENHOFF, Paulo (org.) - *O Brasil e os holandeses 1630-1654, Sextante Artes, Recife, 1999.*
- OLIVEIRA, Valdemar de, - *Geologia da planície do Recife - contribuição ao seu estudo.* Recife, Oficinas Gráficas do Jornal do Comércio, Recife, 1942.
- PINHEIRO, Ana Cláudia Duarte & Procópio, Juliana Barata. Áreas urbanas de preservação permanente ocupadas irregularmente. *REVISTA DE DIREITO PÚBLICO, LONDRINA, V. 3, N. 3, P. 83-103, SET./DEZ. 2008.*
- PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE/Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente - SEPLAN/Diretoria Geral de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, - *Atlas ambiental da cidade do Recife, Recife, 2000.*
- _____. *Cadastro de canais da cidade do Recife.* MGF Engenheiros Consultores, Recife, 2000.
- RIBEIRO, J. & ROOKE J. M. S. - *Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública* - Faculdade de Engenharia da UFJF, 2010.
- SANEAMENTO, (1976). *REVISTA TÉCNICA E INFORMATIVA DO DNOS.* Rio de Janeiro, Ano 30, Volume 50, Nº 03.
- SILVA, Leonardo Dantas, *O Recife, imagens da cidade sereia.* Comunigraf Editora, Recife, 1998.
- TOLLENARE, L. F. de - *Notas Dominicais.* Recife, Governo do Estado de Pernambuco, Secretaria de Educação e Cultura, Recife, 1978.
- TUCCI, Carlos E. M. - *Inundações Urbanas.* Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol. 11, Editora da Universidade, Porto Alegre, 2007.

CAPÍTULO 4 - O NOVO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM DO RECIFE: DESAFIOS À URBANIZAÇÃO E À SUSTENTABILIDADE FACE AOS CONFLITOS COM A ÁGUA NA VENEZA BRASILEIRA

- ANDRADE, Manoel Correia. A constituição do Recife metrópole regional. In: *Plano Diretor da Cidade do Recife, Recife, Procenge/Urbana/Acquaplan, 1990, 24p.*
- _____. Formação da Aglomeração Recifense. in: *Estudos nordestinos sobre crescimento urbano.* Recife, Art Cópia LTDA, 1987, p.257-291,1987.
- BALTAR, Antônio Bezerra. *Diretrizes de um plano regional para o Recife.* Recife, Tese de concurso - Escola de belas Artes da Universidade do Recife, 1951, 156p.
- GUSMÃO, Jaime Azevedo. Risco Geológico no Recife. in: *7 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 1993, 16p.*
- MENEZES, J. Luis Mota. (1999). Arquitetura e Urbanismo. In: HERKENHOFF, Paulo (org.), *O Brasil e os Holandeses 1630-1654, Sextante Artes, Recife-PE.*
- OLIVEIRA, Valdemar. *Geologia da Planície do Recife.* Tese de concurso à cátedra de História Natural da Escola Normal Oficial de Pernambuco. Recife, gráfica do Jornal do Comércio, 1942, 97p.
- PENA FILHO, Carlos. *Livro geral.* Recife: Editora Liceu, 1999.
- PREFEITURA DO RECIFE/ EMLURB. *Diagnóstico do Sistema de Drenagem.* In: PDDR, ABF Engenharia, Serviços e Comércio Ltda, Recife, 2017a, 390p.
- _____. *Estudo de Concepção.* In: PDDR, ABF Engenharia, serviços e comércio Ltda, Recife, 2017b, 347p.
- _____. *Plano Consolidado (Resumo Executivo).* In: PDDR, ABF Engenharia, serviços e comércio Ltda, Recife, 2017c, 245p.

CAPÍTULO 5 - A GESTÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO RECIFE

- ACQUA-PLAN CONSULTORIA; FIDEM (Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife). *Plano Diretor de Macrodrenagem da Região Metropolitana do Recife.* Recife - PE, 1980, disponível na EMLURB.
- BRITO, Francisco Saturnino Rodrigues de. *PLANO URBANÍSTICO - Recife, Pernambuco* - Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) - biblioteca - Editora: Estado de Pernambuco, v. II - p. 622 - Recife, 1909, acessado em 26/09/2018 em: (<http://www.urbanismobr.org/bd/documentos.php?id=2725>).
- CABRAL, J. J. S. P.; VALDO, A. A. - *Gestão de Território e Manejo Integrado das Águas Urbanas,* Organizado por Escola Internacional da Água para o Desenvolvimento - Hydroaid, 2005. PP. 111 - 130.

- CAVALCANTI, M.P. *Estudo da Viabilidade Técnica e Financeira do uso do PEAD no Sistema Drenagem Urbana/UCB, 2015.* In:
- Diário de Pernambuco, Publicado em: 04/06/2017, acessado em: http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2017/06/04/interna_vidaurbana,707166/enchentes-as-licoos-que-nao-foram-aprendidas.shtml, em 27/09/2018.
- ENCIBRA S.A. ENGENHARIA DE CONSULTORIA. *Plano Diretor de Drenagem Urbana para a Cidade do Recife.* Recife - PE 1978 disponível na EMLURB..
- FARIA, T. J. P. in: *Revista Geografia Ensino & Pesquisa.* Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, v.19, nº especial, p. 115-122 - 2015.
- PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. Plano Diretor de Drenagem da cidade do Recife. *Relatório consolidado dos estudos de concepção para gestão e manejo de águas pluviais e drenagem urbana do Recife.* PDDR, 2016.
- PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. Plano de Gestão da Manutenção da Rede de Drenagem da Cidade do Recife. *Nota Técnica da EMLURB.* PCR, 2017.

CAPÍTULO 6 - AS ÁGUAS DO RECIFE E O ORDENAMENTO DA PAISAGEM URBANA

- AUGÉ, Marc. Não-Lugares: *Introdução a uma antropologia da supermodernidade.* Tradução: Maria Lúcia Pereira. Campinas, SP: Papirus, 1994.
- BESSE, Jean-Marc. *O gosto do mundo: exercícios de paisagem.* Annie Cambe (Trad.). Rio de Janeiro: Eduerj, 2014.
- CASTRIOTA, Leonardo Barci. *Patrimônio cultural: conceitos, políticas, instrumentos.* São Paulo: Annablume; Belo Horizonte: IEDS, 2009.
- EMLURB - Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana. *Estudo de Concepção para Gestão e Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana do Recife: Proposta de Intervenção Urbano-Ambiental para as Margens de Rios e Riachos.* Recife, ABF Engenharia, Serviços e Comércio Ltda, 2013, 103p.
- _____. *Estudo de Concepção para Gestão e Manejo de Águas Pluviais e Drenagem Urbana do Recife: Relatório do Diagnóstico do Sistema de Drenagem Existente.* Recife, ABF Engenharia, Serviços e Comércio Ltda, 2013, 328p.
- GORSKI, Maria Cecília Barbieri. *Rios e Cidades: ruptura e reconciliação.* São Paulo: Senac São Paulo, 2010.
- IUCN/UNESCO/AUSTRALIAN COMMITTEE FOR IUCN. *Australian Natural Heritage Charter for the Conservation of Places of Natural Heritage Significance: Standards and principles.* Published by the Australian Heritage Commission in association with the Australian Committee for IUCN. Australia, Sydney NSW, 1996. Disponível em: www.environment.gov.au/heritage/.../australian-natural-heritage-charter.pdf. Acesso: 10/10/ 2013.
- LOPES, PAULO. Flickr: *Imagens Aéreas do Recife.* PCR: 2009. Disponível em: <http://www.flickr.com/photos/prefeituradorecife/8492898562/in/photostream/lightbox/>. Acesso em 22 abr. 2013.
- MELO NETO, João Cabral de. *Morte e vida Severina e outros poemas para vozes.* Rio de Janeiro: Editora Nova fronteira AS, 1996.
- MENEGUETTI, Karin Schwabe; REGO, Renato Leão; BELOTO, Gislane Elizete. Espaços Livres e Paisagem na Mancha Urbana de Maringá-PR. In: *Quadro dos sistemas de Espaços Livres nas Cidades Brasileiras.* CAMPOS et al (orgs.). São Paulo: FAUSP, 2012.
- NOGUÉ, Joan; SALA Pere (orgs). *La Regió Metropolitana de Barcelona : catàleg de paisatge.* Barcelona: Gabinet Tècnic del Departament de Territori i Sostenibilitat i Observatori del Paisatge de Catalunya, 2017.
- OLIVEIRA, Waldemar de. *Geologia da Planície do Recife: contribuição ao seu estudo.* Recife: Oficinas Gráficas do Jornal do Comércio, 1942. Tese de concurso à cátedra de História Natural da Escola Normal Oficial de Pernambuco.
- PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE; UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Convênio Técnico. Pesquisa Urbanística da Margens do Rio Capibaribe: *projeto básico do Parque Linear das Capivaras.* Versão preliminar, julho, 2013.
- SÁ CARNEIRO, Ana Rita e MESQUITA, Liana. *Espaços livres do Recife.* Recife: UFPE/ PCR, 2000.
- TARDIN, Raquel. *Espaços Livres: sistema e projeto territorial.* Rio de Janeiro: 7Letras, 2008.

UNESCO. *Relatório Brundtland. Nosso Futuro Comum*. 1987.

WATERMAN, Tim. *Fundamentos de Paisagismo*. Tradução técnica Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CAPÍTULO 7 - PARTICIPAÇÃO SOCIAL E DRENAGEM URBANA

BITOUN, Jan e MIRANDA, Livia Izabel Bezerra de. A região metropolitana do Recife: principais características da sua região de influência e da integração dos municípios na aglomeração recifense. In: *Recife: transformações na ordem urbana*. Coord. RIBEIRO, Luiz Cesar de Queiroz. 1. ed. Rio de Janeiro: Letras Capital, 2015.

BERNARDES, Denis. *Recife, o caranguejo e o viaduto*. 2. ed. Editora Universitária da UFPE, 2013.

BEZERRA, Daniel U. C. *Alagados, Mocambos e Mocambeiros*. Recife, Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, MEC, Imprensa Universitária, 1965.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/Lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 03 de set. 2020.

_____. Estatuto da Cidade. Lei No 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/10257.htm>. Acesso em: 03 de set. 2020.

_____. Constituição Federal, 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 15 de ago. 2020.

_____. Ministério da Saúde. *Coronavírus Brasil*. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br/>>. Acesso em: 24 de jan. 2021.

HARVEY, David. *A produção capitalista do espaço*. São Paulo: Annablume, 2005.

GONÇALVES, A. C. *As migrações para o Recife II – Aspectos do crescimento urbano*. Recife: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais (IJNPS), 1961.

IAMAMOTO, Marilda. *O Serviço Social em Tempo de Capital Fetiche: capital financeiro, trabalho e questão social*. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

INSTITUTO TRATA BRASIL. *Ranking do Saneamento*. Instituto Trata Brasil 2020 (SNIS 2018). Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking_2020/Relatorio_Ranking_Trata_Brasil_2020_Julho_.pdf>. Acesso em: 03 de set. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico* - 2010. Rio de Janeiro: Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 de ago. 2020.

_____. *Estimativa da população*. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28668-ibge-divulga-estimativa-da-populacao-dos-municipios-para-2020>>. Acesso em: 9 de set. 2020.

LEAL, Sueli. *Fetiche da participação social: novas práticas de planejamento, gestão e governança democrática no Recife-Brasil*. Recife: Ed. Do Autor, 2003.

LEFEBVRE, Henri. *O direito à cidade*. 5. ed. São Paulo: Centauro, 2001.

LIMA, Rosa Maria Cortês de. *A cidade autoconstruída*. Recife: Editora da Universitária da UFPE, 2012.

MELO, Mario Lacerda. As migrações para o Recife I. In: *Estudos geográficos*. Recife: Joaquim Nabuco/MEC, 1961

MOURA, Alexandrina Sobreira de. *Terras de mangue: invasões urbanas no Recife*. Recife: Fundaj, Editora Massangana, 1990.

NETTO, José Paulo. Cinco notas a propósito da “Questão Social”. *Revista Temporalis*, nº 3. (Revista da Associação Brasileira de Ensino e Pesquisa em Serviço Social – ABEPSS), ano II, 2004.

PASTERNAK, Suzana. Habitação e saúde. In: *Estudos Avançados* v. 30, nº 86 São Paulo: jan./abr., 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100051>. Acesso em: 16 de nov. 2020.

PREFEITURA DO RECIFE. *Atlas das Infraestruturas Públicas em Comunidades de Interesse Social do Recife* - CIS. Recife, PCR, 2016a.

_____. *Plano Diretor de Drenagem da Cidade do Recife*, 2016b.

PERNAMBUCO. CONDEPE/FIDEM. *Base de dados do estado – BDE*, 2012. Disponível em: <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/conteudo_site2.aspx>. Acesso em: 15 de ago. 2020.

SOUZA, Maria Angela de Almeida e BITOUN, Jan. Introdução. In: *Recife: transformações na ordem urbana*. Coord. RIBEIRO, Luiz Cesar de Queiroz. 1. ed. Rio de Janeiro: Letras Capital, 2015.

SOUZA, M. A. A. Os Espaços de Pobreza da Região Metropolitana do Recife: Atualização do Sistema de Informações Geográficas e análise da desigualdade/segregação socioespacial. *Relatório de Pesquisa*. Recife: Observatório Pernambuco/UFPE-FASE, 2012.

OBSERVAÇÕES ESTATÍSTICAS SOBRE OS MUCAMBOS DO RECIFE. Baseado no censo efetuado pela Comissão Censitária dos Mucambos. Dec. Nº 182 de 17 de setembro de 1938. Recife: Imprensa Oficial, 1939.

OBSERVATÓRIO PE. Observatório Pernambuco de Políticas Públicas e Práticas Socioambientais. *Atualização do Cadastro das Áreas Pobres da RMR*. Recife, 2011.

PREFEITURA DO RECIFE. *ATLAS das Infraestruturas Públicas em Comunidades de Interesse Social do Recife*, 2016.

VASCONCELOS, Ronald F. A. Descentralização Político-administrativa na Cidade do Recife: o caso do esgotamento sanitário na gestão da Frente popular (1986-1988). 280 f. *Dissertação* (Mestrado em Desenvolvimento Urbano). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1996.

CAPÍTULO 8 - O RECIFE NO CONTEXTO MUNDIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

BERGER, V; FAN, F.M; GABEL, F.; GALVÃO, P. H.; GIES, M.; DANIEL, G; MATTA, E. How Do We Want to Live Tomorrow? Perspectives on Water Management in Urban Regions. *Science Policy Report*. 2017.

BEZERRA, P. H. L. Monitoramento e modelagem numérica dos processos de fluxo de água em uma trincheira de infiltração instalada em lote na cidade do Recife. *Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco*. 2018.

BIRKMANN, J., WELLE, T., SOLECKI, W., LWASA, S., GARSCHAGEN, M. Boost Resilience of Small and Mid-sized Cities. *Nature News*, v. 537, n. 7622, p. 605-608, 2016.

CABRAL, J.J.S.P.; ALENCAR, A.V. Recife e a convivência com as águas. In *Gestão do Território e Manejo Integrado das águas urbanas. Ministério das Cidades. Brasília – DF*. 2005.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445/2007. *Estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento Básico*.

COSTA, I. R. A., COUTINHO, A. P. Simulação numérica da capacidade de infiltração e recarga artificial de aquífero de um pavimento permeável. In: *26º Congresso de Iniciação Científica da UFPE (CONIC)*. Recife, 2018.

COUTINHO, A. P.; SILVA, F.B; SILVA, R.O; ANTONINO, A.C.D; MONTENEGRO, S.M.G.L. (2010). Determinação de Equações de Chuvas Intensas para Municípios das Mesorregiões do Estado de Pernambuco Com Dados Pluviométricos. In: *Anais do Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Fortaleza, 2010.

COUTINHO, A. P. Pavimento permeável como técnica compensatória na drenagem urbana da cidade do Recife. *Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Pernambuco*. 2011.

EMCIBRA S.A. ENGENHARIA DE CONSULTORIA. *Plano Diretor de Drenagem Urbana para a Cidade do Recife*, disponível impresso na EMLURB, Recife. 1978.

FURTADO, F.; PRIORI, L.; ALCÂNTARA, E. *Mudanças climáticas e resiliência de cidades*. Recife: Pickimagem, 2015. 253p.: il. ISBN: 978-85-69110-00-2.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo de 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1766>. Acesso em: 15 janeiro de 2020.

- MARINHO, M. N. Experimentação e simulação da infiltração de águas pluviais num pavimento permeável. *Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Pernambuco*. 2018.
- MELO, T. A. T. Jardim de chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais urbanas. *Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Pernambuco*. 2011.
- MELO, T. A. T. Avaliação hidrodinâmica de trincheira de infiltração no manejo das águas pluviais urbanas. *Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Pernambuco*. 2015.
- MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, v. 14, n. 4, p. 147-165. 2014.
- MELO, T.A.T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D. Controle de deflúvios superficiais utilizando trincheira de infiltração. In: Cristiano Poletto. (Org.). *Estudos Ambientais*. 1ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 17-26. 2016b.
- MELO, T. A. T. COUTINHO, A. P.; SANTOS, J. B. F.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; LASSABATERE, L. Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, v. 16, n. 3. p. 53-72. 2016a.
- MONTENEGRO, S. M. G. L. Recursos hídricos e mudanças climáticas em cidades costeiras brasileiras. (2015). *Mudanças climáticas e resiliência de cidades/org*. Fátima Furtado, Luiz Priori, Ednéa Alcântara. - Recife: Pickimagem, 2015. 145 - 158.: il. ISBN: 978-85-69110-00-2.
- ONU BRASIL. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - BRASIL. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 08 fevereiro de 2020.
- PBMC. *Painel Brasileiro de Mudança Climática*. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 24 p. 2013.
- PFFASFTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. Rio de Janeiro: DNOS. 419p. 1957.
- PREFEITURA DO RECIFE/ EMLURB. *Plano Consolidado* (Resumo Executivo). In: PDDR, ABF Engenharia, Serviços e Comércio Ltda, Recife, 245p., 2017.
- RABELO, A. E. C. G. C.; ALCÂNTARA, L. R. P.; COSTA, L. F.; VILA NOVA, A. A.; SANTOS NETO, S. M.; ALVES, A. T. A.; COUTINHO, A. P.; ANTONINO, ANTONIO CELSO DANTAS; MONTENEGRO, S. M. G. L. Análise estocástica de eventos de chuvas extremas nas mesorregiões do Estado de Pernambuco. In: *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Foz do Iguaçu, v. 23, 2019.
- RAMOS, M. A.; AZEVEDO, J. R. G. Nova equação de chuvas intensas para a cidade de Recife-Pernambuco. In: *Anais do Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Fortaleza, 2010.
- REIS, E. H. S.; ALCÂNTARA, L. R. P.; MACENA JUNIOR, J. A. S.; RABELO, A. E. C. G. C.; VILA NOVA, A. A.; COUTINHO, A. P.; ANTONINO, A. C. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Espacialização pluviométrica mensal e anual no litoral pernambucano. In: *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Foz do Iguaçu, v. 23, 2019.
- RIBAS, L. V. S. Experimentação e modelagem do comportamento hidrodinâmico de um pavimento permeável. *Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Pernambuco*. 2017.
- SANTOS, P. T. S. Balanço hídrico em teto com cobertura vegetal no Semiárido Pernambucano. *Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Pernambuco*. 2011.
- SANTOS, P. T. S.; SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P.; MOURA, G. S. S.; ANTONINO, A. C. D. A. Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. *Ambiente construído*, v. 13, n. 1, p. 161-174. 2013.
- UNFCCC. UNITED NATIONS CLIMATE CHANGES. Disponível em: <<https://unfcccint/>>. Acesso em: 02 fevereiro de 2020.







CAPÍTULO 1 - POR UM URBANISMO SENSÍVEL ÀS ÁGUAS. RECIFE: A OCUPAÇÃO URBANA, A NATUREZA E SUAS DINÂMICAS.

- FIGURAS 1 E 2 - Cisterna romana em Fermo, Itália, e aqueduto romano em Lyon, França. Exemplos da “doma” das águas para suportar a vida nas cidades. Fonte: https://www.residencecasabianca.eu/blog/il-territorio?page_id=2614782 e https://fr.wikipedia.org/wiki/Aqueducs_antiques_de_Lyon.
- FIGURAS 3 E 4 - O Riacho Parnamirim, no Recife, poluído e com margens ocupadas. Exemplo dos impactos da ação antrópica sobre cursos de água e ambientes aquáticos. Fonte: Registros do autor e de Luiz Vieira, 2017.
- FIGURAS 5 E 6 - Encostas expostas a deslizamento de terras em Nova Descoberta, Recife, 2021, e ruas alagadas em Casa Forte, Recife, 2020. Fonte: Registros do autor.
- FIGURAS 7 E 8 - Vistas do Recife, Brasil, e de Bruges, Bélgica. Exemplos de cidades “moldadas” pelas águas. Fonte: Registros do autor, 2017 e 2009.
- FIGURAS 9 E 10 - Exemplos da iniquidade dos territórios urbanos sob a influência das águas. Fonte: Registros do autor, 2008.
- FIGURA 11 - Esquema síntese da integração intra e intersectorial. Ilustração da complexidade do desafio da gestão de águas urbanas. Fonte: Elaborado pelo autor.
- FIGURA 12 - Esquema do “ciclo de poluição das águas” proposto por Tucci. Natureza das alterações do ciclo das águas em meio urbano. Fonte: Elaborado pelo autor, 2010, baseado em Tucci, 2007.
- FIGURA 13 - Escalas de intervenção da gestão de águas urbanas. Exemplos baseados nos programas *Viva o Morro*, *Prometrópole* e *PQA*, na RMR. Fonte: Elaborado pelo autor.
- FIGURAS 14 E 15 - Valas de infiltração e lagoa de retenção de águas, em Noisy-le-Grand. Exemplos de soluções de manejo de águas associadas ao paisagismo, na França. Fonte: Registros do autor, 2009.
- FIGURAS 16 E 17 - Curso de água recuperado pelo Drenurbs, no Parque Primeiro de Maio. Exemplos de soluções de recuperação de riachos urbanos, em Belo Horizonte. Fonte: Registros do autor.
- FIGURAS 18 E 19 - Ativação da “Praia do Capibaribe” e Jardim do Baobá, à beira do rio. Exemplos de solução de valorização do Capibaribe e de suas áreas ribeirinhas, no Recife. Fonte: Inciti.org. e Luiz Vieira, 2018.

CAPÍTULO 2 - TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS NA DRENAGEM

- FIGURA 1 - Bacias de detenção com usos de lazer e esportes nos dias sem chuvas intensas. a) Porto Alegre, b) Grenoble (França). Fonte: Os autores.
- FIGURA 2 - Lagoa de retenção em Belo Horizonte: além de ter a função de amortecimento das vazões, também é utilizada para atividades de esportes e lazer. Fonte: Baptista et al. (2011).
- FIGURA 3 - Representação do microrreservatório construído no bairro do Espinheiro sob o pavimento da Rua Santo Elias, no Recife/PE. Fonte: Os autores.
- FIGURA 4 - Detalhes da construção do microrreservatório na Rua Santo Elias, no bairro do Espinheiro, no Recife/PE. Fonte: Os autores.
- FIGURA 5 - Localização de reservatórios em ruas na bacia do Canal da Sanbra (o estudo de alternativas foi realizado, mas não foi construído). Fonte: Os autores.
- FIGURA 6 - Loja de departamentos no bairro da Tamarineira, no Recife/PE, onde foram construídos reservatórios no lote para controle da precipitação pluviométrica na fonte. Fonte: Os autores, a partir de imagens do Google.
- FIGURA 7 - Esquemas ilustrativos das vegetações empregadas em cada tipo de telhado. Fonte: Os autores.
- FIGURA 8 - Diferentes vegetações utilizadas em telhado extensivo: a) Grama-de-burro e cacto coroa-de-frade; b) Babosa. Fonte: Os autores.
- FIGURA 9 - Infiltração na laje abaixo do telhado verde. Fonte: O autor.
- FIGURA 10 - Impermeabilização da laje para implantação do telhado ecológico. Fonte: Os autores.
- FIGURA 11 - Telhado ecológico com garrafas pet sobre a laje. Fonte: Rocha, 2020.
- FIGURA 12 - Telhado verde em edificação comercial em Barcelona, Espanha. Fonte: O autor.

- FIGURA 13 - Instalações de estudo sobre telhados verdes. Fonte: O autor.
- FIGURA 14 - Diagrama esquemático de uma trincheira de infiltração. Fonte: Melo et al., 2016. Tássia Melo.
- FIGURA 15 - Local de construção da trincheira de infiltração de grandes dimensões. Fonte: Os autores, a partir de imagem do Google.
- FIGURA 16 - a) Coleta de amostras do subsolo a diferentes profundidades com uso de trado manual; b) Ensaio de infiltração para avaliação da capacidade de infiltração do solo. Fonte: Os autores.
- FIGURA 17 - a) Escavação da trincheira de infiltração; b) Trincheira preenchida com brita envolvida em geotêxtil. Fonte: Os autores.
- FIGURA 18 - Etapas iniciais da construção do pavimento permeável na área de estacionamento da Escola de Engenharia de Pernambuco, CTG/UFPE. Dissertação de mestrado de Coutinho (2011). Fonte: Os autores.
- FIGURA 19 - Colocação da camada de areia e dos blocos vazados no pavimento permeável da Escola de Engenharia de Pernambuco CTG/UFPE. Dissertação de mestrado de Coutinho (2011). Fonte: Os autores.
- FIGURA 20 - Análise das características do solo a diferentes profundidades. Fonte: Almeida (2017).
- FIGURA 21 - Escavação preenchida com agregado reciclado. Fonte: Almeida (2017).
- FIGURA 22 - a) Concreto poroso formado por cimento e agregado graúdo; b) Ensaio de permeabilidade do concreto; c) Etapa da concretagem. Fonte: Almeida (2017).
- FIGURA 23 - Esquema de jardim de chuva instalado na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Dissertação de Barros (2021). Fonte: Os autores.
- FIGURA 24 - Jardim de Chuva (sistema de biorretenção) construído no campus da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco na dissertação de Barros (2021). Fonte: Os autores.
- FIGURA 25 - Conjunto para captação das águas superficiais do telhado para o jardim de chuva-piloto da UFPE. Fonte: Melo et al. (2014). Tássia Melo.

CAPÍTULO 3 - MACRODRENAGEM: A ESTRUTURAÇÃO FLUIDA DA CIDADE DO RECIFE

- FIGURA 1 - Desenho esquemático da baía entulhada do Recife segundo J. C. Branner, 1904. Fonte: A Cidade do Recife. Josué de Castro, 1966.p.17.
- FIGURA 2 - Mapa do Recife. Fonte: O autor.
- FIGURA 3 - Mapa da Cidade Maurícia de 1639. Fonte: Atlas de J. Vingboons (original de Cornelis Golyath). Acervo do Instituto Arqueológico, Histórico e Geográfico Pernambucano.
- FIGURA 4 - Visão atual da baía ocupada. Fonte: O autor.
- FIGURA 5 - Estuário Comum do Recife. Fonte: Google Earth, 2010.
- FIGURA 6 - Bacia de Evolução do Porto do Recife. Fonte: O autor.
- FIGURA 7 - Incursão da maré na rede de macrodrenagem do Recife. Fonte: Alcoforado, 2006.
- FIGURA 8 - Bacias hidrográficas do município do Recife. Fonte: O autor.
- FIGURA 9 - Área inundada em Recife, na enchente de 1975. Fonte: Autor (figura reproduzida a partir de Revista Saneamento,1976).

CAPÍTULO 4 - O NOVO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM DO RECIFE: DESAFIOS À URBANIZAÇÃO E À SUSTENTABILIDADE FACE AOS CONFLITOS COM A ÁGUA NA VENEZA BRASILEIRA

- FIGURA 1 - Desenho esquemático da baía entulhada do Recife segundo J. C. Branner,1904. Fonte: A Cidade do Recife. Josué de Castro,1966.p.17.
- FIGURA 2 - Mapa do Recife e de Olinda em 1644. Fonte: Menezes, José Luiz. Atlas cartográfico do Recife, 1999.
- FIGURA 3 - Vista panorâmica do Canal do Jordão. Fonte: O autor, 1999.
- FIGURA 4 - Calhas de alagamento. Fonte: PDDR, 2017a.
- FIGURA 5 - Aumento de pico e volume das inundações. Fonte: PDDR, 2017^a.
- FIGURA 6 - Avanço da cidade sobre as calhas de inundação. Fonte: PDDR, 2017^a.
- FIGURA 7 - Bacias hidrográficas do Recife. Fonte: PDDR, 2017^a.

FIGURA 8 - Enchente do Rio Tejiptió e afluentes. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 9 - Ocupação das margens do Canal do Rio da Prata. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 10 - Travessia de tubulação com interferência, Rio Jiquiá. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 11 - Aspectos não hidráulicos do Canal da Borborema. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 12 - Alagamento na Av. Recife, cruzamento com a Av. Dom Helder. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 13 - Alagamento próximo ao mercado de Afogados. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 14 - Tubulação da Compesa às margens do Canal Carneiro Mariz. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 15 - Casa erguida sobre o Canal de Guarulhos. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 16 - Ocupação das margens do Jordão depois de revestido. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 17 - Lago na nascente do Canal do Cavouco, UFPE. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 18 - Tratamento das margens do Canal do Cavouco, UFPE. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 19 - Travessia certa de tubulação sobre o Canal do Cavouco. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 20 - Canal do Setúbal já totalmente revestido. Fonte: PDDR, 2017a.

FIGURA 21 - indicação de pontos de alagamento no sistema viário. Fonte: PDDR, 2017c.

FIGURA 22 - Proposta de tratamento urbano-ambiental para Riacho Dondon de modo a mantê-lo sem revestimento. Fonte: PDDR, 2017c.

FIGURA 23 - Rio Jiquiá _leito assoreado. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 24 - Rio Beberibe_via marginal recém-implantada. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 25 - Rio Tejiptió _áreas marginais degradadas. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 26 - Canal Farias Neves _revestimento danificado. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 27 - Canal Guarulhos_ trecho não revestido. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 28 - Canal do Cavouco _margens não definidas. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 29 - Canal do ABC _habitações na calha do canal. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 30 - Curso de água obstruído por tubo da Compesa. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 31 - Limpeza de galeria. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 32 - Boca de lobo danificada. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 33 - Imagens ilustrativas/internet (www.pipeviewamerica.com). Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 34 - Galeria danificada. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 35 - Boa Viagem_Rua Ernesto de Paula Santos alagada. Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 36 - Imagem ilustrativa/internet (meioambienterecife.wordpress.com). Fonte: PDDR, 2017b.

FIGURA 37 - Vista do Rio Capibaribe. Fonte: PDDR, 2017c.

FIGURA 38 - Vista do Rio Capibaribe. Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bairro_da_Jaqueira_e_o_Rio_Capibaribe_-_Zona_Norte_-_Recife,_Pernambuco,_Brasil_\(8646548128\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bairro_da_Jaqueira_e_o_Rio_Capibaribe_-_Zona_Norte_-_Recife,_Pernambuco,_Brasil_(8646548128).jpg)

CAPÍTULO 5 - A GESTÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO RECIFE

FIGURA 1 - Macrobacias principais do Recife. Fonte: Os autores, 2012.

FIGURA 2 - Mapeamento da Planície do Recife. Fonte: Os autores, 2018.

FIGURA 3 - Distribuição média mensal de chuvas acumuladas. Fonte: Inmet, 2018.

FIGURA 4 - Área de intervenção do Plano de Saneamento. Fonte: Iphan, mapoteca nº 1875, 1983.

FIGURA 5 - Crescimento populacional do Recife. Fonte: IBGE, 2018.

FIGURA 6 - Bairro da Ilha do Retiro na cheia de 1975. Fonte: TV JC, 2015.

FIGURA 7 - Alagamento na Rua da Aurora em março/2016 pela maré de 2,7 m (DHN). Fonte: Gustavo Belarmino/NE10.

FIGURA 8 - Reservatório de detenção da Rua Santo Elias em construção. Fonte: Os autores, 2007.

FIGURA 9 - Mapeamento dos pontos críticos de drenagem. Fonte: Os autores, 2018.

FIGURA 10 - Canaleta da Rua Manoel Borba. Fonte: Emlurb-GGDP, 2018.

FIGURA 11 - Interferências na Av. Caxangá com a Av. Prof. Moraes Rego. Fonte: Os autores

FIGURA 12 - Interferência da rede de drenagem da Rua Prof. Benedito Monteiro. Fonte: Os autores

CAPÍTULO 6 - AS ÁGUAS DO RECIFE E O ORDENAMENTO DA PAISAGEM URBANA

FIGURA 1 - Planície inundável do Recife. Fonte: Oliveira, 1942.

FIGURA 2 - Vista do delta comum. Fonte: Lopes, 2009.

FIGURA 3 - Proposta de Intervenção Urbano-ambiental para as Margens de Rios e Riachos da Cidade do Recife. Fonte: O autor.

FIGURA 4 - Áreas de intervenção propostas pelo PMDR para tratamento urbano-paisagístico. Fonte: Emlurb, 2013.

FIGURA 5 - Planta geral da cidade do Recife e regiões ribeirinhas abordadas. Fonte: O autor.

FIGURA 6 - Seção 8 da Proposta de Reordenamento Marginal para o Rio Beberibe. Fonte: O autor.

FIGURA 7 - Seção 2 da Proposta de Reordenamento Marginal para o Rio Beberibe. Fonte: O autor.

FIGURA 8 - Prancha 2/2 da Proposta de Reordenamento Marginal para o Riacho Dondon. Fonte: O autor.

FIGURA 9 - Prancha 3/5 da Proposta de Reordenamento Marginal para o Rio Tejiptió. Fonte: O autor.

CAPÍTULO 7 - PARTICIPAÇÃO SOCIAL E DRENAGEM URBANA

FIGURAS 1 E 2 - Margens do Rio Capibaribe: a primeira na comunidade Ayrton Senna, no Barbalho (margem direita), e a segunda no bairro da Várzea, Vila Arraes (margem esquerda), Recife/PE. Fonte: A autora, 2014 e 2016.

FIGURAS 3, 4, 5, 6, 7 E 8 - Habitações dispostas às margens dos cursos de água, drenagem improvisada pela população, Vila Miguel Arraes, Bairro da Várzea - Recife/PE. Fonte: A autora, 2016.

FIGURAS 9 E 10 - Objetos dispostos às margens e no leito do Rio Capibaribe, Vila Arraes, Recife/PE. Fonte: A autora, 2016.

FIGURA 11 - Resíduos sólidos às margens do Rio Capibaribe, Ayrton Senna, Barbalho - Recife/PE. Fonte: A autora, 2014.

CAPÍTULO 8 - O RECIFE NO CONTEXTO MUNDIAL DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

FIGURA 1 - Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Fonte: ONU, 2020.

FIGURA 2 - Destaque para os ODS 6, 11 e 13. Fonte: ONU, 2020.

FIGURA 3 - Comportamento pluviométrico médio da região litorânea de Pernambuco com média dos meses separando os meses secos e úmidos. Fonte: Reis *et al.*, 2019.

FIGURA 4 - Curva de permanência para a PMDA (em cinza) e PMDM (em verde) com a distribuição de Gumbel. Fonte: Rabelo *et al.*, 2019.

FIGURA 5 - Precipitação pluviométrica média anual para o litoral pernambucano. Fonte: Reis *et al.*, 2019.

FIGURA 6 - Aplicação das equações i-d-f para a cidade do Recife. Fonte: Coutinho, 2021.

FIGURA 7 - Fases do sistema de drenagem urbana. Fonte: Melo, 2021.

FIGURA 8 - Tipos de técnica alternativa. Fonte: Melo, 2021.

FIGURA 9 - Classificação das técnicas alternativas de acordo com a forma de controle das águas pluviais. Fonte: Melo, 2021.

FIGURA 10 - Classificação das técnicas alternativas de acordo com o princípio de funcionamento. Fonte: Melo, 2021.

CHAPTER 1 - TOWARDS WATER-SENSITIVE URBAN DESIGN. RECIFE: THE DYNAMICS OF NATURE AND URBAN DEVELOPMENT

FIGURES 1 AND 2: Roman cistern in Fermo, Italy, and Roman aqueduct in Lyon, France. Examples of the “taming” of waters to support life in cities. Source: https://www.residencecasabianca.eu/blog/il-territorio?page_id=2614782 e https://fr.wikipedia.org/wiki/Aqueducs_antiques_de_Lyon.

FIGURES 3 AND 4: Parnamirim Creek, in Recife, polluted, with its banks occupied. An example of the impact of human activity on watercourses and aquatic environments. Source: Author's collection and Luiz Vieira, 2017.

FIGURES 5 AND 6: Hillsides exposed to landslides in Nova Descoberta, Recife, 2021, and flooded streets in Casa Forte, Recife, 2020.

FIGURES 7 AND 8: Views of Recife, Brazil, and Bruges, Belgium. Examples of cities “molded” by their waters. Source: Author's collection, 2017 and 2009.

FIGURES 9 AND 10: Examples of inequity in urban spaces impacted by water. Source: Author's collection, 2008.

FIGURE 11: Diagram outlining inter- and intra-sector integration, illustrating the complexity of the urban water management challenge. Source: designed by author.

FIGURE 12: Diagram illustrating “water pollution cycle” as proposed by Tucci. The nature of water cycle alterations in urban settings. Source: Designed by author, 2010, based on Tucci, 2007.

FIGURE 13: Scales of urban water management interventions. Examples based on the Viva o Morro, Prometropole and PQA programs, in the Recife Metropolitan Region. Source: Designed by the author.

FIGURES 14 AND 15: Drainage ditches and reservoir, in Noisy-le-Grand, France. Examples of water management solutions associated with landscaping. Source: Author's collection, 2009.

FIGURES 16 AND 17: Watercourse restored by Drenurbs, in Parque Primeiro de Maio. Examples of urban stream restoration solutions, in Belo Horizonte. Source: Author's collection.

FIGURES 18 AND 19: Activation of “Capibaribe Beach” and Jardim do Baobab Gardens, on the riverbank. Examples of solutions that respect the River Capibaribe and its banks, in Recife. Source: Inciti.org. and Luiz Vieira, 2018.

CHAPTER 2 - SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS (SuDS)

FIGURE 1: Detention basins used for sports and leisure on days without rainfall. a) Porto Alegre (Brazil), b) Grenoble (France). Source: The authors.

FIGURE 2: Retention lake in Belo Horizonte: retaining water and also used for sports and leisure activities. Source: Baptista et al. (2011).

FIGURE 3: Representation of micro-reservoir constructed in Espinheiro neighborhood underneath Rua Santo Elias, in Recife/PE. Source: The authors.

FIGURE 4: Details of construction of micro-reservoir underneath Rua Santo Elias, in the Espinheiro neighborhood of Recife/PE. Source: The authors.

FIGURE 5: Location of projected underground reservoirs in Sanbra Canal basin (not constructed). Source: The authors.

FIGURE 6: Department store in Tamarineira, Recife/PE, where on-lot reservoirs were constructed to control storm water at source. Source: The authors, using Google Images.

FIGURE 7: Diagrams showing vegetation used for each type of roof. Source: The authors.

FIGURE 8: Different kinds of vegetation used for extensive roof: a) grass and weeds, and cactus; b) aloe. Source: The authors.

FIGURE 9: Infiltration in concrete slab underneath green roof. Source: The author.

FIGURE 10: Waterproofing of concrete slab for installation of ecological roof Source: Rocha, 2020

FIGURE 11: Ecological roof with PET bottles on concrete slab. Source: The author.

FIGURE 12: Green roof on a commercial building in Barcelona, Spain. Source: The author.

FIGURE 13: Research installations on green roofs. Source: The author.

FIGURE 14: Schematic diagram of an infiltration trench. Source: Melo et al., 2016.

FIGURE 15: Location of construction of large-scale infiltration trench. Source: The authors, using Google Images.

FIGURE 16: a) Collection of subsoil samples at different depths using a manual auger; b) Infiltration test to assess infiltration capacity of soil. Source: The authors.

FIGURE 17: a) Excavation of infiltration trench; b) Trench filled with gravel encased in geotextile. Source: The authors.

FIGURE 18: Initial stages in construction of permeable paving in parking lot of Pernambuco School of Engineering, CTG/UFPE. Coutinho (2011) Master's Dissertation. Source: The authors.

FIGURE 19: Installation of layer of sand and hollow paver blocks in permeable paving at Pernambuco School of Engineering CTG/UFPE. Coutinho (2011) Master's Dissertation. Source: The authors.

FIGURE 20: Soil Characteristics at Different Depths. Source: Almeida (2017).

FIGURE 21: Hole filled with recycled aggregate. Source: Almeida (2017).

FIGURE 22: a) Porous concrete made of cement and coarse aggregate; b) Test of permeability of concrete; c) Concreting stage. Source: Almeida (2017).

FIGURE 23: Rain garden system installed at the University of Pernambuco's Polytechnic College. Barros (2021) Master's Dissertation. Source: The authors.

FIGURE 24: Rain garden (bio-retention system) constructed on campus of University of Pernambuco's Polytechnic College Barros (2021) Master's Dissertation. Source: The authors.

FIGURE 25: Collection of rainwater from roof for UFPE rain garden pilot. Source: Melo et al. (2014).

CHAPTER 3 - MACRODRAINAGE: THE FLUID STRUCTURING OF THE CITY OF RECIFE

FIGURE 1: Schematic Drawing of Recife as a Land-filled Bay . Source: J. C. Branner.

FIGURE 2: Map of Recife. Source: The author.

FIGURE 3: Cornelis Golijath Map – The City of Mauricia (1648). Source: <https://bndigital.bn.gov.br/artigos/perfecte-caerte-der-gelegenthey-tan-olinda-de-pharnambuco-maurits-stadt-ende-treciffo/>.

FIGURE 4: Present-day view of occupied bay. Source: The author.

FIGURE 5: The Recife Estuary. Source: Google Earth, 2010.

FIGURE 6: Evolution of Recife Port Basin. Source: The author.

FIGURE 7: IncurSION of tide in Recife macro-drainage network. Source: Alcoforado, 2006.

FIGURE 8: Drainage Basins of the Municipality of Recife. Source: The author.

FIGURE 9: Areas of Recife inundated during the 1975 floods. Source: The author (using images Revista Saneamento, 1976).

CHAPTER 4 - RECIFE'S NEW MASTER PLAN FOR DRAINAGE: THE CHALLENGES OF URBAN DEVELOPMENT AND SUSTAINABILITY IN THE CONTEXT OF WATER CRISES IN THE VENICE OF BRAZIL

FIGURE 1: Diagram showing filling of Recife Bay. Source: Oliveira, 1942.

FIGURE 2: Map of Recife and Olinda in 1644. Source: Menezes, José Luiz. Atlas cartográfico do Recife [Cartographic Atlas of Recife], 1999.

FIGURE 3: Panoramic View of Jordão Canal. Source: Author's collection, 1999.

FIGURE 4: Flood channels. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 5: Increase in maximum height and volume of flooding. Source: PDDR, 2017^a.

FIGURE 6: Expansion of the city over flood channels. Source: PDDR, 2017^a.

FIGURE 7: Drainage Basins of Recife. Source: PDDR, 2017^a.

FIGURE 8: Flooding of River Tejiptio and Tributaries. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 9: Occupation of Banks of Rio da Prata Canal. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 10: Inadequate pipeline crossing River Jiquiá. Source: PDDR, 2017^a.

FIGURE 11: Hydraulic aspects of Borborema Canal. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 12: Flooding at crossroads between Av. Recife and Av. Dom Helder. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 13: Flooding near Afogados Market. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 14: Water pipeline along bank of Carneiro Mariz Canal. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 15: House built over Guarulhos Canal. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 16: Occupation of Banks of Jordão Canal after reinforcement. Source: PDDR, 2017a

FIGURE 17: Lake at source of Cavouco Canal, UFPE. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 18: Treatment of banks of Cavouco Canal, UFPE. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 19: Adequate pipeline crossing on Cavouco Canal. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 20: Setúbal Canal, already fully reinforced. Source: PDDR, 2017a.

FIGURE 21: Points on transport network affected by flooding. Source: PDDR, 2017c.

FIGURE 22: Proposal for urban environmental treatment of Riacho Dondon in such a way as to maintain its original banks. Source: PDDR, 2017c.

FIGURE 23: Rio Jiquiá: silted up riverbed. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 24: River Beberibe: recently installed riverside route. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 25: River Tejió: degraded banks. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 26: Farias Neves Canal: damaged lining. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 27: Guarulhos Canal: unreinforced stretch. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 28: Cavouco Canal: banks not clearly defined. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 29: ABC Canal: Housing in channel of canal. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 30: Watercourse obstructed by water pipeline. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 31: Cleaning of sewers. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 32: Damaged storm drain. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 33: Illustrative images/Internet (www.pipeviewamerica.com). Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 34: Damaged sewer. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 35: Boa Viagem: Rua Ernesto de Paula Santos flooded. Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 36: Illustrative image/Internet (meioambienterecife.wordpress.com). Source: PDDR, 2017b.

FIGURE 37: View of Capibaribe River. Source: PDDR, 2017c.

FIGURE 38: View of Capibaribe River. Source: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bairro_da_Jaqueira_e_o_Rio_Capibaribe_-_Zona_Norte_-_Recife,_Pernambuco,_Brasil_\(8646548128\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bairro_da_Jaqueira_e_o_Rio_Capibaribe_-_Zona_Norte_-_Recife,_Pernambuco,_Brasil_(8646548128).jpg)

CHAPTER 5 - THE MANAGEMENT OF RECIFE'S DRAINAGE SYSTEM

FIGURE 1: Main Macro-Basins of Recife. Source: The authors, 2012.

FIGURE 2: Map of Recife Plain. Source: The authors, 2018.

FIGURE 3: Average monthly accumulated rainfall. Source: InMet, 2018.

FIGURE 4: Area covered by Sanitation Plan Intervention. Source: IPHAN Map Collection nº 1875, 1983.

FIGURE 5: Population Growth in Recife. Source: IBGE, 2018.

FIGURE 6: Ilha do Retiro neighborhood during the floods of 1975. Source: TV JC, 2015.

FIGURE 7: Flooding of Rua da Aurora in March 2016 by 2.7 m-high tide (DHN). Source: Gustavo Belarmino/NE10.

FIGURE 8: Rua Santo Elias detention basin under construction. Source: The authors, 2007.

FIGURE 9: Map of Critical Drainage Points. Source: The authors, 2018.

FIGURE 10: Gutter on Rua Manoel Borba. Source: GGDP, 2018.

FIGURE 11: Disruption at the intersection of Av. Caxangá and Av. Prof. Moraes Rego. Source: The authors

FIGURE 12: Disruption of the drainage network on Rua Prof. Benedito Monteiro. Source: The authors

CHAPTER 6 - THE WATERS OF RECIFE AND URBAN LANDSCAPE PLANNING

FIGURE 1: Recife Floodplain. Source: Oliveira, 1942.

FIGURE 2: View of Shared Delta. Source: Lopes, 2009.

FIGURE 3: Proposed Urban Environmental Intervention for Banks of Rivers and Streams in the City of Recife. Source: Author's collection.

FIGURE 4: Areas proposed for urban landscape intervention by PMDR. Source: Emlurb, 2013.

FIGURE 5: Overall layout of the city of Recife and riverside regions covered. Source: Author's collection.

FIGURE 6: Section 8 of Redevelopment Proposal for the Banks of the River Beberibe. Source: Author's collection.

FIGURE 7: Section 2 of Redevelopment Proposal for the Banks of the River Beberibe. Source: Author's collection.

FIGURE 8: 2/2 Model of Redevelopment Proposal for the Banks of Riacho Dondon. Source: Author's collection.

FIGURE 9: 3/5 Model of Redevelopment Proposal for the Banks of the River Tejió. Source: Author's collection.

CHAPTER 7 - SOCIAL PARTICIPATION AND URBAN DRAINAGE

FIGURES 1 AND 2: Banks of the River Capibaribe: in the Ayrton Senna community, in Barbalho (on the right bank) (Photo 1), and in Vila Arraes in the Várzea neighborhood (on the left bank) (Photo 2), Recife/PE. Source: Author, 2014 and 2016.

FIGURES 3, 4, 5, 6, 7 AND 8: Housing on the banks of watercourses, with drainage improvised by the local population, in the Vila Miguel Arraes community, in the Várzea neighborhood - Recife/PE. Source: The Author, 2016.

FIGURES 9 AND 10: Solid waste dumped in and around the River Capibaribe, in the Vila Arraes community, Recife/PE. Source: The author, 2016.

FIGURE 11: Solid waste on the banks of the River Capibaribe, Ayrton Senna community, Barbalho - Recife/PE. Source: The author, 2014.

CHAPTER 8 - RECIFE IN THE INTERNATIONAL CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

FIGURE 1: The 17 Sustainable Development Goals. Source: ONU, 2020.

FIGURE 2: Sustainable Development Goals 6, 11 and 13. Source: ONU, 2020.

FIGURE 3: Mean rainfall in coastal part of the State of Pernambuco showing means for each month and dry and rainy seasons. Source: Reis et al., 2019.

FIGURE 4: Duration curve for AMDR (in gray) and MMDR (in green) with Gumbel distribution. Source: Rabelo et al., 2019.

FIGURE 5: Annual mean precipitation for coastal Pernambuco. Source: Reis et al., 2019.

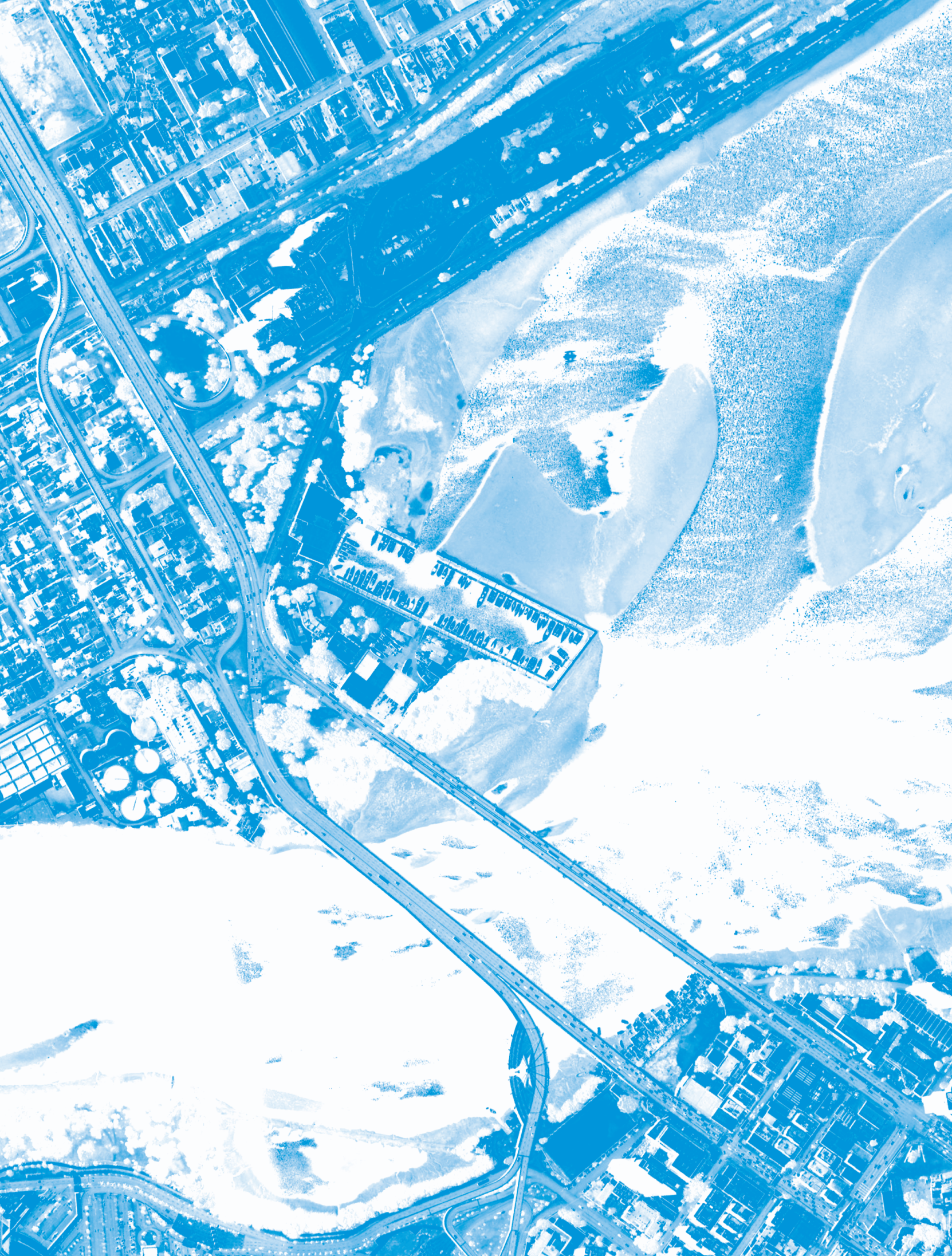
FIGURE 6: Application of IDF equations to city of Recife. Source: Coutinho, 2021.

FIGURE 7: Phases of Urban Drainage System. Source: Melo, 2021.

FIGURE 8: Types of Alternative Technique. Source: Melo, 2021.

FIGURE 9: Classification of alternative techniques according to form of control of storm water. Source: Melo, 2021.

FIGURE 10: Classification of alternative techniques according to underlying function. Source: Melo, 2021.





FICHA TÉCNICA CONTRIBUTORS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

FEDERAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO

Mandato a partir de outubro 2019

Term of Office beginning October 2019

REITOR CHANCELLOR

Alfredo Macedo Gomes

VICE-REITOR VICE-CHANCELLOR

Moacyr Cunha de Araújo Filho

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

DEAN OF GRADUATE STUDIES

Magna do Carmo Silva

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO

DEAN OF POST-GRADUATE STUDIES

Carol Virginia Gois Leandro

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

DEAN OF RESEARCH AND INNOVATION

Pedro Valadão Carelli

PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO E CULTURA

DEAN OF OUTREACH INITIATIVES AND CULTURAL AFFAIRS

Oussama Naouar

PRÓ-REITORIA DE ASSUNTOS ESTUDANTIS

DEAN OF STUDENT AFFAIRS

Fernando José do Nascimento

PRÓ-REITORIA DE PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO E FINANÇAS

DEAN OF PLANNING, BUDGETING AND FINANCIAL AFFAIRS

Helen Gomes Frade

PRÓ-REITORIA DE GESTÃO DE PESSOAS

E QUALIDADE DE VIDA

DEAN OF PERSONNEL MANAGEMENT AND SOCIAL WELFARE

Brunna Carvalho Almeida Granja

PRÓ-REITORIA DE GESTÃO ADMINISTRATIVA

DEAN OF ADMINISTRATIVE MANAGEMENT

Liliana Vieira de Barros

COLEÇÃO RECIFE 500 ANOS

RECIFE 500 YEARS COLLECTION

UNIDADE RESPONSÁVEL UNIT RESPONSIBLE

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO

OFFICE OF THE DEAN OF RESEARCH AND INNOVATION

PRÓ-REITOR DEAN

Pedro Valadão Carelli

COORDENAÇÃO GERAL GENERAL COORDINATOR

Roberto Montezuma

CONSELHO EDITORIAL EDITORIAL BOARD

Francisco Cunha

Ricardo Leitão

Roberto Montezuma

CURADORIA CURATOR

Cármem Maria Mota Cardoso

PRODUÇÃO EXECUTIVA EXECUTIVE PRODUCER

Ângela Carneiro da Cunha

CONSULTORIA EXECUTIVA EXECUTIVE CONSULTANT

Thiago José Galvão das Neves

DESIGN GRÁFICO E TRATAMENTO DE IMAGEM

GRAPHIC DESIGN AND IMAGES

Raul Kawamura

REVISÃO DE TEXTO COPY-EDITING

Ursula Neumann

TRADUÇÃO TRANSLATION

Peter Ratcliffe

IMPRESSÃO E ACABAMENTO PRINTING

Companhia Editora de Pernambuco

RECIFE DRENAGEM URBANA

RECIFE URBAN DRAINAGE

ORGANIZADOR GENERAL EDITOR

Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos

AUTORES AUTHORS

Alisson do Carmo

Antônio Celso Dantas Antonino

Artur Paiva Coutinho

Fabiano Rocha Diniz

Fernandha Batista Lafayette

Gerson Batista Filho

Ialy Rayane de Aguiar Costa

Jaime Cabral

Lucas Ravellys Pyrrho de Alcântara

Marília Dantas

Onilda Gomes Bezerra

Pedro Oliveira

Ronald Fernando A. Vasconcelos

Rosa Maria Cortez de Lima

Sérgio Manoel da Silva

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Sylvana Santos

Tássia dos Anjos Tenório De Melo

PREFEITURA DO RECIFE

RECIFE CITY HALL

Mandato a partir de janeiro 2021

Term of Office beginning November 2021

PREFEITO *MAYOR*

João Henrique de Andrade Lima Campos

VICE-PREFEITA *DEPUTY MAYOR*

Isabella de Roldão

SECRETARIA DA MULHER

DEPARTMENT OF WOMEN'S AFFAIRS

Glauce Medeiros

SECRETARIA DE CULTURA *DEPARTMENT OF CULTURE*

Ricardo Mello

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

DEPARTMENT OF ECONOMIC DEVELOPMENT, SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION

Rafael Dubeux

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL, JUVENTUDE, POLÍTICAS SOBRE DROGAS E DIREITOS HUMANOS

DEPARTMENT OF SOCIAL DEVELOPMENT, YOUTH, DRUGS POLICY, AND HUMAN RIGHTS

Ana Rita Suassuna

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO *DEPARTMENT OF EDUCATION*

Frederico da Costa Amancio

SECRETARIA DE ESPORTES *DEPARTMENT OF SPORTS*

Rodrigo Coutinho

SECRETARIA DE FINANÇAS *DEPARTMENT OF FINANCIAL AFFAIRS*

Maíra Fischer

SECRETARIA DE GOVERNO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL

DEPARTMENT OF GOVERNANCE AND SOCIAL PARTICIPATION

Carlos Muniz

SECRETARIA DE HABITAÇÃO *DEPARTMENT OF HOUSING*

Maria Eduarda Medicis

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA *DEPARTMENT OF INFRASTRUCTURE*

Marília Dantas

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE *DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT*

Carlos Ribeiro

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

DEPARTMENT OF PLANNING, MANAGEMENT AND DIGITAL TRANSFORMATION

Felipe Martins Matos

SECRETARIA DE POLÍTICA URBANA E LICENCIAMENTO

DEPARTMENT OF CITY PLANNING AND PERMITS

Leonardo Bacelar

SECRETARIA DE SANEAMENTO *DEPARTMENT OF SANITATION*

Érika Moura

SECRETARIA DE SAÚDE *DEPARTMENT OF HEALTH*

Luciana Albuquerque

SECRETARIA DE SEGURANÇA CIDADÃ *DEPARTMENT OF PUBLIC SECURITY*

Murilo Cavalcanti

SECRETARIA DE TRABALHO E QUALIFICAÇÃO

PROFISSIONAL

DEPARTMENT OF EMPLOYMENT AND PROFESSIONAL TRAINING

Adriana Rocha

SECRETARIA DE TURISMO E LAZER

DEPARTMENT OF TOURISM AND LEISURE

Cacau de Paula

SECRETARIA-EXECUTIVA DE DEFESA CIVIL

EXECUTIVE SECRETARY FOR CIVIL DEFENSE

Coronel Cassio Sinomar Queiroz de Santana

OBSERVATÓRIO DO RECIFE

O Observatório do Recife (ODR), integrante da Rede por Cidades Justas Democráticas e Sustentáveis, é um movimento da sociedade civil que reúne setores empresariais, acadêmicos, movimentos sociais e cidadãos, mobilizados com o intuito de selecionar, propor e monitorar um conjunto de indicadores e projetos que contribuam para a construção de um projeto estratégico de cidade para o Recife visando a transformá-lo numa cidade sustentável e melhor para viver, economicamente próspera, socialmente justa, ambientalmente equilibrada e espacialmente planejada.

RECIFE OBSERVATORY

The Recife Observatory, which forms part of the Network for Fair Democratic and Sustainable Cities, is a civil society movement that brings together business, academia, social organizations and citizens movements, for the purpose of selecting, proposing and monitoring a set of indicators for a strategic project for the city of Recife. The aim is to transform Recife into a planned, sustainable, more livable city, with a prosperous economy, a just society, and a good balance between the natural and the built environment.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO
GOVERNMENT OF THE STATE OF PERNAMBUCO

GOVERNADOR DO ESTADO *STATE GOVERNOR*

Paulo Henrique Saraiva Câmara

VICE-GOVERNADORA *DEPUTY GOVERNOR*

Luciana Barbosa de Oliveira Santos

SECRETÁRIO DA CASA CIVIL *CHIEF OF STAFF*

José Francisco de Melo Cavalcanti Neto

COMPANHIA EDITORA DE PERNAMBUCO
PERNAMBUCO PUBLISHING COMPANY

PRESIDENTE *PRESIDENT*

Ricardo Leitão

DIRETOR DE PRODUÇÃO E EDIÇÃO

DIRECTOR OF PRODUCTION AND PUBLICATION

Ricardo Melo

DIRETOR ADMINISTRATIVO E FINANCEIRO

DIRECTOR OF ADMINISTRATION AND FINANCE

Bráulio Mendonça Meneses

SUPERINTENDÊNCIA DE PRODUÇÃO EDITORIAL *SUB-EDITOR*

Luiz Arrais

SUPERINTENDÊNCIA DE PRODUÇÃO GRÁFICA

EDITOR OF GRAPHIC DESIGN

Júlio Gonçalves

EDITOR *EDITOR*

Diogo Guedes

EDITORA ASSISTENTE *ASSISTANT EDITOR*

Mariza Pontes

PRODUÇÃO GRÁFICA *GRAPHIC PRODUCTION*

Joselma Firmino

Os textos deste livro foram compostos em Whitney,
fonte projetada por Tobias Frere-Jones em 2004.
O miolo foi impresso em papel ofsete 120 g/m²; e a
capa, em cartão Supremo 250 g/m², na Companhia
Editora de Pernambuco, em Fevereiro de 2022.

ISBN 978-85-7858-917-2



9 788578 589172

Recife Drenagem Urbana é um dos livros que integram a Coleção Recife 500 Anos, trabalho desenvolvido pela Universidade Federal de Pernambuco, a Companhia Editora de Pernambuco e o Observatório do Recife. Os 500 anos de fundação da capital – a ocorrer em 2037 – estimulam reflexões sobre as etapas de sua urbanização, da colonização portuguesa ao Recife do futuro. O diversificado conteúdo da coleção resulta de debates técnicos com especialistas de Pernambuco, do Brasil e do exterior. A presente publicação mergulha nos caminhos dos rios e do mar em uma cidade que, ao longo de 500 anos, aprendeu a dialogar com as águas.

REALIZAÇÃO PRODUCTION



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



ONU HABITAT



Recife: Urban Drainage is one of the books in the Recife 500 Years Collection, a series developed by the Federal University of Pernambuco, the Pernambuco Publishing Company, and Recife Observatory. The upcoming 500th anniversary of the foundation of the Pernambuco State capital in 2037 encourages reflection on the stages in the city's urban development, from its Portuguese colonization to the Recife of the future. The Collection's diverse content is the fruit of technical discussions with specialists from Pernambuco, Brazil and abroad. This book examines the rivers and sea of a city that, over 500 years, has learnt to coexist with its waters.

APOIO SUPPORT