

Universidade Federal do Rio de Janeiro

DIRETRIZES RELACIONADAS À IMPLANTAÇÃO DA  
INFRAESTRUTURA VERDE PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA  
URBANA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Fernanda Carolina Amorim dos Santos Brandão

Henrique de Almeida Crespo



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  

---

Escola Politécnica

## DIRETRIZES RELACIONADAS À IMPLANTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA URBANA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Fernanda Carolina Amorim dos Santos Brandão  
Henrique de Almeida Crespo

Projeto de Graduação apresentado  
ao Curso de Engenharia Ambiental  
da Escola Politécnica, Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, como  
parte dos requisitos necessários à  
obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Angela Maria Gabriella  
Rossi, DSc.

Rio de Janeiro

Abril de 2016

DIRETRIZES RELACIONADAS À IMPLANTAÇÃO DA  
INFRAESTRUTURA VERDE PARA AUMENTAR A RESILIÊNCIA  
URBANA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Fernanda Carolina Amorim dos Santos Brandão  
Henrique de Almeida Crespo

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE  
ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

---

Professora Angela Maria Gabriella Rossi, D.Sc.

---

Professora Monica Pertel, D. Sc.

---

Denise da Silva de Sousa, D. Sc.

---

Giovannini Luigi, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL de 2016

Brandão, Fernanda Carolina Amorim dos Santos

Crespo, Henrique de Almeida

Diretrizes Relacionadas à Implantação da Infraestrutura Verde para Aumentar a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas/ Fernanda Carolina Amorim dos Santos Brandão e Henrique de Almeida Crespo. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.

ix, 120p.: il.; 29,7 cm

Orientador: Prof<sup>a</sup> Angela Maria Gabriella Rossi, D. Sc.

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 112-120

1. Infraestrutura Verde; 2. Resiliência Urbana; 3. Mudanças Climáticas; 4. Sustentabilidade Urbana; 5. Sistemas Naturais

I. Rossi, Angela Maria Gabriella. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Título.

*“Não se promove mudanças lutando contra o que já existe. Para mudar algo, construa algo novo que torne o existente obsoleto.”*

*(Buckminster Fuller)*

## AGRADECIMENTOS – FERNANDA BRANDÃO

Aos meus pais, Valéria e Djalma, pela vida e pelo amor incondicional. Por me ensinarem que o estudo e o conhecimento é a única coisa na vida que ninguém pode nos tirar. Por sempre confiarem e investirem em mim. Por serem a minha base, meus maiores exemplos e orgulhos. Essa conquista é de vocês tanto quanto minha.

À minha Avó, Edy, por me abrigar há 14 anos nesta cidade de maravilhas e caos, me oferecendo todo suporte, carinho e dedicação.

A toda minha família, pela torcida, conselhos, exemplos e momentos.

Aos meus amigos, pela amizade e momentos de descontração, principalmente aos amigos da UFRJ, por fazerem dessa jornada mais agradável e divertida. Um obrigado especial a Clara e Marcelo, pela amizade e parceria do início ao fim dessa jornada.

Ao meu namorado, Ramon, pelo companheirismo, força, apoio e carinho nesta reta final, fazendo dela mais fácil e cheia de amor.

À nossa orientadora, Professora Angela Maria Gabriella Rossi, pela disponibilidade, atenção, dedicação, competência, incentivo, paciência e por todo conhecimento compartilhado. Tudo isso sempre com a maior simpatia.

À minha dupla na elaboração deste trabalho, Henrique Crespo, pela troca de conhecimentos e por compartilhar das mesmas preocupações e alegrias durante a elaboração deste.

Ao meu chefe, Nelson Moreira Franco, Gerente de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável da Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, por se disponibilizar a ajudar com o que fosse preciso, além de me emprestar diversos livros para a elaboração deste, inclusive um de autoria própria. Agradeço também ao José Miguel, integrante da nossa pequena equipe e à Denise Sousa, por me dar a oportunidade de trabalhar nesta área que venho me encantando cada dia mais

Finalmente, agradeço a Deus pela vida, saúde e oportunidades, e à Gaia, nosso planeta Terra, por dar suporte a toda forma de vida existente.

## AGRADECIMENTOS – HENRIQUE CRESPO

Gostaria de agradecer à minha família, por todo o suporte, confiança e amor incondicional recebido em todos esses anos. Um agradecimento especial ao meu pai, que não está mais conosco para ler estas palavras, mas há de estar orgulhoso da existência das mesmas.

Aos meus amigos, a família que eu pude escolher. Sem citar nomes para não incitar ciúmes, agradeço a cada um deles. Agradeço por todos os momentos compartilhados ao longo dos anos. Minha vida seria insuportavelmente chata sem vocês.

Ao amor, por mais piegas que possa parecer. Aquele que me alegra, me incentiva, me tira da minha zona de conforto e me faz ir além de onde eu achei que fossem os meus limites.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, por mais imaterial que isso possa parecer, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte desse processo. Aos funcionários, aos professores e especialmente aos colegas de classe. Mais especialmente ainda às duas seguintes.

À Fernanda, minha dupla, por dividir comigo não só esse trabalho e essa responsabilidade, mas também os momentos de descontração envolvidos e todos os frutos positivos que estão por vir.

À nossa orientadora, professora Angela Maria Gabriella Rossi, não só por ter dado o suporte de conhecimento que este trabalho precisava, mas também o suporte de estabilidade que esta dupla precisava.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Diretrizes Relacionadas à Implantação da Infraestrutura Verde para Aumentar a Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas

Fernanda Carolina Amorim dos Santos Brandão

Henrique de Almeida Crespo

Abril/2016

Orientador: Prof.<sup>a</sup>Angela Maria Gabriella Rossi, D. Sc.

Curso: Engenharia Ambiental

O processo de industrialização e urbanização provocou uma grave degradação ambiental no espaço urbano, principalmente pela maneira como o uso e a ocupação do solo se deram. A impermeabilização do solo para a construção de vias e empreendimentos imobiliários e o atual modelo econômico, baseado no alto consumo e despreocupado com o desperdício, levaram a um modelo de cidade altamente poluente, gerador de impactos negativos no meio ambiente e vulnerável a eventos climáticos extremos. A infraestrutura verde surge como um instrumento inovador do urbanismo sustentável, capaz de aumentar a resiliência e sustentabilidade dos sistemas urbanos. As tipologias de infraestrutura verde oferecem uma série de benefícios em diferentes escalas, tanto para o meio ambiente em si, quanto para as pessoas que vivem nos meios urbanos onde elas são implementadas. A grande inovação da infraestrutura verde é oferecer tecnologias que ao invés de tentar controlar os fluxos e sistemas naturais, mimetizem os processos naturais a fim de manter ou restaurar as funções do ecossistema urbano. Como contribuição final para o trabalho, foram apresentadas diretrizes para intervenções urbanas mais sustentáveis, a fim de oferecer uma prévia orientação para quem pretende planejar e projetar infraestruturas verdes, com o objetivo de tornar cidades mais sustentáveis e resilientes às mudanças climáticas.

*Palavras-chave:* Infraestrutura verde; Resiliência Urbana; Mudanças Climáticas; Sustentabilidade Urbana; Sistemas Naturais



Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Guidelines Related to the Implementation of Green Infrastructure for Increasing the Urban Resilience to Climate Change

Fernanda Carolina Amorim dos Santos Brandão

Henrique de Almeida Crespo

April/2016

Advisor: Angela Maria Gabriella Rossi, D. Sc.

Course: Environmental Engineering

The industrialization and the urbanization process have caused severe environmental damage to the urban space, mostly due to the harmful land use. The soil sealing originated from construction sector allied with the current economic system, which is based on consumption and negligent about the environment, have lead to a city model that is extremely pollutant, generates severe negative impacts towards the environment and is also vulnerable to extreme climatic events. The Green Infrastructure appears as an innovative instrument of the sustainable urbanism, which is capable to increase the resilience and sustainability of urban systems. The elements of green infrastructure are able to provide a series of benefits in different scales, not only for the natural environment but also for the people. The innovation in green infrastructure lays on providing technology that doesn't try to control the natural flows and natural system, but rather mime them in order to keep and restore these flows and systems. As a final contribution for this work, have been proposed guidelines to achieve urban intervention that are more sustainable, so as to offer guide to those who intend to plan and project green infrastructure and make the cities more sustainable and resilient towards climate change.

*Keywords:* Green Infrastructure; Urban Resilience; Climate Changes; Sustainable Urban; Natural systems.

## Sumário

1. Introdução .....	1
1.1. Apresentação do tema .....	1
1.2. Objetivo .....	2
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Metodologia empregada.....	3
1.5. Estrutura do trabalho.....	3
2. Cidades e Natureza.....	5
2.1. Período Pré-Industrial .....	6
2.2. Período Industrial .....	10
2.3. Período Pós Industrial .....	16
2.3.1. Importantes Marcos Ambientais.....	16
2.3.2. Urbanismo Sustentável.....	20
3. Resiliência Urbana e Mudanças Climáticas.....	23
3.1. Resiliência.....	23
3.1.1. Risco vs Perigo .....	24
3.1.2. Análise de Risco Ambiental.....	25
3.2. Mudanças Climáticas.....	28
3.2.1. Consequências e Impactos das Mudanças Climáticas .....	29
3.2.2. Adaptação e Mitigação .....	33
3.3. Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas .....	34
4. Infraestrutura Verde.....	37
4.1. Origem e Definição do Conceito de Infraestrutura Verde.....	38
4.1.1. Origem.....	38
4.1.2. Definição.....	41
4.2. Abordagens sobre Infraestrutura Verde.....	43
4.2.1. A Abordagem de Mark Benedict e Edward McMahon (2006).....	44
4.2.2. A Abordagem de Cecília Herzog (2013) .....	48
4.3. Os Benefícios da Infraestrutura Verde.....	59
4.4. Tipologias de Infraestrutura Verde para as Escalas Local e Particular ...	64
4.4.1. Alagado construído .....	64
4.4.2. Lagoa Pluvial.....	69
4.4.3. Lagoa Seca / Bacia de Detenção .....	71
4.4.4. Canteiro pluvial .....	73
4.4.5. Jardim de Chuva ou Bacias Biorretentoras.....	75
4.4.6. Biovaleta ou vala bioretentora .....	76

4.4.7. Telhado Verde.....	78
4.4.8. Parede Verde.....	80
4.4.9. Pavimento Permeável.....	81
4.4.10. Bioengenharia.....	83
4.5. Síntese das Tipologias e seus Benefícios Associados.....	85
4.6. Exemplos de Legislações Pertinentes ao Tema.....	87
4.6.1. Legislação Nacional Pertinente.....	87
4.6.2. Legislação Internacional.....	91
5. Diretrizes para Intervenções Urbanas Mais Sustentáveis.....	94
5.1. Diagnóstico Urbano Ambiental.....	95
5.1.1. Sistema Geológico.....	96
5.1.2. Sistema Hidrológico.....	96
5.1.3. Sistema Biológico.....	97
5.1.4. Sistema Social.....	97
5.1.5. Sistema Circulatório.....	98
5.1.6. Sistema Metabólico.....	98
5.2. Diretrizes Voltadas para a Mitigação de Impactos das Mudanças Climáticas.....	99
5.2.1 Redução das emissões de GEE.....	99
5.2.2 Aumento dos sumidouros de GEE.....	100
5.3. Diretrizes voltadas para a Adaptação aos Impactos das Mudanças Climáticas.....	101
5.3.1. Abastecimento de água.....	102
5.3.2. Segurança Alimentar.....	102
5.3.3. Proteção contra enchentes.....	103
5.3.4. Proteção contra deslizamentos.....	104
5.3.5. Proteção contra variabilidade e anomalias climáticas e Ilhas de Calor.....	105
6. Considerações Finais.....	107
7. Referências Bibliográficas.....	110

# 1. Introdução

## 1.1. Apresentação do tema

Devido ao processo de industrialização e ao avanço do desenvolvimento, com desmatamento da cobertura vegetal para diversos fins, os sistemas naturais estão sendo fragmentados de tal forma que estão perdendo a capacidade de cumprir suas funções originais. Assim, pode-se dizer que a maneira como vem ocorrendo o desenvolvimento humano não é possível coexistir harmonicamente com o meio ambiente natural.

O rápido crescimento da população urbana como uma consequência do processo de industrialização, no qual os padrões de moradia são, em grande parte, ineficientes, aumentam ainda mais os impactos negativos sobre o meio ambiente e tornam o meio urbano ainda mais vulnerável. Isso ocorre devido à ausência de planejamento habitacional que leva ao desmatamento e a ocupação irregular de encostas e áreas alagadiças, além disso, a remoção da cobertura vegetal acarreta na perda de proteção natural destas áreas e aumenta o risco de devastação.

Além disso, a expansão do crescimento urbano está diretamente ligada à redução da biodiversidade e, conseqüentemente, a perda dos benefícios ecológicos que a natureza oferece aos seres humanos. As florestas e a vegetação cultivam o solo, para mantê-lo coeso e regular o fornecimento de água através da manutenção do ciclo hidrológico. Os solos férteis decompõem os poluentes e cultivam alimentos. Os nutrientes mantêm os ciclos bioquímicos necessários à manutenção da vida e contribuem para a reciclagem e decomposição do lixo. Não existem serviços antrópicos que possam substituir à altura estes e outros serviços ecológicos. Além disso, eles dão apoio e sustentação aos sistemas urbanos.

Diante dos eventos climáticos extremos cada vez mais graves e com intervalos menores, do agravamento dos problemas urbanos e dos impactos negativos que as cidades geram sobre o meio ambiente natural, fica evidente a urgência de mudanças na metodologia de ocupação do solo e na maneira que os seres humanos habitam e intervêm no planeta Terra. É preciso aprender a coexistir com o meio ambiente natural e tornar os espaços urbanos cada vez mais resilientes.

Pesquisadores acreditam que é através do planejamento urbano sustentável que poderemos proteger a ecologia do planeta e a própria vida humana na Terra. Para isso, será necessário criar cidades que respeitem o meio ambiente e os cidadãos ao

mesmo tempo e não cidades que tentam controlar os fluxos naturais. A infraestrutura verde surge como um instrumento do urbanismo sustentável que pretende minimizar os impactos da urbanização sobre a natureza, tornando os espaços urbanos onde ela é aplicada mais resilientes ou menos vulneráveis, pois ela pretende conservar os valores e funções dos ecossistemas naturais e ao mesmo tempo oferecer benefícios para os seres humanos.

## **1.2. Objetivo**

Diante dos grandes desafios que as cidades da atualidade estão enfrentando devido a eventos climáticos extremos somados a falta de planejamento urbano, ocupação do solo desordenada e construção de infraestruturas monofuncionais, o objetivo deste trabalho é apresentar diretrizes relacionadas à implantação da infraestrutura verde para aumentar a resiliência urbana às mudanças climáticas, tornando as cidades menos vulneráveis e com maior qualidade de vida urbana. Isto será possível devido à reconexão do homem com a natureza que a infraestrutura verde proporciona dentro do espaço urbano.

## **1.3. Justificativa**

O processo de industrialização como um todo gerou uma grande e rápida migração da população de áreas rurais para áreas urbanas em busca de trabalho e maior qualidade de vida. Porém, esta acelerada ocupação do espaço urbano ocorreu de forma desordenada na maioria dos casos, gerando uso indevido do solo em alguns locais, espaços mal aproveitados e infraestruturas mal projetadas. Tais fatores somados a evolução tecnológica e a economia capitalista, baseada no alto consumo e desperdício, contribuíram para uma degradação do meio ambiente cada vez maior (o que gera um afastamento do homem da natureza) e estão seguindo um caminho em direção ao caos urbano.

Diante de uma maior preocupação com o impacto antrópico no meio ambiente e da conscientização de que o atual modelo de cidade está intimamente ligado com uma série de problemas ambientais e sociais é que nascem as tentativas de se pensar em um modelo urbano mais sustentável.

Planejar e projetar uma rede de infraestrutura verde (como uma rede ecológica urbana que reestrutura a paisagem e mimetiza os processos naturais, oferecendo os serviços ecossistêmicos no local, além de tornar os ambientes urbanos mais sustentáveis e resilientes através da interação das pessoas com a natureza em locais em que ambas tenham prioridade) é uma tarefa multidisciplinar que deve envolver profissionais de diversas áreas, principalmente profissionais engajados com a questão ambiental, como, por exemplo, o engenheiro ambiental, pois estes devem estar aptos a planejar e projetar estruturas e a mitigar os impactos socioambientais urbanos nos locais que irão contemplar a rede de infraestrutura verde.

## **1.4. Metodologia empregada**

A metodologia utilizada para desenvolvimento deste trabalho baseou-se em uma extensa pesquisa bibliográfica sobre infraestrutura verde e resiliência, com enfoque em termos e palavras-chave como “infraestrutura verde”, “*green infrastructure*”, “resiliência urbana”, mudanças climáticas, entre outras. As pesquisas foram feitas em livros nacionais e internacionais, dissertações de mestrado, monografias, artigos científicos, trabalhos técnicos e sites confiáveis. Também foi feita uma pesquisa sobre legislações nacionais e internacionais acerca da infraestrutura verde. Todas as referências estão especificadas na bibliografia ao final do trabalho.

## **1.5. Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado em sete capítulos, sendo que no primeiro deles é introduzido o tema, apresentado o objetivo, a justificativa da escolha do tema, a metodologia empregada para a elaboração do trabalho e, neste item, a própria estrutura da monografia.

No segundo capítulo, chamado de “Cidades e natureza”, é apresentado uma breve revisão bibliográfica de como se deu a relação das cidades com a natureza ao longo da história da humanidade. Como o processo industrial é considerado um marco na forma como se deu o uso e ocupação do solo urbano, gerando impactos ao meio ambiente, este capítulo está dividido em três períodos: pré-industrial, quando a conexão homem-natureza ainda era forte; industrial, abordando quando e como se deu o processo de industrialização; e pós-industrial, quando o modelo capitalista, que

possui a indústria como principal atividade econômica, passou a ser alvo de diversas críticas ambientais e sociais.

No terceiro capítulo, chamado de “Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas”, foi definido o que é resiliência urbana e mudanças climáticas, assim como foi apresentada a relação entre os conceitos. Além disso, foi feita uma comparação dos conceitos de risco e perigo, e abordou-se o conceito de análise de risco ambiental. Foram levantadas também as consequências e impactos das mudanças climáticas, assim como os conceitos de adaptação e mitigação.

No quarto capítulo, chamado de “Infraestrutura Verde”, primeiro foi apresentada a origem e a definição do conceito. Depois, foram apresentadas duas diferentes abordagens sobre infraestrutura verde. Então, apresentaram-se as tipologias de infraestrutura verde para diferentes escalas e os benefícios que elas proporcionam. Por fim, apresentaram-se alguns exemplos de aplicações de infraestrutura verde e alguns exemplos de legislações pertinentes ao tema.

No quinto capítulo, chamado de “Diretrizes para Futuras Intervenções Urbanas”, são apresentadas diretrizes de como a infraestrutura verde poderá auxiliar as futuras intervenções urbanas de forma a aumentar não só a resiliência urbana como melhorar a qualidade de vida urbana.

No sexto e último capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho, contendo um pequeno resumo das principais ideias apresentadas no decorrer da monografia, além de um breve discurso sobre a relevância do tema para a sociedade.

## 2. Cidades e Natureza

A evolução da espécie humana ocorreu de forma gradual e adaptativa ao longo de milhares de anos, assim como a biodiversidade, que evoluiu de acordo com as transformações geológicas, as oscilações do clima e outros fatores. Ao longo do tempo, o homem foi desenvolvendo instrumentos e utensílios de forma a facilitar sua existência, principalmente para sua alimentação, abrigo e proteção. (HERZOG, 2013)

Para sobreviver, a espécie humana necessita de água e ar limpos, comida e abrigo. Já para viver, é necessário mais: um círculo de relações. Afinal, o homem vive em sociedade. Conviver com outras pessoas, trocar afetos e conhecimentos e realizar atividades em conjunto são necessidades e hábitos notados ao longo da história da humanidade. A cidade se torna atraente para as pessoas não só pela grande oferta de empregos, mas também por oferecer este círculo de relações tão prezado pelos homens. (HERZOG, 2013)

Além disso, é essencial para os seres humanos o contato diário com a natureza. Para isso, as cidades precisam oferecer qualidade de vida para que seus habitantes sejam saudáveis física, mental e espiritualmente. Os inúmeros serviços gratuitos prestados pela natureza aos homens tornam a vida e a saúde humana viáveis. (FARR, 2013)

O ser humano, desde quando os primeiros ancestrais apareceram, foi programado para conviver com a natureza. Nas últimas décadas, vem ocorrendo uma substituição da natureza por infraestruturas construídas pelo homem com grande intensidade e velocidade. Porém, a programação genética dos seres humanos não se altera de uma geração para a outra – apenas com o passar de algumas décadas, a biofilia continua no DNA das pessoas. (HERZOG, 2013)

Segundo Farr (2013), “biofilia é o nome dado ao amor dos homens pela natureza com base na interdependência intrínseca entre os seres humanos e os outros sistemas vivos”, ou seja, biofilia é a necessidade que os seres humanos possuem de se conectar com a natureza.

O processo de industrialização, acompanhado da urbanização, provocou intensa degradação ambiental nas cidades, principalmente devido ao uso do solo. Foi a partir da Revolução Industrial que os impactos ambientais começaram a ser considerados um problema para a humanidade. Já se geravam impactos negativos à natureza, mas o grau de degradação aumentou de tal maneira que sua escala deixou de ser local e se tornou planetária. (LEAL et al, 2008).



O modelo econômico capitalista se consolidou mundialmente através do processo de industrialização e junto com ele, entramos na era da cultura do consumo. Aos poucos, a cobertura vegetal foi perdendo seu lugar para ambientes transformados e/ou construídos pelo homem, a humanidade foi deixando de viver em harmonia com a natureza e tentando dominá-la. A conexão com a natureza de que tanto necessita o homem (biofilia) ficou praticamente extinta no meio urbano. (LEAL et al, 2008).

Neste capítulo pretendemos analisar como se deram as relações entre as cidades (ou civilizações, ou assentamentos) e a natureza ao longo da história da humanidade. Como o processo de industrialização foi um marco na maneira como se deu o uso e a ocupação do solo com consequentes impactos ao meio ambiente, dividimos esta análise em três períodos: pré-industrial, quando a conexão homem-natureza ainda era forte; industrial, abordando quando e como se deu o processo de industrialização; e pós-industrial, quando o modelo capitalista, que possui a indústria como principal atividade econômica, passou a ser alvo de diversas críticas ambientais e sociais.

## **2.1. Período Pré-Industrial**

A escala de tempo do planeta Terra (tempo geológico) é contada em centenas de milhares de anos. Já a escala de tempo biológico, que é a percepção humana do tempo, não passa de algumas dezenas de anos. Os primeiros sinais do gênero humano na Terra surgiram há mais de dois milhões de anos no leste africano. A partir de então, a espécie humana começou a migrar para outros continentes e neste período mesmo já começaram a surgir os primeiros utensílios, feitos de pedra. (HERZOG, 2013)

Acredita-se que na Era Glacial, até cerca de 10 mil anos atrás, quando o clima atingiu certa estabilidade e entrou no Holoceno (Figura 1), os ancestrais do homem eram caçadores de animais e coletores de vegetais, viviam sempre em grupos e buscando novas fontes de alimento, dependendo do clima e das condições do ecossistema de cada local. Eles possuíam uma vida de intensa atividade física, pois caminhavam cerca de 10 quilômetros por dia. Além do tempo que dedicavam à caça e coleta, possuíam tempo para atividades de lazer e cerimônias diversas. (HERZOG, 2013)

Além disso, naquele período, os homens não acumulavam bens, pois não teriam como e nem motivo para carregar o que não era essencial para a sua sobrevivência. Eles viviam em total sintonia com a natureza, pois não havia outra

opção. Em suma, viviam saudavelmente, com uma dieta equilibrada, praticavam atividades físicas regularmente e não passavam fome. Os impactos que causavam aos ecossistemas locais eram irrisórios e a regeneração destes ecossistemas acontecia de forma natural. (HERZOG, 2013)

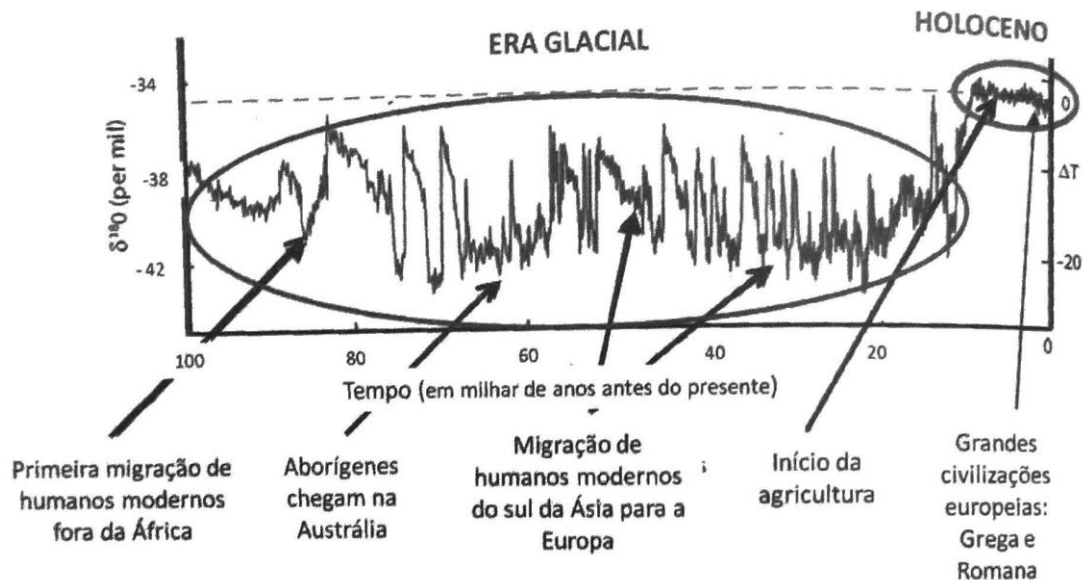


Figura 1 - Gráfico da temperatura da Terra na Era Glacial e no Holoceno

(Fonte: HERZOG, 2013, p. 28)

O fim da era glacial e a entrada no período do Holoceno, caracterizado pela estabilidade do clima, permitiu o desenvolvimento da civilização até os dias atuais, possibilitou a domesticação de animais e vegetais, dando origem à agricultura e à criação de mamíferos. Este novo sistema de produção de alimentos se desenvolveu em diversos locais (como Ásia, China e América Central, cada um com características próprias), levando a uma mudança radical na estrutura social e econômica. (HERZOG, 2013)

O aumento da produtividade dos cultivos e da criação de animais gerou acúmulo de excedentes, o que permitiu o surgimento dos primeiros assentamentos humanos permanentes, há aproximadamente cinco mil anos. A partir desta dinâmica de aumento de excedentes, de crescimento da população e de tecnologias que permitiam aumentar a produção, houve o nascimento de diversas civilizações espalhadas pelo planeta, independentemente e de forma heterogênea tanto no espaço quanto no tempo. Este período ficou conhecido como Idade do bronze, já que este material era utilizado para fabricar armas e instrumentos que facilitavam a vida das pessoas. (HERZOG, 2013)

Há cerca de três mil anos, o domínio da produção de um material mais acessível, o ferro, permitiu o desenvolvimento tecnológico, devido à facilidade de se produzir instrumentos com este material. Assim, veio à criação do arado e utilização intensiva da irrigação. Desde então, iniciaram-se as intervenções nos processos e fluxos naturais para se obter maior produtividade nas áreas de cultivo e de criação de animais. Alterações dos cursos dos rios, eliminação de ecossistemas nativos e esgotamento dos solos por erosão e salinização (causada pela irrigação, o que leva a desertificação em longo prazo) eram consequências geradas pelas tecnologias criadas na Idade do Ferro. As atividades urbanas e econômicas também eram fatores geradores de degradação ambiental. Descarga de esgoto *in natura* nos corpos d'água, acumulação de lixo e exploração de minério já eram externalidades negativas que podiam ser levantadas neste período. (HERZOG, 2013)

A exploração exaustiva dos recursos naturais colaborou significativamente para o declínio e colapso de muitas civilizações ao longo da história. Em geral, este fator contribuiu para o aumento dos preços e para a escassez de alimentos e de mão de obra, levando a crises sistêmicas e enfraquecimento dos poderes locais. (HERZOG, 2013) Porém, é importante ressaltar que os impactos negativos causados ao meio ambiente neste período eram, em sua grande maioria, de escala local.

Por outro lado, existem inúmeros registros de civilizações que viviam conectadas com a natureza. As sociedades possuíam uma relação de harmonia com suas paisagens, processos e recursos naturais. Tais civilizações fundamentavam-se no tipo de ocupação, respeitando os fatores hidrológicos, biológicos, geomorfológicos e climáticos de cada localidade, que são essenciais para a sustentabilidade das civilizações e, conseqüentemente, das sociedades ao longo do tempo. (HERZOG, 2013)

Apesar de não haver uma estimativa exata da população humana nativa da América do Norte antes da chegada de Cristóvão Colombo, muitos historiadores acreditam que havia entre um e doze milhões de pessoas, distribuídas em vastas áreas selvagens e que viviam de maneira integrada com os ciclos da natureza. (FARR, 2013)

Embora parte da população norte americana nativa fosse migratória, pois estavam sempre se movendo sazonalmente para áreas situadas próximas a campos de cultivo ou caça, havia também nativos que viviam assentados em aldeias semipermanentes. O assentamento *Cahokia*, por exemplo, considerado o maior assentamento pré-colombiano, localizado ao norte do Rio Grande, onde hoje se

encontra o estado de *Illinois*, possuía uma população estimada entre oito e quarenta mil habitantes, logo antes de Colombo chegar à América. Embora fosse um grande assentamento, a maioria de seus habitantes vivia ao ar livre e em contato direto com a natureza. (FARR, 2013)

Osmundson (1999) aponta os zigurates da antiga Mesopotâmia como sendo a primeira referência histórica do uso de jardins acima do nível do solo por volta da década de 600 a.C (Figura 2). Ele descreve os zigurates como grandes pirâmides escalonadas de pedra que se localizavam nos pátios dos templos das maiores cidades. Há evidências arqueológicas de que haviam árvores e arbustos plantados nos degraus dessas pirâmides, com o objetivo de suavizar a subida das enormes escadarias no clima abrasador da planície babilônica.



**Figura 2 - Desenho de um Zigurate**

Fonte: Disponível em: <<http://hentz-humanities-wiki.wikispaces.com/DJA>> Acesso em: 28/02/2016

Os Romanos e os *Vikings* são outros exemplos de civilizações antigas que viviam em contato com a natureza. Há registros, na história destas civilizações, de mimetizações de estruturas da natureza dentro do ambiente construído, como por exemplo, coberturas verdes. (PARIZZOTO, 2010) Com a finalidade de proteger suas casas das chuvas e ventos, os vikings plantavam camadas de gramado na cobertura das construções. (ALMEIDA, 2008).

De acordo com Osmundson (1999), na cidade de Pompéia, do império Romano, utilizava-se telhados verdes como espaços de convívio externos. Este fato pôde ser percebido, pois os terraços foram preservados pelas cinzas do vulcão Monte Vesúvio. Há também outras evidências da utilização de coberturas verdes no México pré-colombiano, na Índia, na Espanha e na Rússia, durante os séculos XVI e XVII.

O uso de gramas sobre telhados é uma característica da arquitetura vernacular de algumas regiões que perdurou por séculos, como na Escandinávia, em áreas da Turquia, Iraque, Irã e países vizinhos. Na Escandinávia, utilizavam-se este tipo de telhado para reduzir a perda de calor durante os longos invernos. (DUNNETT e KINGSBURRY, 2008) A partir de meados do século XX, as coberturas verdes passaram a estar relacionadas a questões ecológicas na arquitetura.

## **2.2. Período Industrial**

Rogers (2001) defende que no final da Era Glacial, há aproximadamente 12 mil anos, provavelmente existiam em torno de 10 milhões de humanos no Planeta Terra. Com a introdução da agricultura, a especialização das atividades humanas e o crescimento das cidades, esse número cresceu rapidamente. Antes mesmo da revolução industrial, a população mundial chegou a 01 bilhão e até 1930 atingiu 02 bilhões. O autor acredita ainda que até o ano de 2025 o planeta abrigará cerca de 8,5 bilhões de pessoas, se não ocorrer nenhuma catástrofe.

A grande maioria da população, cerca de 85%, trabalhava vinculada à produção de alimentos desde os primórdios da civilização humana até surgir a mecanização da lavoura com o abandono das técnicas tradicionais de cultivo e criação de animais, as quais usavam conhecimentos milenares, eram orgânicas e conservavam a qualidade do solo, cultivando espécies adequadas ao ambiente local e fazendo rodízio de culturas. Até então, a maioria dos alimentos eram consumidos próximos ao local de produção, pois os meios de transporte eram movidos por tração animal (HERZOG, 2013).

No início do século XVIII foi aperfeiçoada a máquina a vapor, quando se iniciaram os saltos tecnológicos que causaram transformações drásticas na estrutura socioeconômica e no meio ambiente. Esta tecnologia dependia das florestas para a queima de lenha ou carvão, o que levou a uma eliminação mais acelerada das florestas. Posteriormente, no final do século XIX, surgiu o motor a combustão com o uso de combustíveis de origem fóssil. A partir de então, os combustíveis fósseis se tornaram a principal fonte de energia e permitiram um desenvolvimento jamais visto na história da humanidade. Assim, novas tecnologias ganharam espaço, permitindo meios de produção industrial e agrícola em massa, além de meios de transportes mais eficientes. As formas das cidades e suas relações com o meio ambiente sofreram grandes mudanças, causando grandes impactos sociais e ambientais.

As pequenas propriedades rurais foram desaparecendo e dando lugar a latifúndios para cultivos intensivos e monoculturas. Com as novas tecnologias, havia cada vez menos necessidade de mão de obra rural. Os camponeses migraram em massa para as cidades em busca de novas oportunidades de trabalho nas indústrias que surgiam (HERZOG, 2013).

Em 1900 somente um décimo da população mundial vivia em cidades. Entre 1950 e 1990 a população urbana decuplicou de 200 milhões para 02 bilhões e as projeções para o futuro apontam cada vez mais pessoas habitando as cidades, conforme observado na Figura 3. Segundo Rogers (2001), a taxa de crescimento da população urbana está em torno de 250 mil pessoas por dia e é um fator determinante para o aumento da poluição e erosão urbana. As cidades consomem três quartos de toda a energia do planeta e, conseqüentemente, são responsáveis por três quartos da poluição global. São elas que produzem e consomem a maior parte dos bens industriais, tornando-se grandes organismos que drenam o mundo para seu sustento (ROGERS, 2001).

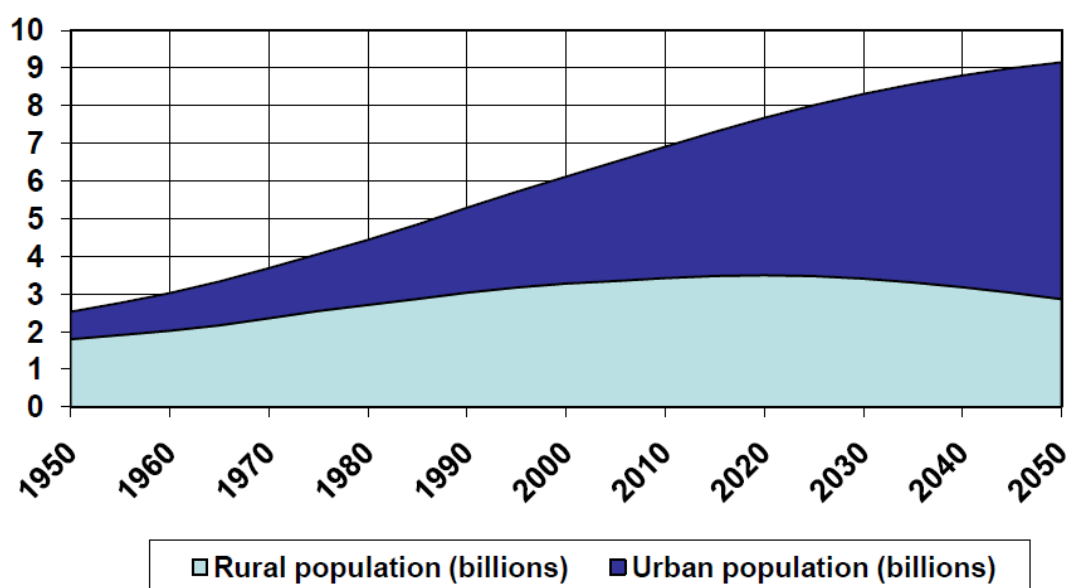


Figura 3 - Projeção do crescimento populacional mundial

(Fonte: UN- World Population Prospects: The 2009 Revision)

As cidades industriais nasceram das inovações tecnológicas que levaram os camponeses a migrarem em busca de trabalho e qualidade de vida. A cidade de Londres, na Inglaterra, foi a primeira a se industrializar, a partir da revolução de 1689, e se tornou a maior cidade da Europa. Já no final do século XVIII alcançou uma população de um milhão de habitantes. A cidade cresceu sem planejamento e se

expandiu sobre uma vasta área. O esgoto ficava a céu aberto e as construções não possuíam (ou possuíam pouca) ventilação nem tinham espaços para atividades ao ar livre. Houve uma poluição generalizada do ar, água e solo, gerando surtos de doença e baixa qualidade de vida urbana.

Essa mesma forma de industrialização ocorreu em muitas outras cidades e países, posteriormente. As cidades foram se transformando através da construção de vias de circulação de veículos e de empreendimentos imobiliários privados, o que provocou expansão urbana desordenada. Além disso, iniciava-se a era do alto consumo e desperdício, através do modelo econômico capitalista.

De acordo com Silva e Romero (2011), o processo de industrialização não pode ser remetido de forma restrita à criação de atividades industriais. Este é um processo social amplo e complexo, de alteração da conjuntura nacional e formação de mercado interno.

De forma a tentar compreender a relação da economia com o meio ambiente que o modelo econômico capitalista implica, apresentaremos o conceito de econosfera e suas trocas com a biosfera.

Segundo Herzog (2013), a econosfera, também conhecida como antroposfera ou humanosfera, é um sistema antrópico de circulação de virtual de papel moeda que flui entre as economias dos países.

Apesar de a palavra economia ter o mesmo prefixo que ecologia, *eco*, que significa casa, os sufixos as tornam palavras de significados conflitantes. Enquanto o sufixo *logia* significa estudo, ou seja, a ecologia é o estudo da casa, o sufixo *nomia* significa regras, sendo economia as regras da casa. Desta maneira, entende-se que a economia pretende dar regras a casa, organizá-la, administrá-la. Para isto, a humanidade tem determinado regras baseadas em compras e vendas (trocas) de produtos e serviços oriundos da energia e dos recursos naturais existentes na casa, no planeta Terra. Como referência de valor, tem-se o dinheiro, o qual representa os valores dos produtos e serviços oriundos dos recursos fornecidos pela natureza.

A economia de mercado depende de bens e serviços (produtos), fabricados pelo mercado de trabalho que também é o mercado consumidor. Para que ocorra o processo de produção são necessários fluxos de energia e de matéria (recursos naturais). Os bens e serviços são trocados entre produtor e consumidor, através da circulação da unidade monetária. (HERZOG, 2013) Veja abaixo o esquema da Figura 4.

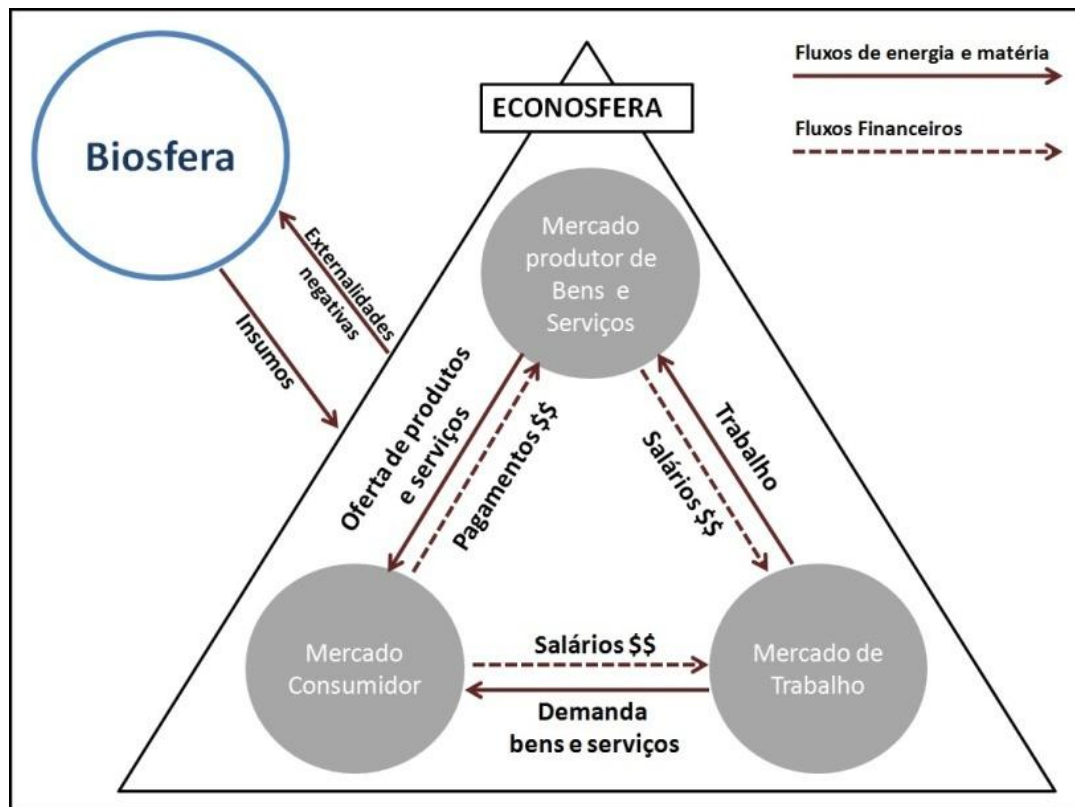


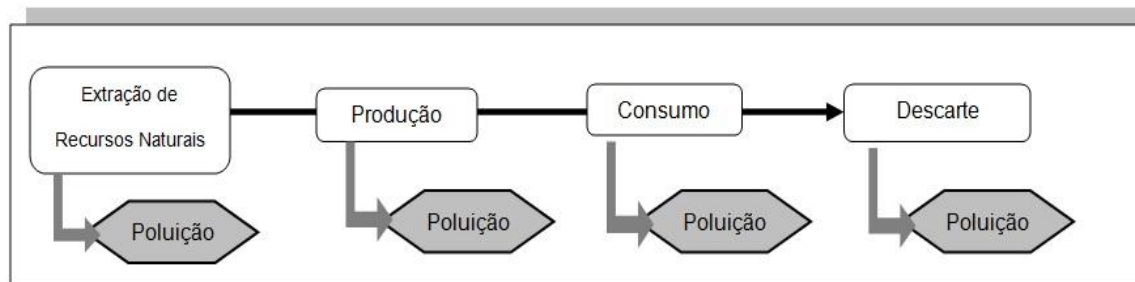
Figura 4 - Econosfera

Fonte: Adaptado de HERZOG, 2013, p. 86.

Na teoria, o mercado é regulado pela lei da oferta e da demanda, pois dependem da quantidade de produtos e serviços disponíveis e da quantidade de recursos financeiros que circulam. Porém, os serviços ecossistêmicos prestados pela natureza não entram na conta, muito menos as “externalidades” negativas que a economia gera, como poluição do ar, água e solo, destruição da biodiversidade, entre outros.

A econosfera funciona como se estivesse desconectada da biosfera, como se fosse um sistema independente. Porém, ela não só usa os recursos da biosfera (e depende da mesma) como produz externalidades negativas. O ciclo não se fecha, é um modelo linear (Figura 5), baseado no consumo intensivo, gerador de impactos em todo o processo. (HERZOG, 2013).





**Figura 5 - Modelo linear poluidor da Econosfera**

Fonte: Adaptado de HERZOG, 2013, p. 86.

O resultado deste sistema econômico é um balanço que não fecha, no qual eliminam-se mais ecossistemas e florestas do que é possível regenerar; polui-se tanto que as fontes de ar, água e solo fértil não são conservadas; emite-se mais gases de efeito estufa do que o sistema vegetal é capaz de absorver, o que altera a dinâmica climática do planeta. Desta maneira, o ecossistema terrestre corre o risco de perder sua resiliência e tornar um ambiente hostil para a humanidade. Mesmo as mais otimistas das previsões de aumento de temperatura média do planeta apresentam um prognóstico bastante grave (HERZOG, 2013)

Para Silva e Romero (2010), “o que há ainda, em pleno século XXI, é o arcaico modelo insustentável de exploração a qualquer custo, justificado pelas conformações macroeconômicas”.

A humanidade está enfrentando ultimamente uma crise sistêmica nunca ocorrida na sua história, desde que a espécie se desenvolveu e as civilizações prosperaram a partir da engenhosidade e da exploração dos recursos naturais. Vive-se, atualmente, a era do Antropoceno, por causa das mudanças que o homem vem causando no planeta Terra (HERZOG, 2013).

A urbanização predatória é uma consequência do progresso e do crescimento industrial. As cidades são fontes da maioria dos grandes impactos causados ao ecossistema.

No que diz respeito ao Brasil, o processo de industrialização e urbanização intensivo é considerado tardio, pois começou, de fato, na metade do século XX. Entre as décadas de 1940 e 1950 ocorreu uma alteração do cenário territorial. (PORTES, 2013) Paralelamente, a negligência à exclusão social, o crescimento demográfico e o processo de periurbanização se intensificaram. A questão habitacional não era prioridade para os governos autoritários e antidemocráticos que comandavam o país até a década de 1980. (SILVA e ROMERO, 2011).

A intensa urbanização tardia brasileira transformou a distribuição da população no espaço nacional. Em 1945 apenas 25% da população viviam em cidades de um total de 45 milhões de pessoas. Em 2000, a parcela da população urbana representava 82% de um total de 169 milhões. Até 2010, enquanto a população total aumentou 20%, a população nas cidades cresceu 40%, principalmente nas áreas metropolitanas. Tal fator influenciou diretamente na atual configuração urbana das cidades brasileiras. (SILVA e ROMERO, 2010).

O processo de urbanização brasileira proporcionou uma súbita concentração de indústrias, serviços e trabalhadores nas cidades. Isto somado à mecanização do campo e da cidade transformou o déficit habitacional e a escassez de emprego nos maiores problemas sociais das cidades urbanizadas. O crescimento exponencial da população, ou seja, o crescimento da oferta de mão de obra era benéfico ao sistema econômico, pois diminuía o valor da mão de obra, barateando o custo de produção. (SILVA e ROMERO, 2010).

Após a década de 1970 iniciou-se uma interiorização do crescimento demográfico e do desenvolvimento socioeconômico. Denominado por Santos (2009) como o processo de desmetropolização brasileira, o processo foi causado pela busca por regiões inexploradas com abundância de recursos e de mão de obra barata, conectadas por uma logística de infraestrutura, que proporcionaram a dinamização das economias do interior do país e ao avanço da agricultura e de toda a cadeia agroindustrial. (PORTES, 2013)

A expansão urbana brasileira se deu, em sua maioria, sob um modelo de ocupação dispersa (e continua seguindo este modelo), baseado em zonas, o que permite uma maior ocupação e espalhamento do tecido. Este modelo leva a um maior distanciamento entre as vias principais e as moradias ou locais de trabalho. Desta maneira, os habitantes são forçados a percorrer grandes distâncias até seu destino, além de, muitas vezes, ter de enfrentar o tráfego intenso, o que gera desconforto e insegurança aos pedestres, motoristas, passageiros e/ou ciclistas.

De acordo com Silva e Romero (2010), na cidade atual, pós-industrial modernista, vive-se um urbanismo monofuncional, onde se prevalece a ausência do conteúdo simbólico, a perda do sentido sócio espacial e a perda da identidade entre os habitantes e a cidade.

## **2.3. Período Pós Industrial**

Embora as cidades sejam responsáveis e façam parte dos maiores problemas sociais e ambientais atuais, elas também apresentam um enorme potencial para mitigar as consequências das ações humanas, oferecendo grandes oportunidades de criação de soluções inovadoras que garantam o bem-estar da população em harmonia com a natureza (HERZOG, 2013).

Rogers (2001) apresenta esta questão como uma grande ironia. Pois, apesar de as cidades serem o *habitat* da humanidade, elas são também o maior agente destruidor do ecossistema e a maior ameaça para a sobrevivência da própria humanidade no planeta. Porém, o autor acredita que a evolução da arquitetura, do urbanismo e do planejamento urbano poderá oferecer ferramentas que restaurem a harmonia das pessoas com a natureza, criando cidades com ambientes sustentáveis e civilizados e garantindo, assim, o futuro da humanidade.

A partir da consciência de que o atual modelo de cidade está intimamente ligado com uma série de problemas ambientais e sociais é que nascem as tentativas de se pensar em um modelo urbano mais sustentável. Assim, chamamos de período pós-industrial aquele em que começam a aparecer críticas ao modelo econômico baseado na industrialização, através de movimentos ambientalistas, pesquisas, convenções e novas linhas de pensamento em prol do meio ambiente.

### **2.3.1. Importantes Marcos Ambientais**

Um dos primeiros marcos ambientais depois de processo de industrialização foi o lançamento do livro “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carlson, em 1962. O livro critica principalmente a indústria de inseticidas e pesticidas, que provocava uma série de problemas ambientais e ecológicos até então. Até a publicação do livro, qualquer indústria química podia lançar no meio ambiente efluentes e emissões atmosféricas de qualquer qualidade, sem a necessidade de realizar testes científicos prévios. O livro influenciou decisivamente várias gerações de cientistas e impulsionou uma série de movimentos ambientalistas.

A criação do Clube de Roma, em abril de 1968, em uma pequena vila de Roma, se deu através da reunião de um pequeno grupo internacional de profissionais das áreas de diplomacia, indústria, academia e sociedade civil, que discutiram sobre as preocupações com relação ao consumo de recursos ilimitados num mundo em

constante interdependência. Em 1972, a campanha deste grupo passou a ser reconhecida internacionalmente através do primeiro relatório do Clube de Roma, “Os limites para o Crescimento” (*The Limits to Growth*), encarregado a um grupo de cientistas no Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Tal relatório afirmava que era possível reconciliar o progresso sustentável dentro das limitações ambientais.

Apesar do Relatório do Clube de Roma ter sido muito atacado pela comunidade científica, ele teve importante papel em promover a consciência ambiental global e aquecer os discursos acerca de crescimento, desenvolvimento, intervenções antrópicas no planeta e a responsabilidade dos seres humanos para com o meio ambiente.

Em 1969, o químico e cientista inglês James Lovelock desenvolveu a Teoria de Gaia, a qual afirma que o planeta Terra é um grande organismo vivo e a mesma possui mecanismos para proteger a ela mesma e também todos os seres vivos que nela se abrigam. A teoria, inicialmente, foi muito rejeitada pela comunidade científica. Mas, posteriormente, ganhou força devido à comprovação de algumas de suas hipóteses.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, ou Conferência de Estocolmo, foi a primeira grande reunião de chefes de estado organizada pela ONU para tratar de questões sobre meio ambiente, em 1972. Esta conferência é um marco na tentativa de melhorar a relação entre homem e meio ambiente e foi quando se iniciou a busca por equilíbrio entre desenvolvimento econômico e redução da degradação ambiental, o que mais tarde evoluiu para o conceito de desenvolvimento sustentável. A Conferência de Estocolmo foi responsável também pela criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, o PNUMA. (LAGO, 2006)

Em 1987, o relatório “Nosso Futuro Comum” (*Our Common Future*), também conhecido como Relatório de Brundtland, foi divulgado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Este apresentou a definição de Desenvolvimento Sustentável como o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades. Este relatório foi criticado pela definição ser vaga e não apresentar diretrizes para alcançar este tipo de desenvolvimento. (CARVALHO e COSTA, 2015)

Em 1992, no Rio de Janeiro, foi realizada a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (“Cúpula da Terra”), mais conhecida como “Rio 92”, para discutir conclusões, propostas e, principalmente, a definição de

Desenvolvimento Sustentável. Na ocasião foi elaborada a “Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento”, com 27 princípios básicos para orientar ações que visem o desenvolvimento sustentável. (CARVALHO e COSTA, 2015) Nesta ainda, 155 países assinaram a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (Convenção do Clima), a qual entrou em vigor em 1994. Atualmente, mais 190 países fazem parte desta, o que a torna a Convenção de Clima mais universal da ONU. Desde que entrou em vigor, todos os anos, os países “Partes” promovem uma Conferência das Partes (COP) para discutirem questões sobre mudanças climáticas. (FRANCO, 2008)

Em 1997, realizou-se a Terceira Conferência das Partes (COP3) na cidade de Quioto, Japão, onde as “Partes” chegaram a um acordo sobre o texto do novo tratado multilateral, o Protocolo de Quioto. Este definiu metas quantitativas de redução de emissões de gases de efeito estufa em 5% para países industrializados, com base nas emissões de 1990. O protocolo de Quioto entrou em vigor em 2005. (FRANCO, 2008)

Em 2012 realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, na cidade do Rio de Janeiro. Ficou conhecida como Rio+20, pois marcou vinte anos de realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92). Além disso, contribuiu para definir a agenda do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas. Como objetivo, a Rio+20 pretendia fazer a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, através da avaliação do progresso e do tratamento de temas novos e emergentes.

Na última Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática, realizada no ano passado (2015), em Paris, a COP21, foi firmado pelas “Partes” um acordo global sobre mudança do clima, o qual objetiva manter o aquecimento global abaixo dos 2°C. O acordo reconhece a existência de mudanças climáticas antropogênicas e atribui aos países industrializados a maior parte da responsabilidade para combatê-las.

Para efeito desta monografia, gostaríamos de dar destaque a Teoria de Gaia. Ainda que não seja amplamente aceita no mundo científico, pode vir a melhorar a consciência ambiental das pessoas e a forma como o ser humano enxerga o planeta Terra.

Em 1969, a NASA solicitou ao químico inglês James Lovelock que investigasse os planetas vizinhos à Terra, Vênus e Marte, a fim de obter informações sobre a existência de alguma forma de vida nestes planetas. Ao analisá-los, Lovelock afirmou

que não existia nada que pudesse ser considerado vivo nos planetas vizinhos. Porém, ao analisar seu próprio lar, o planeta Terra, James concluiu que, além de residir diversas formas de vida, a Terra se comporta como um grande ser vivo e possui mecanismos que ajudam a preservar os outros seres vivos que nela se abrigam. (ABRIL, 2008). Além disso, a teoria propõe que todos os organismos e seus ambientes inorgânicos na Terra estão intimamente integrados para formar um único e autorregulador sistema, mantendo as condições de vida no planeta.

O químico inglês batizou este grande ser vivo de Gaia, em homenagem à deusa grega da Terra. A princípio, sua teoria foi rejeitada pelos cientistas, pois acharam a teoria com pouco embasamento em experiências que a comprovassem. Porém, o lançamento de satélites a partir da década de 1970 proporcionou dados e informações sobre o planeta que ajudaram a reforçar a Teoria de Gaia, a qual possui a tese central de que o planeta possui a capacidade de controlar sua temperatura, atmosfera, salinidade e outras características que o mantêm, com condições ideais para a existência da vida. (ABRIL, 2008)

A teoria afirma que, como a Terra é um grande organismo vivo, os desastres ambientais podem ser interpretados como uma resposta deste imenso organismo que sente e reage organicamente às “feridas” que as ações antrópicas lhe causam, como artificialização da paisagem, destruição dos habitats naturais, desflorestamento, desvio de rios, emissão de poluentes, fragmentação de ecossistemas, entre outros. Ao longo da curta existência humana no planeta, se comparada à idade da Terra, as interferências humanas foram causando feridas no planeta, desde pequenas e quase imperceptíveis até as praticamente irreparáveis. Assim, “GAIA” iniciou um ciclo de regeneração e cicatriz destes ferimentos. Então, é possível afirmar que, hoje, a Terra se encontra cheia de cicatrizes e que os eventos climáticos extremos são o esforço desse grande organismo vivo, Gaia, tentando se regenerar. (VASCONCELLOS, 2011)

James Lovelock publicou, em 2006, o livro *A Vingança de Gaia*. Neste, o autor levanta a tese de que o aquecimento global está rompendo o equilíbrio natural do planeta e critica o modelo de desenvolvimento adotado por nossa sociedade. Lovelock também propõe no livro a sua alternativa a este modelo: o desenvolvimento sustentável (VEJA, 2006).

Lovelock defende que o clima está no limite para alcançar um novo estágio de aquecimento e que por volta de 2040 a situação se tornará insuportável. Para o autor, é um erro acreditar que é possível controlar o fenômeno das mudanças climáticas apenas reduzindo a queima de combustíveis fósseis. Existe um vilão maior, o uso de

uma enorme porção de terra para produzir comida. As áreas de cultivo e de criação de gado ocupam o lugar da cobertura florestal, a qual tem a função de regular o clima e manter a temperatura da Terra confortável. A substituição da cobertura vegetal por áreas de produção de alimento permitiu o crescimento populacional e hoje há mais habitantes na Terra do que ela pode suportar. (VEJA, 2006)

Para James Lovelock, as previsões de que a temperatura média da Terra irá aumentar em 2 graus até o fim do século XXI são baixas e com base numa atmosfera inerte, como se o aquecimento global fosse diretamente proporcional à quantidade de gás carbônico jogado na atmosfera. Para ele, a realidade é mais complexa, pois todos os seres vivos reagem às mudanças climáticas e as amplificam. James acredita que a temperatura média global irá subir em torno de 6 graus até o final do século e é provável que 80% da população humana não resista. Os restantes irão viver nos locais mais frios do planeta. A questão não é só o aumento da temperatura, com a mudança climática, não será possível cultivar alimentos ou criar animais para abate, pois a água será escassa. (VEJA, 2006)

### **2.3.2. Urbanismo Sustentável**

Visto que o processo de industrialização contribuiu fortemente para o crescimento populacional urbano e, conseqüentemente, para a ocupação urbana desordenada, gerando uma série de impactos para o ambiente urbano e para a população, se torna relevante o momento em que arquitetos e urbanistas aderem essa linha de pensamento mais sustentável que veio crescendo durante anos e revelam o conceito de urbanismo sustentável.

Segundo Farr (2013), reduzindo o conceito aos seus princípios mais básicos, pode-se definir urbanismo sustentável como “aquele com um bom sistema de transporte público e com a possibilidade de deslocamento a pé integrado com edificações e infraestrutura de alto desempenho” (p. 28). O autor afirma ainda que a densidade e a biofilia (acesso humano à natureza) são os valores centrais do urbanismo sustentável.

O urbanismo sustentável enfatiza que o apelo pessoal e os benefícios sociais da vida no bairro, onde deve ser possível satisfazer necessidades diárias a pé, são maiores em bairros que integram cinco atributos considerados essenciais para o urbanismo sustentável e que devem ser sempre analisados pelo planejador urbano. São eles: definição, compacidade, totalidade, conexão e biofilia. (FARR, 2013)

No caso da definição, o autor se refere a um centro e limites bem definidos, os quais estimulam a sociabilidade através de uma rede social finita. Isto proporciona o aumento do bem-estar e do capital social (vantagem resultante da localização de uma pessoa nas estruturas das relações). Além disso, uma vizinhança bem definida motiva e incentiva o potencial da região. A vizinhança deve estar dimensionada pensando em atender as necessidades sociais e ambientais da sociedade, sempre atentando para seu tamanho, de forma que não seja muito pequeno (para ser capaz de suportar diferentes usos do solo) nem demasiadamente grande (para não desmotivar o deslocamento de pedestres).

Já quanto à compacidade, o autor se refere a aumentar a eficácia da sustentabilidade. Não se pode ter urbanismo sustentável em locais de baixa densidade, pois baixos coeficientes de ocupação não suportam transportes públicos de modo eficiente e normalmente não há destinos que possam ser acessados a pé no dia a dia, ou seja, regiões de baixa densidade possuem dificuldade em integrar infraestruturas. Aumentar a densidade populacional em um bairro promove melhoria do transporte público, no que diz respeito à frequência e os tipos de transportes oferecidos. Além disso, diminui a distância caminhada e o uso de automóveis (em quilômetros percorridos por família), e também aumenta o mercado primário de bens e serviços. Regiões mais compactas são capazes de abrigar de forma mais eficiente uma maior diversidade de bens e serviços, reduzindo impactos ambientais.

Quando se fala de totalidade, o autor se refere à completude (diversidade) dos bairros, ou seja, bairros que incluam uma grande variedade de usos do solo, tipos de edificações e tipos de moradia, diversidade de bens e serviços ofertados na região e também diversidade da população que habita determinada região. Os bairros precisam satisfazer as necessidades do dia a dia e também as de longo prazo, oferecendo os bens e serviços necessários para seus moradores. “O ideal é que, desde o momento em que as pessoas levantam da cama pela manhã até irem dormir à noite, possam desfrutar de uma vida de alta qualidade sem necessitar de um carro pra isso”. (FARR, 2013, p. 32) A completude também significa diversidade dos tipos de habitação, pois pretende acomodar as necessidades de moradia variadas ao longo de uma vida.

Segundo Farr (2013), conexão, ou conectividade, é a integração de transportes e uso de solo. O urbanismo sustentável pretende promover oportunidades para as pessoas caminharem, andarem de bicicleta e utilizarem cadeira de rodas pelo bairro. Além disso, pretende oferecer transporte público de qualidade para bairros próximos e destinos regionais. Os corredores de transporte público são a espinha



dorsal do urbanismo sustentável, pois conectam bairros com distritos e outros destinos regionais.

A biofilia, como já mencionada antes, é a necessidade do homem de se conectar com a natureza. No urbanismo sustentável a própria relação do homem com a natureza representa a biofilia. Assim, este atributo pretende fazer essa conexão mesmo em densos ambientes urbanos. “Para os seres humanos, os benefícios passivos da luz natural do dia e do ar fresco dentro de ambientes fechados são praticamente desprezíveis quando comparados à realização de estratégias para uma vida ativa na rua”. (FARR, 2013, p. 37) um bom exemplo para isso é que as coberturas e sombras que as árvores oferecem no meio urbano estimulam atividades cotidianas ao ar livre. Finalmente, o urbanismo sustentável se compromete a preservar espécies não humanas localizadas em *habitats* próximos aos assentamentos humanos. É necessário entender não só a extensão do impacto das atividades antrópicas, mas também reconhecer os benefícios oriundos de serviços ambientais e os benefícios mentais e sociais de estar em parque, em uma região integrada aos sistemas naturais ou em uma região natural intocada (FARR, 2013).

É relevante salientar que estes cinco atributos servem como princípios balizadores do urbanismo sustentável e, além disso, dialogam com diversos princípios de infraestrutura verde que serão apresentados posteriormente neste trabalho.

### **3. Resiliência Urbana e Mudanças Climáticas**

Neste capítulo pretendemos fazer uma breve análise sobre as mudanças climáticas, apresentando seu conceito, suas causas e consequências no meio urbano. Apresentaremos também o conceito de resiliência urbana e uma série de conceitos relacionados.

Ao final do capítulo faremos a integração dos conceitos de resiliência urbana e os impactos das mudanças climáticas, a fim de estudar formas como a resiliência urbana pode ajudar as cidades a se adaptarem aos impactos causados pelas mudanças climáticas e torná-las cada vez menos vulneráveis.

#### **3.1. Resiliência**

Resiliência é um conceito oriundo da física e se refere à propriedade que alguns corpos apresentam de retornar à forma original após terem sido submetidos a uma deformação elástica. Seu sentido figurado pode ser definido como a capacidade de se recobrar facilmente ou se adaptar a má sorte ou a mudanças. (HOUAISS & VILLAR, 2009)

Atualmente, o conceito é utilizado em diferentes áreas de conhecimento como psicologia, geografia, biologia, medicina, ecologia, economia, entre outros. Por exemplo, na psicologia se utiliza muito o conceito de resiliência relacionado à questão social e psicológica das chamadas “crianças de alto risco”. Estas, que nasceram em ambientes familiares altamente desfavoráveis e turbulentos, em condições de pobreza crônica e vivenciam constantemente diversos tipos de estresses, podem ser consideradas crianças resilientes. Ao invés de se tornarem adultos com dificuldade de aprendizado, violentos e/ou com problemas mentais, se tornam competentes e confiantes (WERNER, 1995).

Herzog (2013) define resiliência como a capacidade de um sistema absorver impactos e manter suas funções originais, ou seja, capacidade de um sistema sobreviver e persistir em um ambiente incerto e variante.

O conceito é muito empregado também em ecologia e sistemas ambientais relacionados a questões climáticas. Sendo este o emprego do conceito de resiliência que será utilizado neste trabalho e que será chamado de resiliência urbana.

A resiliência é um amplo conceito que pode ser utilizado em diversas situações ou campos de estudo, porém sempre exaltando a capacidade de adaptação que certo elemento possui a situações externas a que é submetido. Resiliência pode ser considerado o oposto de vulnerabilidade (CARVALHO & COSTA, 2015).

### **3.1.1. Risco vs Perigo**

Perigo e risco são duas palavras que aos olhos de um leitor leigo podem se parecer sinônimos, no entanto expressam conceitos diferentes entre si. Desta maneira, apresentaremos a seguir os respectivos conceitos.

O perigo se refere à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado. Já o risco é a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, pode-se considerar o risco como uma função do Perigo.(VARNES,1984; EINSTEIN, 1988; UM-ISDR, 2004; TOMINAGA et al., 2009)

Visto as devidas definições, é possível perceber a existência de uma relação de causa e consequência entre estes dois conceitos, uma vez que um risco é consequência de um perigo.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, existem diversos perigos, originários de diversas origens, tanto naturais quanto tecnológicos. Quanto aos perigos tecnológicos, existe uma série de intervenções antrópicas capazes de reduzir a probabilidade de ocorrência destes perigos. No entanto, no que se refere aos perigos de origem natural, as intervenções antrópicas não são capazes de atuar na redução da probabilidade de ocorrência dos mesmos.

**Quadro 1 - Classificação de Perigo**

<b>PERIGO (HAZARD)</b>	
Um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente danoso, o qual pode causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos à propriedades, rupturas sócio econômicos ou degradação ambiental.	
<b>PERIGOS NATURAIS (NATURAL HAZARDS)</b>	
Processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem constituir-se em um evento danoso. Os perigos naturais podem ser classificados quanto à origem em: geológico, hidrometeorológico e biológico.	
ORIGEM	EXEMPLOS DE FENÔMENOS
<b>Perigos geológicos</b> Processos ou fenômenos naturais que podem ser de origem endógena ou exógena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terremotos, tsunamis;</li> <li>• Atividade e emissões vulcânicas;</li> <li>• Movimentos de massa, escorregamentos, queda de blocos rochosos, liquefação;</li> <li>• Colapso superficial, atividade de falha geológica.</li> </ul>
<b>Perigos hidrometeorológicos</b> Processos ou fenômenos naturais de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inundações/enchentes, corridas de lama/detritos;</li> <li>• Ciclones tropicais, tempestades marinhas, ventanias, chuvas de tempestades, nevasca, relâmpagos;</li> <li>• Secas, desertificação, fogo, temperaturas extremas, tempestade de areias;</li> <li>• <i>Permafrost</i>, avalanches de neve.</li> </ul>
<b>Perigo biológico</b> Processos de origem biológica ou aqueles transmitidos por vetores biológicos, incluindo exposição aos micro-organismos patogênicos, tóxicos e substâncias bioativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eclosão de doenças epidêmicas, contágios de plantas ou de animais e de infestações extensivas.</li> </ul>
<b>PERIGO TECNOLÓGICO (TECHNOLOGICAL HAZARDS)</b>	
Perigo associado com acidentes tecnológicos ou industriais, rompimento de infraestrutura ou atividades humanas que podem causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos à propriedades, rupturas sócio econômicos ou degradação ambiental. Exemplos: poluição industrial, radioatividade, resíduo tóxico, queda de barragens, acidentes industriais, etc.	

Fonte: TOMINAGA *et al.* (2009), baseado em UN-ISDR (2004)

Apesar de não serem capazes de atuar em formas de reduzir um perigo de origem natural, os seres humanos possuem capacidade de reduzir riscos oriundos de perigos naturais. Para entender melhor este conceito, é necessário ampliar o conceito de risco e introduzir o conceito de análise de risco ambiental.

### 3.1.2. Análise de Risco Ambiental

Primeiramente, nesta seção será explicitado o conceito de risco, tomando emprestados conceitos da análise de risco. Ao invés de definir o risco apenas como função do perigo, iremos considerar o Risco (R) como uma função do Perigo (P) e da

Vulnerabilidade (V), o qual pode ser expresso como:  $R = P \times V$ . (TOMINAGA *et al.*, 2009).

Vulnerabilidade pode ser definida como o conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos. (TOMINAGA *et al.*, 2009)

A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteções da infraestrutura) como fatores humanos, tais como, econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais. Estes fatores serão abordados com mais detalhe posteriormente ao estudar resiliência urbana.

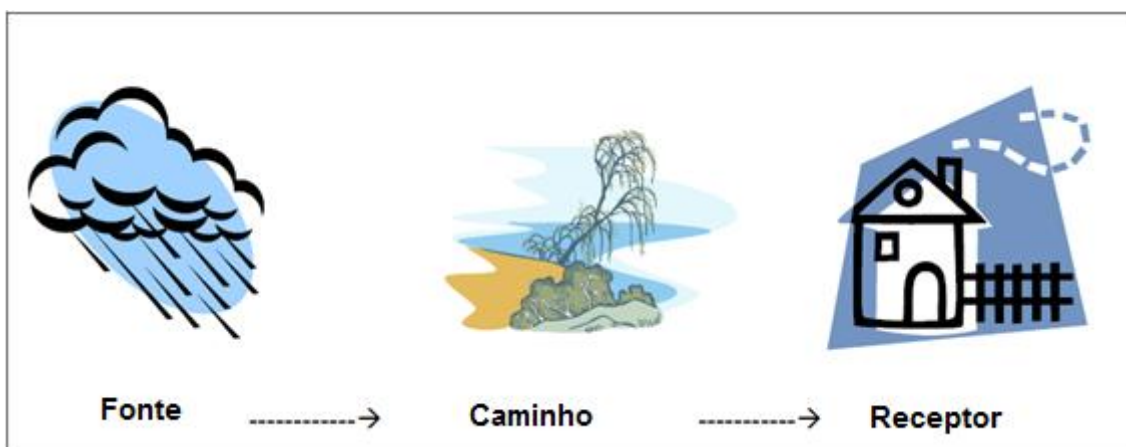
Atenta-se que esta é apenas uma metodologia qualitativa para entender risco, dentre as diversas metodologias existentes para análise de riscos. A análise quantitativa de riscos é um conceito importante importado da segurança e que pode ser definido como um estudo que possui a finalidade de prever quantitativamente as frequências de ocorrências e as respectivas consequências do potencial de risco. (BROWN, 1998)

Destaca-se aqui uma metodologia mais antiga, no entanto um pouco diferente das metodologias tradicionais, que torna mais fácil a compreensão dos termos (Veja a Figura 6). Flemming (2001) utilizou-se da metodologia “Fonte – Caminho – Receptor” para explicar a forma como as cidades se comportavam diante de eventos de chuva. A metodologia utiliza os seguintes três conceitos-chave:

**Fonte:** o evento inicial que levou ao problema em potencial.

**Caminho:** o meio pelo qual a fonte foi capaz de impactar o receptor.

**Receptor:** as pessoas e propriedades que estão ameaçadas pelo perigo.

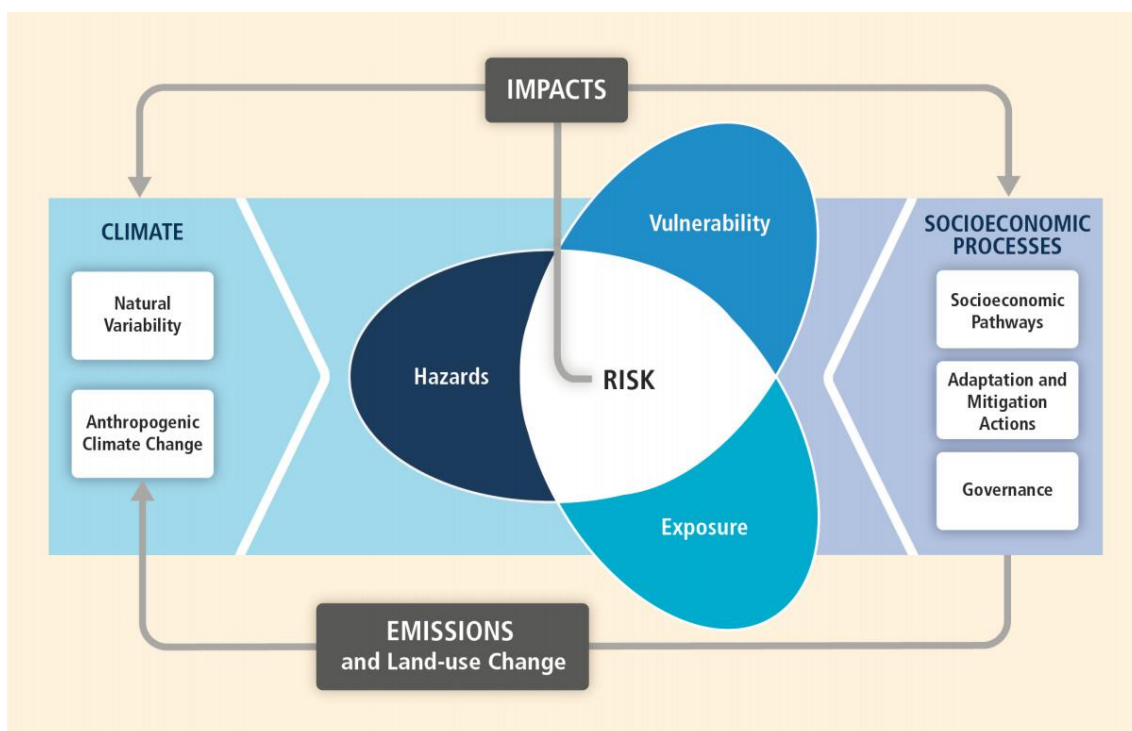


**Figura 6: Esquema da metodologia Fonte – Caminho – Receptor**

Fonte: Flemming (2001)

Utilizando-se do mesmo exemplo de Flemming (2001), um evento de chuva e suas consequências. A precipitação e o seu volume são enquadrados como fonte. A topografia natural, as bacias naturais de drenagem e a infraestrutura artificial de drenagem são enquadrados como caminho. As comunidades e os bens e serviços afetados são enquadrados como receptor. A metodologia do IPCC utiliza-se de conceitos bem similares, conforme observado a seguir.

Outra metodologia a ser apresentada é a que foi apresentada pelo IPCC (2012), em seu relatório “*Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*”, onde é realizada uma análise de riscos ambientais decorrentes de mudanças climáticas. Esta análise quantifica o risco como função de três fatores: a ameaça, o grau de exposição e a vulnerabilidade (Veja a Figura 7). A ameaça está relacionada com o grau do evento climático em questão; o grau de exposição com a proximidade geográfica do local, do foco da ameaça e possíveis fatores que podem causar sua magnificação ou sua amenização; e a vulnerabilidade com a proteção do local.



**Figura 7 - Análise de Riscos Climáticos**

Fonte: IPCC (2012)

O esquema ilustrado na figura acima resume a metodologia de análise de risco do IPCC através dos três fatores (ameaça, grau de exposição, vulnerabilidade). Resume também causas climáticas para os eventos, como a variabilidade natural e as mudanças climáticas e também processos socioeconômicos importantes, como as ações de adaptação e mitigação e também de governança. É importante destacar também que os processos socioeconômicos e os processos climáticos estão intimamente ligados conforme apontam as setas com dois sentidos, indicando inter-relação dos fatores.

Para melhor compreender os conceitos, podemos utilizar um exemplo que utiliza uma mesma ameaça ocorrendo em três diferentes locais. Suponhamos que a ameaça seja a elevação do nível dos oceanos e que os três locais sejam: (1) uma comunidade carente que habita uma encosta de significativa elevação, (2) uma comunidade carente que habita em casas de pouca infraestrutura e (3) um condomínio residencial de luxo que antecipadamente construiu infraestrutura de defesa marítima com diques, dunas e barreiras.

Conclui-se que a comunidade que habita a encosta (1) não sofrerá quase nenhum efeito, mesmo sendo extremamente vulnerável socioeconomicamente, encontra-se sem nenhum grau de exposição para esta ameaça. Enquanto as situações (2) e (3) encontram-se exatamente no mesmo grau de exposição, elas possuem vulnerabilidades diferentes uma da outra, traduzindo-se em um maior risco para a comunidade carente que não teve como financiar infraestrutura de proteção, tornando-se mais vulnerável que o condomínio de luxo.

## **3.2. Mudanças Climáticas**

O fenômeno conhecido como “Mudanças Climáticas” ou “Aquecimento Global”, ou seja, o aumento das temperaturas médias do planeta é considerado uma grave doença planetária. De acordo com a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), as ações antrópicas, principalmente as que emitem gases de efeito estufa (GEE), são as maiores responsáveis pelo aquecimento global. Atualmente, são emitidos mais gases de efeito estufa do que a biosfera pode absorver (IPCC, 2013).

O Aquecimento Global é um tema bastante divulgado pela a mídia e de fácil acesso para o conhecimento de todas as partes da sociedade. Apesar de o tema ser

amplamente explorado, ainda há muito a se discutir, aprender e muitas ações a serem tomadas para combater as mudanças climáticas. Por se tratar de um problema global, é muito importante que haja um esforço coletivo para que mudanças sejam realizadas. Acredita-se também ser essencial que o tema seja abordado de maneiras novas, visto que as formas atuais não estão sendo eficazes.

### **3.2.1. Consequências e Impactos das Mudanças Climáticas**

O aquecimento global não é apenas uma elevação das temperaturas e, conseqüentemente, mais calor. Significa muito mais, pois trata-se de um aporte maior de energia no sistema climático do planeta, desequilibrando a complexa dinâmica climática e podendo vir a ocasionar mudanças irreversíveis como o derretimento de calotas polares e elevação do nível dos oceanos e também eventos climáticos extremos, tais quais ondas de calor e frio extremos, enchentes, super tufões, nevascas, desmoronamentos e secas. (O GLOBO, 2011).

As populações urbanas têm vivido cada vez mais problemas decorrentes de eventos climáticos extremos, os quais causam grandes perdas financeiras e humanas, além de prejuízos ecológicos. Podem-se citar alguns exemplos de eventos climáticos extremos nos últimos anos que causaram preocupantes perdas: na Rússia, em 2010, houve uma onda de calor em que a temperatura ficou 14 graus acima da média e matou 11 mil pessoas; chuvas torrenciais no Sri Lanka, que deixaram cerca de 800 mil pessoas desabrigadas; no Paquistão, em 2010, houve a pior cheia da história no país, a qual matou mais de 1500 pessoas e deixou 20 milhões desabrigados; na Austrália, em 2011, houve uma cheia na qual registrou-se a presença de tubarões em terra a 30 quilômetros da costa; No Brasil, na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, em janeiro de 2011, fortes chuvas causaram a maior tragédia decorrente de desastres naturais já documentada na história do país até o período, deixando mais de 20 mil pessoas desabrigadas (O GLOBO, 2011).

Todos estes desastres supracitados demonstram o quanto o mundo encontra-se vulnerável a alguns eventos climáticos extremos. Não se pode evitar a ocorrência dos mesmos, mas é seguro afirmar que alguns desses eventos teriam causado impactos bem menos significativos caso medidas de adaptação e de aumento da resiliência tivessem sido tomadas.

Estes eventos climáticos extremos citados anteriormente podem estar correlacionados com as mudanças climáticas. No entanto, correlação não



necessariamente implica causalidade; para determinar estas relações com precisão é necessário fazer uso de estudos e relatórios científicos, conforme os estudos apontados no Quadro 2. Este quadro, oriundo do estudo de MOURA *et al* (2014), agrupa publicações que apontam para um aumento significativo na ocorrência de precipitações e nos volumes de chuva em decorrência das mudanças climáticas.

**Quadro 2 - Estudos relacionando as mudanças climáticas e o aumento das precipitações**

AUTORIA	ANO	MÉTODOS	CONCLUSÕES
DEL GENIO; LACIS; RUEDY	1991	Simulações com o <i>General Circulation Model (GCM)</i> – modelo matemático da atmosfera terrestre.	A cada grau (°C) a mais na temperatura média do planeta há aumento de 7% na umidade atmosférica, devendo intensificar as precipitações na escala global.
FREI et al.	1998	Simulações do continente europeu com modelos climáticos globais, considerando cenário atmosférico mais quente e úmido.	A elevação de 2°C na temperatura média do planeta ocasionará aumento de mais de 20% na frequência de eventos de chuva intensa (>30mm/dia). Os resultados são válidos para latitudes médias (30° a 55° N ou S) e regiões costeiras.
EMORI; BROWN	2005	Simulações em modelos climáticos globais dinâmicos e termodinâmicos.	Nas latitudes médias e altas, haverá aumento nas precipitações médias anuais e na frequência dos eventos extremos de chuva.
CUBASCH et al. Terceira Avaliação do IPCC	2001	Hierarquia de modelos climáticos globais, considerando diversos cenários quanto à emissão de GEE. Para as projeções quanto às precipitações de 2000 a 2100, foram	Aumento da intensidade das precipitações e dos eventos extremos de chuva, com diminuição do período de retorno desses eventos em quase todo o planeta (p. 572-573). Reconhece, contudo, a necessidade de simulações regionais para obter resultados específicos para cada lugar.
MEEHL et al. Quarta Avaliação do IPCC	2007	definidos três cenários futuros sem mitigação das emissões. Os modelos tiveram também como <i>input</i> os dados das emissões de 1900 a 2000. (CUBASCH et al., p 538; MEEHL et al., p. 755).	Projeções para o aumento da intensidade das precipitações, particularmente em latitudes tropicais e altas, para onde também se prevê maior frequência nos eventos extremos de chuva (p. 750). No geral, a precipitação média deve aumentar 5% sobre os continentes, mas há variações espaciais e sazonais específicas de cada modelo.

Fonte: MOURA *et al.* (2014)

Além dos eventos citados anteriormente e do aumento das precipitações, serão destacados e explicados pontos em que as cidades encontram-se vulneráveis

em questão de desastres e de mudanças climáticas: abastecimento de água, segurança alimentar, enchentes e deslizamentos, energia e telecomunicações, elevação do nível do mar e ilhas de calor. (HERZOG, 2013)

- **Abastecimento de Água** - A água é um insumo essencial para a manutenção da vida humana. Em situações de desastre é comum observar-se falhas no atendimento do sistema tradicional de abastecimento de água e o abastecimento necessitar de ajuda externa, através do envio de caminhões pipa e água engarrafada. Ressalta-se também que ao falar de abastecimento de água, devemos lembrar não só do recebimento de água, como também da infraestrutura de esgoto. Apenas 55% da população brasileira é atendida por redes de esgotamento sanitário (IBGE, 2012).
- **Segurança Alimentar (Alimentação)** – A alimentação é outra necessidade básica humana e vulnerável a eventos climáticos extremos. Seja por parte da vulnerabilidade na produção de alimentos, como também na parte do transporte. A produção de insumos básicos de alimentação, sejam eles de origem animal ou vegetal é extremamente vulnerável às alterações de precipitação e de temperatura como também da disponibilidade de água. Além disso, os insumos alimentares costumam ser produzidos distante dos centros habitacionais, de forma que eventos climáticos podem dificultar, ou até mesmo interromper esta distribuição. (HERZOG, 2013)
- **Enchentes e Deslizamentos** – O fato de que as construções não respeitam a topografia original do território, aliado à falta de planejamento urbano e de habitação social resultou em diversas populações habitando regiões de beira de rio e de encostas (HERZOG, 2013). Soma-se ainda o fato de que parte dessa população possui baixa renda, tem-se um cenário de extrema vulnerabilidade.
- **Energia e Telecomunicações** – A infraestrutura de energia e de telecomunicações é de vital importância para a manutenção das atividades diárias de uma sociedade e pode estar em risco em situações de eventos climáticos extremos. Ressalta-se que os sistemas de energia e de telecomunicação são essenciais pré desastre e pós desastre. Nos desastres ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro em 2011, houve inicialmente um sério problema de comunicação onde as redes de telefone, televisão e

internet perderam sua conectividade e a comunicação foi feita prioritariamente através de rádio.(COSTA et. al, 2013)

- **Elevação do Nível do Mar** – A elevação do nível do mar, associada ao derretimento das calotas polares são possivelmente os efeitos do aquecimento global mais populares e mais noticiados pela mídia. Não existe consenso dentre os pesquisadores, dados do IPCC (2013) apontam para uma elevação dos níveis dos oceanos de até 96 centímetros até 2100. Outros pesquisadores apontam para valores mais pessimistas entre 1,2 e 2 metros. (UNESCO, 2010) Mesmo não havendo consenso nos valores, os cenários são alarmantes e medidas de mitigação e adaptação são necessárias.
- **Ilhas de Calor** – A urbanização excessiva, pavimentação e supressão da vegetação nativa tendem a gerar um ambiente mais quente, uma vez que as temperaturas tendem a se elevar quanto mais mineralizada é a paisagem, o excesso de barreiras de concreto interrompe a ventilação natural e a menor quantidade de cobertura vegetal diminui o sombreamento e a evapotranspiração. (HERZOG, 2013) É possível observar na Figura 8 este efeito em áreas urbanizadas e áreas arborizadas.

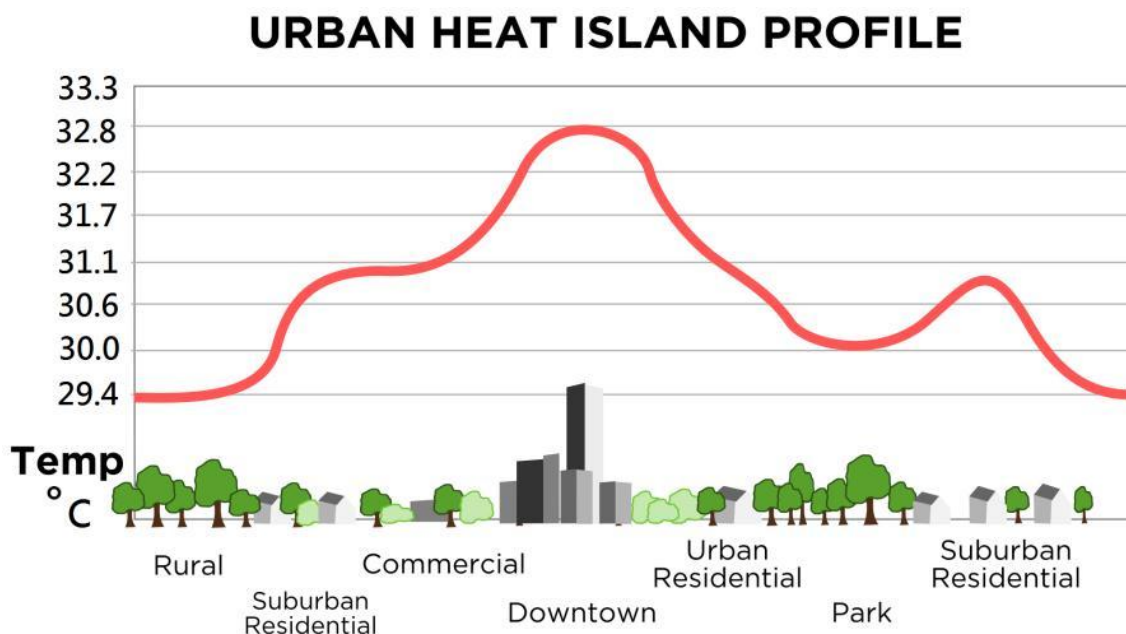


Figura 8: Ilhas de Calor

Fonte: EPA (2008)

Os pontos citados acima são os mais pertinentes em relação ao território brasileiro. Existem outros pontos, mas que não são cabíveis ao escopo deste trabalho, tais como: abalos sísmicos, geadas excessivas, tsunamis, ciclones, furacões, entre outros.

### **3.2.2. Adaptação e Mitigação**

Existem duas principais formas de combate às mudanças climáticas: a mitigação e a adaptação. A mitigação é uma forma de reduzir a concentração dos GEE na atmosfera, a fim de reduzir os possíveis impactos futuros, enquanto a adaptação consiste na aceitação de que os impactos futuros são um acontecimento certo e que atitudes devem ser tomadas objetivando mitigar estes impactos futuros, diminuindo a vulnerabilidade da sociedade. (MONTEIRO, 2007)

As táticas de mitigação podem se dar através de duas formas: a redução das emissões de GEE ou também através do aumento das formas de sequestro de CO<sub>2</sub> e sumidouros. O mecanismo pode ser explicado como um fluxo de entrada e saída, onde reduzir as emissões de GEE pode ser compreendido como uma redução nos fluxos de entrada enquanto o aumento do sequestro de carbono pode ser compreendido como um aumento dos fluxos de saída. Utilizando-se destas práticas, seria possível diminuir as concentrações excessivas de GEE em estoque na atmosfera.

Enquanto a adaptação aos impactos das mudanças climáticas consiste em diminuir a vulnerabilidade de uma região e de sua população, através da proteção dos recursos naturais e também do fortalecimento socioeconômico das populações. (HUQ, 2005)

Durante os últimos anos, muito enfoque foi dado à mitigação na redução da emissão dos GEE e pouco foi investido em mitigação por aumento dos sumidouros ou na adaptação para mudança climática. (MONTEIRO, 2007) Porém esta tática não está sendo efetiva e novos esforços devem ser incentivados através da adaptação e da mitigação combinados. Maroun (2007) afirma que uma aproximação complementar entre adaptação e mitigação ganhou força com a abordagem de que adaptação e mitigação não são conceitos alternativos, mas dois lados de uma mesma moeda. Deste pensamento surgem interessantes sinergias entre os conceitos.

### 3.3. Resiliência Urbana às Mudanças Climáticas

Nesta seção será expandido o conceito de resiliência para um viés urbano, a fim de definir o conceito de resiliência urbana perante as mudanças climáticas.

Conforme já foi anteriormente citado, resiliência pode ser considerado o oposto de vulnerabilidade. Assim, para entender as relações entre resiliência e mudanças climáticas, utiliza-se o seguinte conceito de vulnerabilidade:

“Vulnerabilidade é o grau em que um sistema é susceptível e incapaz de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive variabilidade climática e os extremos. A vulnerabilidade é função do caráter, magnitude e taxa de mudança do clima e da variação que um sistema esta exposto, sua sensibilidade e a sua capacidade de adaptação”(PBMC, 2013, p. 7)

Antes de analisar a forma como as cidades podem se tornar mais resilientes às mudanças climáticas, vale lembrar dos principais pontos de vulnerabilidade que as cidades enfrentam, citados do item “3.2.1.” deste capítulo.

Tendo em mente os pontos onde as cidades encontram-se vulneráveis, será definido o conceito de Resiliência de Desastres Urbanos, desenvolvido pelo World Bank (JHA et al, 2013), que divide a Resiliência de Desastres Urbanos nas seguintes quatro subcomponentes: Infraestrutura, Institucional, Econômica e Social.

A Resiliência de Infraestrutura refere-se ao quanto as estruturas construídas urbanas são capazes de absorver estes impactos. Tem-se como exemplo: prédios, sistemas de transporte, abrigos e sua capacidade, unidades de saúde, infraestrutura de energia, informação, rotas de evacuação e de abastecimento.

A Resiliência Institucional refere-se a como os sistemas institucionais (governamentais ou não-governamentais) são capazes de administrar as comunidades afetadas.

Resiliência Econômica refere-se à diversidade econômica de uma comunidade e sua capacidade de reestabelecer os empregos, trocas, serviços e comércio após um desastre.

Resiliência Social refere-se à habilidade de uma comunidade de se adaptar, sendo difícil de ser quantificada devido ao seu caráter passional; pode também ser traduzido como um sentimento de pertencimento a uma comunidade.

Não existe um consenso na literatura acerca destas quatro subcomponentes, é comum encontrar o termo resiliência socioeconômica, a fim de juntar os conceitos de resiliência social e resiliência econômica.

O IPCC (2007) afirma que devido à tendência global de concentração da população nas cidades, o planejamento urbano precisa incorporar o conhecimento das vulnerabilidades e dos riscos aos quais as cidades estão sujeitas, para poder propor medidas de mitigação e adaptação que aumentem a resiliência urbana. Esta, por sua vez é definida pelo IPCC (2007) como a capacidade de absorver perturbações mantendo seu funcionamento normal.

Ao fazer uma análise mais próxima da realidade brasileira, é possível perceber que muitas cidades entram em colapso a cada chuva mais intensa. Na maior parte dos casos, as cidades são impermeabilizadas, com rede de drenagem subdimensionada, com áreas inundáveis ocupadas, com rios tubulados e encostas desestabilizadas. Elas não estão preparadas para conviver com fenômenos climáticos intensos. É preciso aumentar a resiliência urbana, ou seja, aumentar a capacidade de manter sua dinâmica operacional durante períodos de chuva, seca, frio, calor, etc., adaptando-se ao estresse e às modificações impostas. (SIEBERT, 2012)

As cidades podem ser consideradas energívoras, pois dependem do consumo de energia elétrica e combustível fóssil para aquecimento, resfriamento e transporte. São praticamente desprezadas as possibilidades do uso ventilação e iluminação natural, do uso de energia solar e eólica, de captação da água da chuva, de uso da vegetação para o conforto ambiental e de deslocamentos não motorizados. (SIEBERT, 2012)

A maioria das cidades brasileiras são segregadas, com bairros monofuncionais, o que gera deslocamentos desnecessários, ineficiência e congestionamentos. Siebert (2012) acredita que para as cidades do século XXI sobreviverem aos efeitos das mudanças climáticas elas precisam ser inclusivas, saudáveis e eficientes. Apesar de parecer utópico, a autora afirma que através uma série de medidas de mitigação e adaptação será possível reduzir o impacto ambiental das cidades (no caso da mitigação) e reduzir as ocupações de risco (no caso da adaptação às mudanças climáticas), pois caso incorporadas ao planejamento e à

gestão urbana, as medidas de adaptação permitem o aumento da resiliência urbana, reduzindo as perdas humanas e materiais e os custos de reparação.

O Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (UN-HABITAT) propõe dois caminhos para reduzir os impactos dos desastres socioambientais decorrentes das mudanças climáticas: prevenção e “*build back better*”.

Como prevenção, o programa sugere a adoção de um sistema de alerta e de um planejamento do uso do solo e de códigos de construção mais adequados. No caso do *build back better*, que pode ser traduzido como “reconstruir melhor, evitando os erros do passado”, o próprio termo já deixa claro como se deve agir. (SIEBERT, 2012).

Siebert (2012) defende a prevenção, já que, para ela, a sociedade, em geral, não pode fazer muito para diminuir o risco, porém muita coisa pode e deve ser feita a fim de reduzir a vulnerabilidade e a exposição ao risco.

A resiliência urbana está diretamente ligada ao metabolismo urbano. Siebert (2012) afirma que é preciso ter como meta o alcançar o metabolismo circular, através de tecnologias menos impactantes, reciclagem de resíduos, reutilização de materiais, diminuição do consumo de água e energia, aproveitamento de fontes energéticas alternativas (como energia solar e eólica) e redução do deslocamento de pessoas e materiais.

Planejar uma cidade com foco na sustentabilidade e resiliência da mesma permite a adequação do espaço construído aos processos naturais, além de levar a reflexão sobre os modelos sociais e econômicos vigentes, aceitando os limites do desenvolvimento urbano. (SIEBERT, 2012)

Finalmente, segundo Siebert (2012), se a resiliência urbana é a capacidade de enfrentar os fenômenos climáticos extremos sem entrar em colapso, a não ocupação das margens dos cursos d’água se torna fundamental no padrão ideal de relacionamento das cidades com o meio natural. Além disso, o desenvolvimento urbano deve incorporar as áreas de preservação permanente da legislação ambiental na legislação urbanística. É importante também a aceitação dos cursos d’água e de sua mata ciliar como parte viva das cidades e o respeito às necessidades periódicas de transbordamento são essenciais para qualquer cidade que pretenda ser resiliente e sustentável. Áreas inundáveis das cidades devem funcionar como parques ambientais e de lazer nos períodos de secas, e como espaço de estocagem de água em períodos de chuva.

## 4. Infraestrutura Verde

A forma como vem ocorrendo o desenvolvimento humano não é possível coexistir com o meio ambiente natural. Os espaços livres verdes são cada vez mais consumidos pelas ações antrópicas. Devido ao avanço do desenvolvimento, com desmatamento da cobertura vegetal para diversos fins, os sistemas naturais estão sendo fragmentados de tal maneira que eles perderam sua capacidade de cumprir suas funções originais (BENEDICT e MCMAHON, 2006).

O crescimento da população urbana pelo mundo e os padrões muitas vezes ineficientes de moradia estão aumentando os impactos negativos sobre o meio ambiente. Em várias cidades brasileiras, por exemplo, a ausência de planejamento habitacional levou ao desmatamento e ocupação irregular de encostas e áreas alagadiças (VASCONCELLOS, 2011). A devastação da cobertura vegetal acarreta na perda da proteção natural, aumentando o risco de devastação (BRANDÃO, 2004; MARICATO, 2000; SCHLEE et al., 2006; COELHO NETTO, 2007 *apud* HERZOG, 2009).

A redução da biodiversidade é outro importante impacto negativo que as cidades causam ao meio ambiente. Desta forma, a variabilidade dos organismos vivos afeta não só a fauna e a flora, como também o ser humano, na medida em que a biodiversidade que fornece alimentos e medicamentos. As principais ameaças à biodiversidade são: a perda ou degradação do habitat e as espécies invasoras, ambas diretamente ligadas à expansão do crescimento urbano (BENEDICT; MCMAHON, 2006).

Outro impacto ainda mais relevante causado pelas cidades é a perda dos benefícios ecológicos. As florestas e a vegetação cultivam o solo, para mantê-lo coeso e regular o fornecimento de água através da manutenção do ciclo hidrológico e da preservação das áreas de captação e recarga dos lençóis freáticos. Os solos férteis decompõem os poluentes e cultivam alimentos. Os nutrientes mantêm os ciclos bioquímicos necessários à manutenção da vida e contribuem para a reciclagem e decomposição do lixo. Não existem serviços que possam substituir à altura esses serviços ecológicos. Além disso, eles dão apoio e sustentação aos sistemas urbanos (ROGERS, 2001).



Segundo Rogers (2011), é vital e urgente a necessidade de mudanças na forma de se habitar e intervir na Terra. A sociedade humana precisa aprender a coexistir com o meio ambiente natural, pois o ser humano faz parte do mesmo sistema. Assim, o autor afirma que apenas através do planejamento sustentável se poderá proteger a ecologia do planeta e, conseqüentemente, a vida humana na Terra. É necessário criar cidades que respeitem o meio ambiente e os cidadãos ao mesmo tempo, propondo soluções que beneficiem tanto as cidades quanto o meio ambiente para que ambos possam coexistir em harmonia e demonstrando fazerem parte de um mesmo sistema.

Desta maneira, frente a eventos climáticos extremos cada vez mais graves e com intervalos menores, ao agravamento dos problemas urbanos e aos impactos negativos que as cidades têm gerado sobre o planeta, a necessidade por mudanças na metodologia de ocupação do solo e do planejamento urbano fica evidente. Assim, pretende-se minimizar os impactos da urbanização sobre a natureza e os problemas urbanos enfrentados na atualidade através de um instrumento que surge como resposta ao novo paradigma da urbanização sustentável: a infraestrutura verde.

Este instrumento pretende promover os serviços ecológicos, que estão se perdendo com a urbanização tradicional, em ambientes construídos, possibilitando o desenvolvimento urbano em sintonia com as questões ambientais e sócio-culturais.

## **4.1. Origem e Definição do Conceito de Infraestrutura Verde**

### **4.1.1. Origem**

O conceito de infraestrutura verde foi formulado com base nas preocupações com o meio ambiente e com as pessoas. A inter-relação cidade-natureza foi ganhando atenção na medida em que a percepção ambiental e os conhecimentos sobre esta percepção foram evoluindo. Então, a infraestrutura verde surgiu como um instrumento para orientar o desenvolvimento urbano e a conservação do meio ambiente simultaneamente (BENEDICT; MCMAHON, 2006).

A partir da segunda metade do século XIX, surgiram as primeiras ideias sobre a inter-relação cidade-natureza, as quais eram voltadas para preservação da natureza frente ao desenvolvimento das cidades. Em 1969 Ian McHarg lançou o livro *Design with Nature*, o qual sistematizou o levantamento do suporte natural (geobiofísico) e os usos e ocupações humanos que ocorrem nesse suporte. Ele apresentou como se

usava mapas temáticos, os quais eram feitos em acetato para que fossem sobrepostos. Seu objetivo era permitir a identificação das áreas mais suscetíveis ecologicamente e as mais adequadas à ocupação. (MCHARG, 1969) Vale ressaltar que o autor não foi pioneiro em propor essa técnica, tampouco em planejar a paisagem baseado na multidisciplinaridade, sua grande contribuição foi dar destaque à ecologia. Desde então, levantar os aspectos naturais e culturais se tornaram frequentes no ensino e prática de planejamento e projeto da paisagem tanto em áreas urbanas quanto em rurais. (HERZOG, 2010)

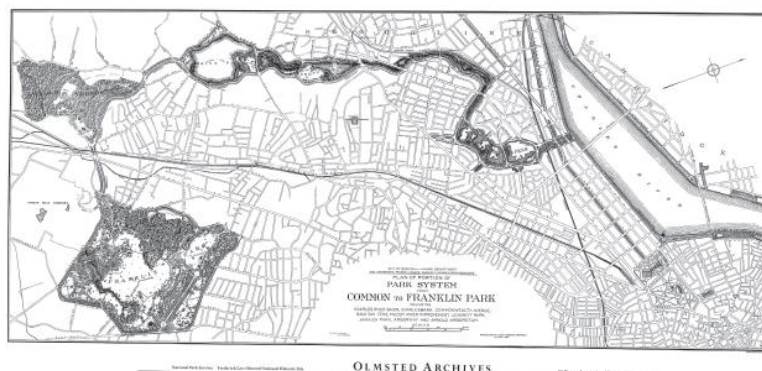
A criação do primeiro parque nacional do mundo nos Estados Unidos, em 1872, o *Yellowstone*, é um marco destas primeiras ideias (Figura 9). O plano *Emerald Necklace*, de Boston, primeiro projeto paisagístico ambiental e estruturador do desenvolvimento da cidade, do arquiteto-paisagista *Frederick Law Olmsted*, é mais um marco desta primeira corrente ambiental que levou ao conceito da infraestrutura verde (Figura 10). (VALLEJO, 2003; BENEDICT & MCMAHON, 2006; TARDIN, 2008; HERZOG, 2009)



**Figura 9: Parque Nacional de Yellowstone**

**Fonte: <http://www.nationalparks.org/>**

**Acesso em: 27 de fevereiro de 2016**



**Figura 10: Plano original do Emerald Necklace (1894)**

Fonte: <[www.olmsted.org](http://www.olmsted.org)>

*Frederick Law Olmsted* foi o primeiro arquiteto-paisagista a lançar bases para o planejamento ecológico da paisagem. Ele tinha uma visão sistêmica das complexas funções e processos naturais que ocorrem na paisagem urbana. Olmsted considerava que para as pessoas serem saudáveis física e mentalmente, elas precisavam desfrutar da natureza diariamente. Ele foi o responsável por projetos pioneiros de parques que tinham o objetivo de conservar áreas naturais e recuperar a qualidade de vida urbana. O seu mais conhecido projeto, é o *Central Park*, com 3,5 milhões de metros quadrados, com inúmeros ambientes paisagísticos, localizado no coração de Manhattan, Nova Iorque.. O sucesso deste parque é tão grande que as pessoas acreditam se tratar de uma paisagem natural, quando na verdade foi inteiramente projetado (HERZOG, 2013)

A introdução da natureza nas cidades ocorreu de diversas formas ao longo do tempo. Do final do século XIX até a década de 1970 foram implantados alguns planos, nos quais o espaço verde vinha como elemento estruturador do espaço urbano. Como exemplos podem ser citados o Plano de Albercrombie para a Grande Londres, em 1943; o *Copenhagen Finger Plan*, em 1947; e o Plano Regional de Estocolmo, em 1967. Porém, a grande semelhança entre os planos até o período citado era a preocupação em apenas introduzir a natureza na cidade para o desfrute da população e para embelezá-la (TARDIN, 2008).

No Brasil, um grande exemplo de recuperação ambiental do século XIX é o que hoje chamam de Floresta da Tijuca, protegida pelo Parque Nacional da Tijuca, localizada no município do Rio de Janeiro. As florestas do maciço da Tijuca tinham sido quase totalmente eliminadas para o cultivo de café. Com o objetivo de combater as secas severas que ocorreriam na época, o imperador D. Pedro II determinou que replantassem a mata para restaurar as fontes de água, regular o clima e oferecer lazer aos moradores da cidade (HERZOG, 2013).

A partir da década de 1970, começaram a surgir problemas urbanos relacionados ao rápido crescimento das cidades, como degradação dos espaços livres, dispersão urbana pelo território e perdas de qualidade de vida. Desde então, os planos urbanos passaram a ser alvo de preocupação de cunho ecológico e as cidades passaram a incorporar a questão ambiental. A sociedade deixou de ser o objeto

central da ação e passou a ser inserida na caracterização da natureza (VASCONCELLOS, 2011).

Os autores Benedict e McMahon (2006) acreditam que a preocupação com a ecologia apresentada nos planos urbanos foi influenciada pela formulação de termos como “ecologia da paisagem”, “planejamento da paisagem” e “planejamento ecológico”, e também pela compreensão de que somente preservar a natureza não é suficiente para proteger a biodiversidade e os ecossistemas, as áreas naturais precisam também estar conectadas.

Em 1994, na Flórida, o termo “infraestrutura verde” foi utilizado pela primeira vez em um relatório endereçado ao governo americano sobre estratégias de conservação do meio ambiente. Tal relatório tinha a intenção de refletir sobre a noção de que os sistemas naturais são tão ou até mais importantes que os componentes de uma infraestrutura convencional (ou infraestrutura cinza) para o funcionamento e desenvolvimento de uma comunidade. Da mesma maneira que é importante e necessário planejar uma infraestrutura convencional, a ideia era também planejar uma infraestrutura verde de forma a conservar ou restaurar os sistemas naturais e assim dar visibilidade à importância deste conceito para o desenvolvimento das cidades (FIREHOCK, 2010).

Benedict e McMahon (2006), afirmam que apesar do termo infraestrutura verde ser novo, o conceito teórico já existe há mais de 150 anos, como foi apresentado nos parágrafos acima. Segundo os autores, o movimento da infraestrutura verde é baseado em diversos estudos sobre a paisagem e as relações do homem com a natureza. A origem do planejamento e projeto da infraestrutura verde se deu através de contribuições práticas e teóricas (pesquisas, ideias, conclusões, etc.) de diversas disciplinas, principalmente aquelas relacionadas à conservação da natureza através de planos de desenvolvimento, como planejamento urbano, paisagismo, planejamento ambiental, urbanismo sustentável, entre outras.

#### **4.1.2. Definição**

Desde sua primeira aparição, o termo infraestrutura verde vem aparecendo com cada vez mais frequência pelo mundo em discussões sobre conservação e desenvolvimento urbano. O termo é utilizado com diferentes significados dependendo do contexto em que é aplicado, podendo se referir aos elementos vegetais que promovem os benefícios ecológicos em áreas urbanas, como arborização de espaços

livres; ou às estruturas de engenharia projetadas para serem ecológicas, como as de manejo de águas pluviais – telhados verdes ou de tratamento de água (BENEDICT & MCMAHON, 2006).

Para Benedict e McMahon (2006), a infraestrutura verde é uma rede de espaços verdes interligados, a qual conserva os valores e funções dos ecossistemas naturais e, ao mesmo tempo, oferecem benefícios para os seres humanos. Os autores a definem ainda como uma estrutura ecológica necessária para a sustentabilidade ambiental, social e econômica, sendo a infraestrutura verde um sistema de sustentação da vida natural, que contribui para a saúde e qualidade de vida das pessoas. Segundo eles, os elementos de uma rede de infraestrutura verde devem ser protegidos em longo prazo e para isso é necessário planejamento, gestão e compromisso contínuos.

O guia publicado pelo CNT (2010) – *Center for Neighborhood Technology*, sobre como reconhecer os benefícios sociais, econômicos e ambientais da infraestrutura verde, a define como uma rede de práticas de manejo de águas pluviais descentralizadas, como telhados verdes, árvores, jardins tropicais e pavimentação permeável, que permitem infiltrar a água da chuva no local onde ela cai, reduzindo o escoamento superficial e melhorando a qualidade dos cursos d'água circundantes. Tais práticas possuem a capacidade de fornecer benefícios e serviços ecológicos, econômicos e sociais, fazendo da infraestrutura verde uma estratégia para promover a redução do escoamento de águas pluviais poluídas; a redução do consumo de energia; o aumento da qualidade do ar; a redução da emissão de gases de efeito estufa; lazer para as pessoas; e outros elementos para a saúde e vitalidade da comunidade. Além disso, o guia ressalta que a infraestrutura verde proporciona a flexibilidade das comunidades diante da necessidade de se adaptarem aos efeitos das mudanças climáticas.

Finalmente, Herzog (2013), acredita que a infraestrutura verde propõe uma transformação de áreas impermeabilizadas com funções específicas em áreas multifuncionais. O objetivo é “desimpermeabilizar” as superfícies mineralizadas, como concretos, asfaltos, cimentos, cerâmicas, pedras e telhas, reintroduzindo a biodiversidade urbana e, assim, permitir que os serviços ecossistêmicos estejam disponíveis para as pessoas. Segundo a autora, a infraestrutura verde compreende as cidades como um sistema socioecológico através de uma visão sistêmica, pretendendo, então, planejar, projetar e manejar infraestruturas novas ou existentes de forma que elas se tornem multifuncionais. É importante ressaltar que os elementos de infraestrutura verde devem fazer parte de uma rede de fragmentos permeáveis e

vegetados interligados por corredores verdes e azuis para que a biodiversidade possa proteger e melhorar a qualidade das águas.

Os corredores verdes e azuis, por sua vez, são os responsáveis pelas interconexões necessárias para a sustentabilidade da paisagem, pois restabelecem os fluxos da biodiversidade e das águas (HERZOG, 2013).

“A infraestrutura verde é uma rede ecológica urbana que reestrutura a paisagem, mimetiza os processos naturais de modo a manter ou restaurar as funções do ecossistema urbano, oferecendo serviços ecossistêmicos no local. [...] Este tipo de infraestrutura tem como meta tornar os ambientes urbanos mais sustentáveis e resilientes por meio da interação cotidiana das pessoas com a natureza em espaços onde ambas tenham total prioridade” (HERZOG, 2013, p.111)

A autora cita uma série de exemplos de serviços ecossistêmicos oferecidos pela infraestrutura verde, como: prevenção de enchentes e deslizamentos, redução das emissões de gases de efeito estufa, amenização das ilhas de calor, aumento e melhoria da biodiversidade nativa, redução do consumo energético, produção local de alimentos e melhoria da saúde física, mental e espiritual das pessoas.

## **4.2. Abordagens sobre Infraestrutura Verde**

Neste item pretendemos fazer um levantamento de duas importantes abordagens sobre Infraestrutura Verde publicadas ao longo dos últimos 10 anos.

A primeira, de Benedict e McMahon (2006), autores do livro *Green Infrastructure*, cujo lançamento causou grande repercussão acerca do tema e contribuiu para que, de fato, a natureza fosse incorporada às cidades.

A segunda, selecionamos uma publicação mais atual e nacional, o livro de Cecília Herzog, *Cidade para Todos*, de 2013, que aborda a Infraestrutura Verde analisando os sistemas naturais e antrópicos separadamente, para depois integrá-los em uma infraestrutura verde.

#### **4.2.1. A Abordagem de Mark Benedict e Edward McMahon (2006)**

Segundo os autores, o objetivo de se planejar uma infraestrutura verde é promover a conservação estratégica, identificando, protegendo e manejando as redes de espaços verdes interconectados, para que sustentem as funções naturais enquanto promovem benefícios aos homens. Normalmente, estas redes se estendem sobre diversas paisagens, não se limitando aos limites políticos de território. Assim, o planejamento de uma rede de infraestrutura verde facilita a identificação prévia de locais importantes para as futuras ações de conservação e restauração, assim como as futuras áreas de desenvolvimento.

Ainda é comum as pessoas pensarem em áreas verdes como algo bom para se ter por perto. A infraestrutura verde considera essas áreas necessárias, e não apenas algo a acrescentar. Proteger e restaurar o sistema natural que dá suporte à vida é essencial.

Os autores sugerem que um dos maiores desafios da infraestrutura verde é fazer a população perceber a importância do planejamento e da proteção de áreas verdes. Para que se possa planejar a ocupação da paisagem sustentavelmente, é preciso compreender que as áreas livres não estão à espera de desenvolvimento necessariamente e que os espaços verdes não são somente áreas naturais normalmente destinadas a lazer.

Estes espaços livres podem possuir vital importância ao desenvolver uma infraestrutura verde, dando suporte para que a ocupação da área aconteça sem risco para a população. Desta maneira, as áreas verdes, em geral, devem ser parte integrante de um sistema interconectado em diferentes escalas e devem ser protegidas e manejadas para oferecerem seus serviços ecológicos em benefício das pessoas.

Os autores consideram que o objetivo da infraestrutura verde em si é proteger os sistemas naturais e a biodiversidade, porém uma rede de infraestrutura verde inclui muitos elementos que nem sempre possuem apenas este objetivo. Enquanto umas redes se concentram na saúde dos processos naturais da paisagem e seus benefícios ecológicos, outras se preocupam também em incluir áreas de lazer para as pessoas.

Normalmente, os elementos de infraestrutura verde já se encontram no local antes do planejamento da sua rede, porém, quando se tornam efetivamente uma rede é que ganham verdadeiro valor. Assim, promover a ligação entre os diversos elementos para que eles possam trabalhar juntos como um grande sistema multifuncional é a grande questão levantada nesta abordagem.

Ao criar uma rede de infraestrutura verde provavelmente irão existir algumas terras com valores óbvios de conservação e outras destinadas a diversos usos que deverão ser buscadas. Benedict e McMahon (2006) listam uma série de exemplos de terras destinadas a diversos usos que poderão fazer parte de uma rede de infraestrutura verde. São eles:

- Terras públicas, como áreas militares, porções de florestas, terras abandonadas, e outros espaços livres;
- Áreas sensíveis, como encostas íngremes, áreas costeiras e áreas alagáveis;
- Áreas cultiváveis, como as destinadas à agricultura, silvicultura e à caça;
- Áreas de lazer, como campos de golfe, parques, ciclovias e trilhas; áreas privadas, como parques industriais;
- Zonas destinadas à passagem de serviços concessionários como, adutoras e linhas de alta tensão;
- Lugares abandonados ou subutilizados, como aterros sanitários desativados e vazios urbanos;
- E corredores de transporte, como linhas férreas.

Nem todos os sistemas naturais protegidos pela rede de infraestrutura verde são verdes. Rios e córregos são elementos essenciais para o funcionamento da rede. Ela deve ser planejada com base no sistema hídrico e de drenagem da escala de projeto para manter suas funções ecológicas. Posteriormente, elementos e funções adicionais (como hortas, áreas de cultivo, trilhas, áreas de lazer e locais turísticos e culturais) deverão ser incorporados ao projeto, dependendo das necessidades locais, contribuindo para a saúde e qualidade de vida da cidade.

Benedict e McMahon (2006) estabeleceram 10 princípios que consideram fundamentais para o sucesso da infraestrutura verde. São eles:

1. Conectividade é a chave;
2. O contexto importa;
3. A infraestrutura verde deve ser fundada em conhecimentos científicos e na teoria e práticas do planejamento do uso do solo;
4. A infraestrutura verde pode e deve funcionar como uma rede para a conservação e o desenvolvimento;
5. A infraestrutura verde deve ser planejada e protegida antes do desenvolvimento.
6. A infraestrutura verde é um investimento público fundamental que deve ter prioridade de financiamento;
7. A infraestrutura verde proporciona benefícios para a natureza e para as pessoas.



8. A infraestrutura verde respeita as necessidades e os desejos dos proprietários e das partes envolvidas;
9. A infraestrutura verde implica a realização de atividades dentro e fora das comunidades;
10. A infraestrutura verde requer um comprometimento de longo prazo.

Os benefícios que a infraestrutura verde oferece geralmente são diferentes em cada lugar onde ela é aplicada. Em locais de subúrbio ou periferia, ela poderá auxiliar nos problemas causados pela ocupação espalhada. Já em áreas urbanas centrais, ela poderá servir de espaços abertos para lazer, contribuindo para a saúde física, mental e espiritual da população. Onde há abastecimento limitado de água, ela poderá ajudar purificando as águas. E em locais vulneráveis a alagamentos e enchentes ela poderá protegê-lo com seu sistema natural.

Como já foi ressaltado anteriormente, promover a conectividade entre os diversos elementos de infraestrutura verde é a grande questão levantada na abordagem de Benedict e McMahon (2006). Segundo eles, a rede de infraestrutura verde conecta as paisagens e os ecossistemas através de *hubs* e *links*, de diversos tamanhos e funções (Figura 11).

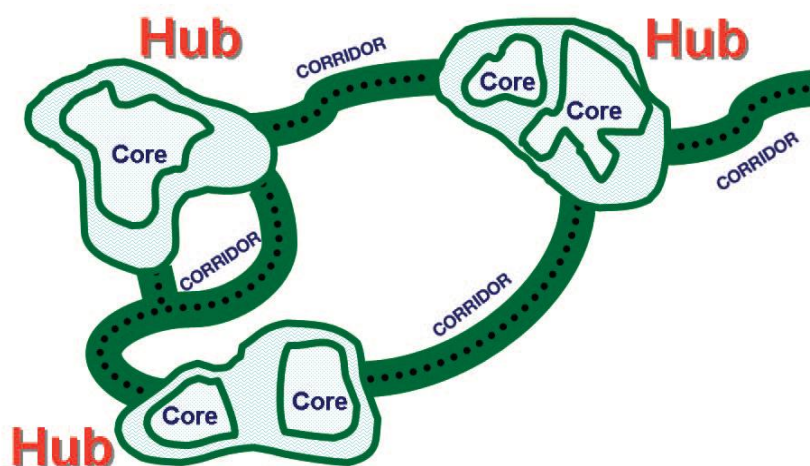


Figura 11: Esquema representando os elementos de conectividade de infraestrutura verde

Fonte: [http://www.littleforks.org/wp-content/uploads/2011/05/Vision\\_of\\_Green.pdf](http://www.littleforks.org/wp-content/uploads/2011/05/Vision_of_Green.pdf) Acesso em: 03 de março de 2016

Os *hubs*, traduzidos como “nós” em português, são os locais de diversas formas e tamanhos, onde os processos naturais são protegidos e/ou restaurados. Os hubs são os locais da infraestrutura verde onde ocorre a melhor qualidade do sistema e onde estão as maiores paisagens ecológicas, menos fragmentadas. Dependendo

dos objetivos da rede de infraestrutura verde, os *hubs* podem exercer diversas funções, desde oferecer habitat para a biodiversidade nativa até proporcionar um destino para a vida selvagem ou pessoas que se movem ao longo do sistema. Eles precisam ser grandes o suficiente (de acordo com a escala do projeto) para servirem como blocos ecológicos adequados à construção da rede. Além disso, para funcionarem bem, devem possuir uma borda suave, que podem ser as zonas de transição, as quais têm a função de minimizar o efeito de borda. É provável que os hubs contenham lacunas (*gaps*), áreas perturbadas ou de domínio antrópico.

Podem ser considerados *hubs* os seguintes locais: reservas naturais ou áreas de proteção, como refúgios nacionais da vida silvestre ou parques estaduais; terras públicas, incluindo florestas extrativistas nacionais e estaduais ou as de valor recreativo ou natural; áreas particulares como fazendas, sítios e RPPNs; parques comunitários e espaços verdes, como parques urbanos e campos de golfe.

Os *Links* são as ligações que conectam o sistema e são fundamentais para a manutenção dos processos ecológicos e para a saúde da nativa. Eles podem ter larguras, formatos e comprimentos variados, dependendo do tipo de ligação que configuram. Sendo a largura de vital importância para garantir o suporte ecológico pretendido pela rede. Normalmente, quanto mais largo o corredor melhor, e quanto mais comprido, mais largo ele deverá ser. Os *links* funcionam como corredores de conexão entre ecossistemas e paisagens e podem prover espaços para a proteção de sítios históricos e de usos recreativos. Outro fator a ser levado em consideração é a condição da área no entorno no *link*, se *ela* for perturbadora deve-se expandir ainda mais a largura do corredor.

Podem ser considerados links os seguintes locais: rios, córregos e planícies de inundação, que servem como condutores biológicos da vida silvestre e também podem prover oportunidades para recreação ao ar livre; *greenways* e cinturões verdes (*greenbelts*), os quais criam uma rede para o desenvolvimento, preservando os ecossistemas naturais; e/ou fazendas e sítios, que podem proporcionar lugares para caminhada e ciclismo ou simplesmente contemplação da natureza.

É importante ressaltar que para estabelecer um *link* numa rede de infraestrutura verde não basta apenas conectar dois *hubs*, deve ser levado em conta os princípios geológicos dos *links*. Eles devem conectar os *hubs* com o mesmo tipo de paisagem (exemplo: fluvial com fluvial), os *hubs* que se conectam naturalmente (exemplo: fluvial com costeira) e/ou os *hubs* em que as conexões objetivem suprir as necessidades de determinada espécie ou que tenham outras finalidades ecológicas.

Os *hubs* que possuem flora, fauna ou hidrologia muito diferente não devem ser conectadas, pois este tipo de conexão poderá facilitar a migração de espécies não desejadas e/ou facilitar que a paisagem se degrade ao longo do tempo. Desta maneira, é essencial fazer uma avaliação prévia das vantagens e desvantagens de criar tais ligações.

Outro fator importante levantado pelos autores é que normalmente os *hubs* já foram modificados anteriormente pelas atividades humanas. Assim, provavelmente não será possível identificar trajetos contínuos entre os *hubs* da rede ou, quando for possível identificá-los, é provável que eles sejam muito estreitos para viabilizar o suporte ecológico da rede. Desta maneira, deve-se identificar áreas onde a restauração da paisagem natural possa preencher os *gaps* ao longo dos corredores.

Finalmente, os *hubs* e os *links* possuem igual importância na eficiência de uma rede de infraestrutura verde. A conectividade entre os sistemas naturais é um dos maiores indicadores da saúde da paisagem. Pesquisas apontam que um caminho conectado a uma rede possui mais espécies e menor taxa de extinção local que um caminho com o mesmo tamanho que seja separado da rede.

#### **4.2.2. A Abordagem de Cecília Herzog (2013)**

Para Herzog (2013), a infraestrutura verde propõe a transformação de áreas monofuncionais em áreas multifuncionais através da “desimpermeabilização” e “renaturalização” de superfícies, a fim de manter o equilíbrio dinâmico, sustentável e resiliente do ecossistema urbano.

A autora acredita que a infraestrutura verde é um assunto multidisciplinar e que para analisá-la profundamente é preciso entender seis sistemas que se superpõem e estão totalmente conectados, sendo três deles naturais (geológico, biológico e hidrológico) e três antrópicos (social, circulatório e metabólico). Após entender cada sistema separadamente, será possível perceber que os seis sistemas alteram, interferem e/ou interagem um ao outro, ou seja, estão interconectados e funcionam como subsistemas do grande ecossistema urbano.

##### **a) Sistema geológico**

O sistema geológico é o solo em que as pessoas vivem sobre, ou seja, a litosfera. Ela evoluiu a partir de movimentos tectônicos, vulcões, impactos de asteroides, ventos e chuvas. Tais processos determinaram a geomorfologia (forma da

paisagem) e a qualidade dos solos (como fertilidade, grau de permeabilidade, capacidade de erosão, entre outros). Os recursos minerais, o solo que produz os alimentos e o solo sobre o qual as pessoas vivem se originam desta formação geológica.

O sistema geológico influencia diretamente em como os processos ocorrem nas paisagens urbanas. As estruturas e formas geológicas são a base da ocupação urbana, pois a geologia local é quem define a estabilidade do terreno e a sua suscetibilidade a erosões, deslizamentos e enchentes.

Os microorganismos e nutrientes que dão suporte à vida das plantas estão no solo. Além disso, os solos apresentam diferentes estruturas e plasticidades, os quais determinam a sua permeabilidade e a sua plasticidade. Pode-se considerar que existem três tipos de solo: a argila, o silte e a areia. Quanto mais argiloso é um solo, maior é a sua fertilidade, pois contém uma concentração maior de matéria orgânica e menor é a sua permeabilidade, já que as partículas são mais finas e facilmente carregadas pelas águas. Já um solo arenoso é mais permeável por conter grãos maiores e menos fértil por possuir pouca matéria orgânica. O silte é o solo com características intermediárias. Assim, é muito importante conhecer as características do solo para saber qual é a sua vocação.

Fazer um mapeamento completo (levantamento, análise, diagnóstico, etc.) dos fatores geológicos permite identificar as áreas que são mais vulneráveis, as áreas mais adequadas para a ocupação urbana, as áreas adequadas para plantio de alimentos e as que precisam ser reflorestadas.

#### ***b) Sistema hidrológico***

O sistema hidrológico é o ciclo da hidrosfera. Toda água que existe no planeta se encontra neste ciclo. A chuva quando cai pode seguir de diversas maneiras: ela pode se infiltrar no solo e percolar até os lençóis subterrâneos; pode escoar subsuperficialmente até um canal de drenagem; pode escoar superficialmente quando caírem em áreas impermeáveis; ou podem drenar em canais ou rios até lagos, lagoas ou mares. A água estocada em mares, lagos e lagoas evaporam devido ao calor e a vegetação evapotranspira devido a seus processos vitais. Essas evaporações formam nuvens que em algum momento se transformarão em chuvas novamente.

A nível global, o sistema hidrológico é fechado, formando o ciclo hidrológico, pois a mudança de estado físico da água e seu deslocamento pelo espaço geográfico permitem que o ciclo se feche. Porém, a nível local, o sistema hidrológico é aberto, as

chuvas que caem em certo local são originárias de nuvem que se formaram pela evaporação de outras regiões.

Ao longo da história da ocupação da paisagem, o sistema hidrológico da maioria das cidades foi bastante alterado para dar lugar à urbanização. Como ressaltou a autora:

“O crescimento urbano, estruturado pela cultura de uso de veículos automotores e pela valorização do solo urbano (especulação imobiliária), aliado à falta de planejamento ecológico de ocupação da paisagem, levou as cidades a apresentar alto percentual de áreas impermeáveis. Elas alteram sobremaneira o sistema hidrológico natural, com inúmeras consequências para a qualidade de vida das pessoas. [...] Na maior parte das cidades brasileiras, a eliminação dos espaços de acomodação das águas pelo sistema de drenagem higienista, a pavimentação de extensas áreas, a falta de coleta e de tratamento de esgotos e lixo, e a ocupação desordenada de áreas vulneráveis a deslizamentos e inundações potencializaram os riscos de escorregamento de encostas, probabilidade de enchentes, intensificando a sedimentação e a poluição dos corpos d’água, atualmente quase todos sem vida.” (HERZOG, 2013, p.115 e 116)

As águas urbanas podem ser poluídas por fontes pontuais ou difusas. As pontuais são facilmente detectadas e podem ser controladas localmente (exemplo: esgotos domésticos e efluentes industriais). As fontes difusas são mais preocupantes, pois elas não costumam ser levadas em consideração nos planejamentos e projetos e também a sua prevenção não costuma fazer parte das políticas públicas. A poluição difusa é considerada os resíduos depositados em superfícies impermeáveis (como telhados, vias, calçadas, postos de gasolina, etc.) que vão escoar até os rios e depois vão seguir para o mar ou se depositar nos fundos dos rios pelo processo de sedimentação. Considera-se que aproximadamente 90% da poluição difusa é carregada pelo escoamento superficial.

A qualidade das águas define o nível de saúde de uma cidade, refletindo na saúde dos seus habitantes. Várias cidades são dependentes de águas de bacias hidrográficas distantes, o que gera altos custos e grande risco de contaminação ou ruptura no abastecimento. Assim, estas cidades se tornam altamente vulneráveis, pois a poluição difusa dos trechos e vias ao longo do sistema de abastecimento pode

escoar até os reservatórios a cada chuva e alterar a qualidade das águas naquele sistema de abastecimento.

O sistema de drenagem urbano é composto por dois sistemas: o sistema de drenagem natural e a rede de drenagem construída. Para projetar uma infraestrutura verde, todos os fluxos de água na escala do projeto devem ser mapeados para que se saiba por onde esses fluxos circulam e onde eles se estocam ou acumulam na paisagem.

Herzog (2013) afirma que o objetivo é fazer as águas infiltrarem no local, para evitar que ocorra o escoamento superficial. Deve-se retardar o máximo possível a chegada das águas nos sistemas de drenagem urbano para não sobrecarregá-lo e evitar enchentes. Para isso, deve-se desconectar as áreas impermeáveis, deter temporariamente o escoamento superficial ou retê-lo ou prazos mais longos.

### **c) Sistema biológico**

A base de toda a vida no planeta são as plantas aquáticas e terrestres que produzem o oxigênio (através da fotossíntese) que os seres vivos precisam para respirar e o alimento que precisam para obter energia. Além disso, as florestas protegem as bacias hidrográficas e regulam os fluxos e a qualidade das águas. Herzog (2013) analisa a relação da seguinte maneira:

“O ciclo hidrológico depende significativamente das florestas para manter sua dinâmica: a evapotranspiração das plantas retorna a umidade para a atmosfera; a estrutura física das árvores evita os impactos diretos das gotas da chuva nos solos, prevenindo a compactação; a água escoar lentamente pelos galhos e troncos até ser conduzida ao subsolo pelas suas raízes – que contribuem em grande medida para a estabilização do solo nas encostas nas margens de rios e córregos, ajudando a prevenir erosão, deslizamentos e assoreamentos dos rios e de outros corpos d’água. Nas florestas, as folhas que caem formam a serrapilheira, que funciona como uma esponja que retém as águas das chuvas e as libera lentamente, tanto para o subsolo quanto para a atmosfera, através da evaporação. Essa camada de serrapilheira é o habitat dos micro-organismos, que metabolizam as folhas e os demais organismos mortos, transformando-os na camada orgânica que sustenta a

biodiversidade do ecossistema. As plantas dão suporte aos habitats de grande parte dos seres vivos.” (HERZOG, 2013, p. 119)

Todos os elementos vivos possuem funções essenciais para o funcionamento do sistema biológico. Até mesmo os elementos mais microscópicos contribuem para manter a dinâmica do ecossistema. A conexão dos fragmentos de vegetação em cidades é muito importante para que o sistema biológico cumpra sua função. Desta maneira, Herzog (2013) sugere que os corredores verdes urbanos são de extrema importância para a manutenção da troca gênica entre as manchas de vegetação, assim como as zonas de amortecimento que protegem as áreas núcleos.

Em grande parte das cidades brasileiras, a natureza está sendo eliminada, causando perda de habitat para a vida animal e vegetal, e, conseqüentemente, reduzindo a biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos. A arborização, a biodiversidade nativa e a produção de alimentos orgânicos são fundamentais para se construir uma cidade sustentável e resiliente. O somatório das árvores de uma cidade constitui a sua floresta urbana e a presença delas em ruas, praças e parques oferecem serviços ecossistêmicos insubstituíveis.

#### ***d) O sistema social***

O sistema social são os espaços urbanos onde as pessoas praticam suas atividades recreativas ou de lazer. São espaços abertos onde se pode ter contato com a natureza, respirar ar puro, apreciar arte, socializar com pessoas, etc., a fim de aumentar a qualidade de vida dos habitantes de uma cidade. As pessoas sentem necessidade de poder usufruir de espaços alegres e descontraídos, sem ruído e sem poluição do ar. Por isso é preciso oferecer estes espaços em uma escala que comporte a quantidade de gente que transita e circula nos espaços públicos.

Herzog (2013) defende que as cidades sustentáveis devem ser compactas, as quais devem concentrar usos diversos de fácil, rápido e seguro acesso aos pedestres. Os espaços sociais devem ser vivos, estarem em contato com a natureza e com seus processos e fluxos. Segundo a autora:

“[...] não basta um sistema de espaços livres: é necessário que sejam multifuncionais, cumprindo funções sociais e, ao mesmo tempo, ecológicas. Além disso, é preciso que ofereçam serviços ecossistêmicos a fim de garantir a

qualidade de vida urbana. Precisam ser acessíveis a todos, com diversidade social, cultural, etária e étnica, propiciando a convivência de pessoas de grupos sociais e econômicos diferentes, para que possa haver maior tolerância, compreensão e humanismo. [...] O sistema social deve refletir o senso de lugar da cidade e do bairro. Deve ter relação com a sua inserção biorregional, fazer arte da cultura, da história e das tradições locais, para que as pessoas possam ter um sentimento de lar, de pertencer ao lugar que pulsa com identidade própria.” (HERZOG, 2013, p. 124)

#### **e) Sistema circulatório**

O sistema circulatório compreende a mobilidade urbana da cidade, ou seja, como as pessoas e produtos circulam. A qualidade do sistema circulatório depende da quantidade de GEE (gases de efeito estufa) emitidos pelo sistema, já que os veículos movidos a combustíveis fósseis são uma das maiores fontes de emissão de GEE em uma cidade. Desta maneira, considera-se de extrema importância o planejamento e projeto de meios de transportes alternativos, considerados limpos, para promover uma melhor qualidade de vida urbana.

Neste sentido, as cidades que oferecem meios de transportes públicos ineficazes (de acesso distante, desconfortáveis e/ou inseguros) induzem as pessoas a preferirem o uso de veículos particulares. A economia baseada em incentivos a carros particulares é insustentável e irá custar caro no futuro. É papel do governo oferecerá sociedade sistemas de transportes multimodais, eficazes e não poluentes, para as cidades fiquem bem servidas de meios de transporte coletivo.

“Cidades sustentáveis e resilientes devem ter um sistema circulatório que priorize o pedestre e o ciclista como meio de mobilidade cotidiana, e o transporte de massa sobre trilhos para distâncias maiores – o qual, além de ser ambientalmente compatível, ainda é melhor socialmente por ser mais democrático: permite que pessoas de todas as origens sociais e culturais possam conviver enquanto circulam pela cidade. O ideal é a multimodalidade, isto é, a combinação e a articulação de diferentes meios de transportes não poluentes e de baixo impacto na paisagem, com capacidade de movimentar volumes de pessoas de acordo com as demandas locais. [...] Os pontos de paradas e as estações de transporte



de massa devem ser próximos e de fácil acesso, com interconexão entre os diversos modais. Além disso, devem concentrar a oferta de comércio e serviços nas proximidades. O objetivo é diminuir a quantidade de quilômetros percorridos (por carro e por pessoa).” (HERZOG, 2013, p. 127 e 128)

Para se promover mobilidade limpa e saudável, é preciso oferecer condições de conforto e segurança pela cidade, permitindo que as pessoas possam caminhar e pedalar por áreas urbanas densas. As calçadas devem ser arborizadas, espaçosas e seguras; e as ciclovias devem ser desconectadas do trânsito de veículos e de pedestres, sombreadas, contínuas, em rede e com bicicletários em locais estratégicos. Quando houver cruzamentos, pedestres e ciclistas devem ter prioridade.

É preciso perceber que construir mais vias só aumenta o problema da imobilidade urbana. “Subsidiar e incentivar a venda de carros e de combustíveis fósseis é andar na contramão dos tempos em que vivemos. É tentar perpetuar um modelo insustentável de crescimento a qualquer custo.” (HERZOG, 2013, p.129)

Diversos estudos que comparam o uso de bicicletas com o uso de automóveis apontam vantagens para a bicicleta. Tanto para o usuário, que chega mais rápido aos locais devido aos engarrafamentos e a escassez de vagas (além do benefício físico proporcionado pela atividade), quanto para a cidade e para o planeta.

Portanto, para que as pessoas percam essa dependência do automóvel, é preciso reais restrições à circulação de veículos: menos pistas para circulação, cobrança de impostos e taxas mais restritivos, menor oferta de estacionamentos. Aliados a isso, é preciso oferecer meios de transportes alternativos de boa qualidade e financeiramente compensatórios.

“Cidades com sistema circulatório de baixo impacto são mais saudáveis, têm pegada ecológica menor, oferecem melhor qualidade de vida às pessoas: mais saúde e menor custo em seguridade social – portanto, maior produtividade. Além de tornarem seus moradores mais felizes e menos estressados, ainda atraem mais empresas da nova economia e turistas.” (HERZOG, 2013, p.134)

### f) Sistema metabólico

Devido ao modo de vida urbano, altamente consumista, que é vivido atualmente, as cidades são um organismo de baixa capacidade metabólica. As cidades consomem uma enorme quantidade de recursos naturais, mas aproveita, de fato, apenas parte deles, resultando em uma dupla exaustão dos ecossistemas: retira em excesso os bens naturais e ainda produz rejeitos sólidos, líquidos e gasosos e os descarta na natureza. Este atual sistema metabólico pode ser considerado biocida (Figura 12).



Figura 12 - Sistema Metabólico Biocida

Fonte: Silva (2011)

É preciso mudar para torná-lo biogênico, ou seja, promotor da vida (Figura 13). Para isso é necessário reciclar os resíduos, diminuir a demanda por energia, produzir produtos eficientes e de longa duração e trazer para as cidades práticas agrícolas. (RIO GRANDE DO SUL, 2007)



Figura 13 - Sistema Metabólico Biogênico

Fonte: Silva (2011)

Herzog (2013) considera o ecossistema urbano aberto e linear, uma vez que entra uma grande quantidade de energia e matéria e gera saídas de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, que se não forem devidamente tratados, contaminam o ar, a água e o solo.

Este fluxo é conhecido como um processo que vai do “berço ao túmulo” na análise do ciclo de vida e que causa muitos danos ao meio ambiente, como emissão de gases para a atmosfera, poluição dos corpos d’água e, ainda, a necessidade de se ter áreas de estoque para o que é desperdiçado (aterros sanitários e “lixões”). Além disso, normalmente, a energia, água e alimentos indispensáveis para o funcionamento da cidade vêm de fontes distantes.

A infraestrutura verde pretende fechar o sistema metabólico de forma circular, através da produção local de energia e de alimentos, e da redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sempre que possível. A ideia é aplicar um processo que vai do “berço ao berço”, que se traduz numa cidade regenerativa, onde os ciclos de entrada e saída se fecham localmente.

A matriz energética brasileira é considerada limpa por ser hidrelétrica, que é gerada a partir do represamento de rios. Porém, as maiores usinas se localizam distantes dos seus centros consumidores, os quais, conseqüentemente, dependem de uma extensa rede de transmissão. Desta forma, os centros se tornam vulneráveis a fortes alterações climáticas ou a outros tipos de evento que podem causar grandes interrupções no fornecimento.

Além disso, a energia hidrelétrica é questionada ambientalmente por gerar grandes impactos ao represar os rios: as grandes áreas inundadas que dão lugar as represas destroem florestas ou áreas agricultáveis; o alagamento da vegetação libera metano, que é um gás de efeito estufa mais nocivo que o CO<sub>2</sub>; as represas alteram a biodiversidade local devido à perda de qualidade das águas a jusante e os fluxos migratórios e reprodutivos dos peixes; entre outros impactos.

Produzir energia localmente aumenta a sustentabilidade e a resiliência urbana por não ficar vulnerável a eventos externos. A matéria orgânica descartada possui grande potencial energético, podendo ser fonte de biogás. Além de produzirem energia, os biodigestores tratam o efluente no local e geram biofertilizantes. Ou seja, o ciclo se fecha localmente. Energias solar e eólica são geradas diretamente pela natureza e estão se tornando cada vez mais acessíveis com o desenvolvimento de novas tecnologias. Painéis fotovoltaicos combinados com tetos verdes são uma

grande opção local, uma vez que os painéis geram energia e o teto coleta água da chuva para uso secundário. Herzog (2013) defende o seguinte:

“As cidades dever se tornar geradoras de energias renováveis [...], podendo vender o excedente a uma rede elétrica inteligente. [...] A geração local, por meio de fontes diversas, permite que haja redundância. Dessa forma, as cidades poderão reduzir sua pegada ecológica, tornando-se resilientes aos efeitos de tempestades, secas ou variações no clima a que estamos permanentemente sujeitos. As cidades podem se tornar parte do ciclo solar, tornando-se regeneradoras dos processos que dão sustentação às nossas vidas” (HERZOG, 2013, p. 137)

Quanto ao saneamento, os efluentes gerados nas cidades devem ser tratados em pequenas estações locais de tratamento de esgoto que utilizem técnicas naturais. As grandes estações de tratamento que necessitam de uma extensa rede de coleta e emitem gases de efeito estufa e o sistema de coleta para descartar em alto mar não fazem mais sentido uma vez que se busca por sustentabilidade e resiliência.

Existem diversas técnicas para se tratar esgoto localmente através de sistemas naturais. Um exemplo já citado anteriormente é o biossaneamento feito por biodigestores. Estes são capazes de transformar o esgoto em insumo, geram adubo orgânico e biogás.

No que diz respeito à agricultura urbana, os alimentos são produzidos cada vez mais distantes de onde são consumidos. Normalmente, são cultivados em monoculturas extensivas e fazem uso de agrotóxicos.

As cidades possuem potencial para produzir boa parte dos alimentos que consome. A agricultura urbana pretende fechar o ciclo produção-consumo-ciclagem de matéria orgânica, reduzindo, assim, a pegada ecológica urbana e aumentando a segurança alimentar. Além disso, a agricultura urbana produzida nas proximidades da cidade contribui para reduzir o uso de energia e a emissão de gases de efeito estufa, pois por ser produzido próximo de onde é consumido, reduz a necessidade de transporte, refrigeração e de embalagens. Ademais, permite o reuso de matéria orgânica que seria destinada para os aterros sanitários e elimina o uso de fertilizantes sintéticos no processo. Produzir alimento sem agrotóxicos e ter contato direto com o ciclo natural é extremamente benéfico para a população urbana.

Desta maneira, Herzog (2013) defende que produzir alimentos nos centros urbanos é de extrema importância e um ótimo meio para conscientizar as pessoas sobre a questão ambiental.

“A produção de alimento nas cidades é, hoje, altamente prioritária e deveria orientar as políticas públicas e a conscientização dos cidadãos para sua inserção em todos os espaços disponíveis: jardins públicos e privados, quintais, lotes desocupados, tetos, muros e janelas. Cultivar comida é uma possibilidade enorme de despertar a população para a conexão direta com a total dependência que temos da natureza, de seus recursos e dos serviços que ela nos fornece para sobreviver enquanto espécie humana. A conscientização da importância dos alimentos saudáveis está gerando uma onda positiva no Brasil, que beneficia a todos: torna as cidades lugares melhores para se viver, com moradores mais saudáveis e felizes.” (HERZOG, 2013, p. 146)

#### **g) *Ecosistema urbano***

Os seis subsistemas analisados estão totalmente interconectados. Eles alteram, interferem e/ou interagem uns com os outros. A combinação dos seis subsistemas oferece diversas funções socioecológicas que transformam pra melhor as cidades e a qualidade de vida das pessoas. Assim, para projetar e planejar uma infraestrutura verde é necessário que os sistemas sejam analisados separadamente e depois sobrepostos. Isto permite olhar a paisagem de forma sistêmica, como um grande ecossistema urbano.

O sistema biológico, que tem como base o sistema geológico, engloba a biodiversidade urbana, da qual o ser humano faz parte e depende para viver. A produção de alimentos dentro da cidade faz parte tanto do sistema metabólico quanto do biológico, pois é uma fonte de biodiversidade. A saúde do sistema hidrológico depende do sistema biológico, principalmente nas cidades, onde as atividades humanas alteram a qualidade das águas. A interação dos processos geológico, hidrológico e biológico mantém os sistemas antrópicos e os processos que dão suporte à vida e às atividades humanas.

Herzog (2013) defende que a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento ideal para um projeto de infraestrutura verde, pois ela é fruto da interação de fatores

geológicos, hidrológicos e climáticos. Tudo que ocorre a montante influencia nas partes mais baixas, a jusante.

Os sistemas antrópicos (circulatório, social e metabólico) junto com as infraestruturas cinzas alteram os processos e fluxos naturais e originais das bacias hidrográficas, transformando a cobertura do solo, a morfologia e a permeabilidade do terreno. Tais transformações trazem a necessidade de implantar sistemas de drenagem convencionais para diminuir deslizamentos e enchentes nas cidades e tentar controlar os processos naturais.

A infraestrutura verde busca o oposto: mimetizar a natureza através de uma engenharia suave, trabalhando com a paisagem e se aproveitando dela para dar soluções multifuncionais e sustentáveis de longo prazo. Assim, a infraestrutura verde poderá colaborar significativamente para o fechamento dos ciclos metabólicos e das águas ao mimetizar a natureza e tornar as áreas urbanas regenerativas. Ademais, mimetizar a paisagem natural permite que os processos e fluxos das águas e da biodiversidade sejam compreendidos pelas pessoas, fazendo com que elas valorizem e se sintam parte da natureza.

Finalmente, a infraestrutura verde urbana vem mostrando grande eficácia em oferecer serviços ecossistêmicos, além de oferecer melhorias ecológicas reais que repercutem na qualidade de vida urbana, como aumento da qualidade das águas, oferta de alimentos, regulação do clima, aumento da biodiversidade e redução de enchentes e deslizamentos. A saúde das pessoas, as águas a biodiversidade e o clima estão em decadência graças à extensa urbanização predatória. Porém, os serviços ecossistêmicos poderão contribuir expressivamente para mitigar estes efeitos e adaptar as cidades aos desafios climáticos e urbanos que ela irá enfrentar nos próximos anos.





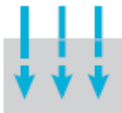
### **4.3. Os Benefícios da Infraestrutura Verde**

Esta seção dedica-se a listar e analisar alguns dos benefícios que podem ser obtidos a partir do uso de infraestrutura verde. Serão analisados e aproveitados nesta seção alguns dos benefícios apontados no guia publicado em pelo CNT (2010), *Center for Neighborhood Technology*, uma organização de pesquisa sem fins lucrativos, fundada em 1978, empenhada em melhorar as economias urbanas e os ambientes nos Estados Unidos. Neste guia são destacados benefícios ambientais, sociais e

econômicos associados à aplicação da infraestrutura verde que serão apontados e brevemente explicados posteriormente.

A maior parte dos benefícios da utilização de infraestrutura verde está diretamente ligada ao manejo de águas pluviais, e à redução de runoff e podem ser explicadas a partir de cinco mecanismos: purificação, detenção, retenção, condução e infiltração. (CINGAPURA, 2011). Veja abaixo o Quadro 3.

**Quadro 2: Mecanismos hídricos segundo CINGAPURA (2011)**

	<b>Purificação</b>	As águas pluviais escoadas podem ser purificadas através de um ou uma combinação dos seguintes processos de tratamento: sedimentação; filtração ou absorção biológica.
	<b>Detenção</b>	Tem a função de desacelerar o fluxo das águas pluviais para aliviar a pressão sobre o sistema de drenagem a jusante através de uma série de métodos como a infiltração através da vegetação; aumentando a permeabilidade de uma área e assim diminuindo o escoamento superficial ; ou armazenando-o temporariamente (por algumas horas) em alguma instalação local.
	<b>Retenção</b>	O objetivo é aliviar a pressão sobre o sistema de drenagem a jusante. A água é retida por um longo período de tempo (em uma cisterna, bacia ou lagoa), quer para utilização numa fase posterior, ou até que esteja pronto, para ser lançado no sistema de drenagem ou nos corpos d'água.
	<b>Convergência</b>	Refere-se à forma pela qual o escoamento superficial é transportado e dirigido a partir do ponto inicial de chuva para a sua descarga final
	<b>Infiltração</b>	É o processo pelo qual a água se infiltra no solo para recarga do lençol freático e aquíferos, com o benefício adicional de purificação

(Fonte: VASCONCELLOS, 2011 baseado em CINGAPURA, 2011)

De acordo com o CNT (2010), os benefícios da utilização de infraestrutura verde para manejo de águas pluviais e suas respectivas descrições e análises são as seguintes:

#### **a) Benefícios Hídricos e Redução de Runoff**

Este primeiro item foi resumido a partir de quatro categorias utilizadas pela CNT (2010), uma vez que elas estão atreladas uma a outra e muito dificilmente uma delas será alcançada sem estar direta ou indiretamente alcançando a outra. Estas quatro categorias são: (1) Reduzir Alagamentos; (2) Reduzir a necessidade de Infraestrutura Cinza; (3) Reduzir necessidade de tratamento de água; (4) Melhorar a qualidade da água.

É possível inter-relacionar os mecanismos citados por Cingapura (2011) e os benefícios definidos pela CNT (2010), uma vez que o manejo correto das águas pluviais é eficiente em reduzir alagamentos, suavizar picos de vazão e reduzir a necessidade de Infraestrutura Cinza em função de seus mecanismos de retenção e detenção de água no local de precipitação, desafogando os atuais sistemas implantados. É possível perceber também os benefícios de infiltração e purificação de água que tornam possível reduzir a necessidade de tratamento de água e também melhorar a qualidade da água.

#### **b) Reduzir a Demanda de Água**

Dentre as tipologias que possuem mecanismos capazes de reter água e posteriormente fazer o uso desta água retida, é fácil enxergar que está sendo realizada uma economia de água ao aproveitar a água disponibilizada naturalmente.

#### **c) Melhorar a recarga de aquíferos**

Dentre as tipologias que possuem mecanismos capazes de infiltrar água para o solo, é possível destacar como benefício a recarga dos aquíferos.

#### **d) Reduzir o consumo energético**

Algumas tipologias de infraestrutura verde são capazes de amenizar os efeitos relacionados à radiação solar excessiva, ilhas de calor ou outros efeitos térmicos prejudiciais. Estes efeitos de amenização de calor trazem benefícios diretos de economia de energia, uma vez que serão necessários menos gastos com climatização.

É possível também enxergar benefícios indiretos de redução no consumo de energia, uma vez que as infraestruturas verdes reduzem a necessidade de tratamento



de água e associado a este tratamento, também existe um consumo energético. No entanto, é importante atentar para caso seja realizada uma análise quantitativa dos benefícios, de que forma a metodologia está contabilizando esta redução do consumo de energia, uma vez que ela pode ser contabilizada mais de uma vez se forem avaliados os benefícios diretos e indiretos.

#### **e) Melhorar a qualidade do ar**

A infraestrutura verde faz uso extensivo de aumento da cobertura vegetal, o que contribui significativamente para a melhora da qualidade do ar no entorno destas áreas vegetadas.

#### **f) Reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico**

Assim como a vegetação contribui para a melhora da qualidade do ar, existe também a contribuição para a redução das concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico, através dos mecanismos de sequestro de carbono relacionados à fotossíntese.

#### **g) Reduzir Ilhas de Calor**

Um dos principais fatores causadores da existência de ilhas de calor urbanas é o excesso de concreto, asfalto e outros materiais de construção civil tradicional que absorvem grandes quantidades de calor. Ao substituir estes materiais tradicionais por materiais alternativos e cobertura verde é possível reduzir estes efeitos de acumulação de energia térmica.

#### **h) Melhorar qualidade estética**

A paisagem verde dentro da cidade costuma ser percebida apenas como um elemento estético, capaz de agregar valor paisagístico. Um dos princípios da infraestrutura verde é o de transformar elementos monofuncionais em elementos multifuncionais, de forma que um canteiro verde passe não só a ter a função estética, mas também outros benefícios.

Dessa forma, a infraestrutura verde não visa esvaziar o valor paisagístico de alguns elementos, muito pelo contrário, visa agregar mais valor ao que atualmente é apenas pensado através da estética.

#### **i) Reduzir Poluição Sonora**

Algumas tipologias de infraestrutura verde são capazes de atuar também reduzindo efeitos de poluição sonora, pois operam como barreira para as ondas sonoras, fazendo com o que sua transmissão seja diminuída.

#### **j) Aumentar Possibilidade de Lazer e Recreação**

Seja por efeito da biofilia, ou por algum outro efeito, os seres humanos são capazes de sentir um bem-estar ao estar em contato com áreas verdes (FARR, 2013). Assim sendo, aumentar as áreas verdes dentro das cidades é uma oportunidade de trazer mais oportunidades de bem-estar, de lazer e de recreação para a população.

#### **k) Promover a Agricultura Urbana**

Algumas tipologias de infraestrutura verde são capazes de oferecer espaço disponível para plantar não só espécies com função decorativa e paisagística, mas também são uma oportunidade de promover a agricultura urbana, através da criação de hortas e canteiros.

Ainda que isso seja uma medida realizada em uma escala muito pequena e não seja capaz de trazer segurança alimentar para toda uma população urbana, pode ser vista como um pequeno passo nesta direção.

#### **l) Promover Habitat para espécies**

Tipologias de infraestrutura verde que são capazes de aumentar significativamente a cobertura vegetal ou a cobertura hídrica de uma região acabam por se tornar um habitat em potencial não só para a flora, como já era de se esperar, mas também para a fauna.

#### **m) Criar oportunidades de Educação Ambiental**

Qualquer tipologia de infraestrutura verde é um potencial objeto que pode e deve ser explorado como um tema de educação ambiental. A educação ambiental é uma peça essencial para a promoção de infraestrutura verde, uma vez que dentro dos seus princípios encontra-se a necessidade de participação popular, participação esta

que deve ser motivada através da explicação do funcionamento das tipologias e conscientização ambiental das comunidades.

#### **4.4. Tipologias de Infraestrutura Verde para as Escalas Local e Particular**

A infraestrutura verde pode ser implementada em diversas escalas, como particular, local, estadual, regional ou até nacional. Na escala particular, elas se limitam, geralmente, às edificações, com a criação de tetos e muros verdes, ou a espaços verdes, como quintais e jardins. Já na escala local, ela pode se traduzir na implantação de *greenways*, a fim desconectar parques já existentes ou para manejo das águas pluviais, como jardins de chuva, canteiros pluviais, alagados construídos, e pavimentação permeável, ou outras práticas de gestão que contribuam para a infiltração, retenção, condução ou purificação das águas pluviais. Nas escalas maiores, pode concentrar-se na proteção das principais ligações da paisagem (*landscape linkages*) e dos habitat para os animais. (BENEDICT e MCMAHON, 2006)

Nesta seção serão descritas algumas das principais tipologias de Infraestrutura verde para escala local e para escala particular, dando ênfase para parâmetros de projeto, as suas vantagens sobre uma infraestrutura cinza monofuncional atualmente utilizada com função similar, e uma breve análise sobre possíveis locais de implantação e potenciais dificuldades encontradas.

##### **4.4.1. Alagado construído**

Alagados construídos são regiões alagadas rasas que mimetizam corpos hídricos com extensa vegetação. Seu processo de funcionamento é baseado em criar formas de fazer a água percorrer lentamente por áreas de vegetação densa, de forma que os sedimentos e poluentes sejam decantados ou sejam absorvidos pelos microorganismos contidos nas plantas (CINGAPURA, 2011).

O termo alagado construído é uma tradução do inglês “*constructed wetland*”, de forma que uma tradução alternativa possa ser “Pântano Construído”.

##### **a) Descrição do Projeto**

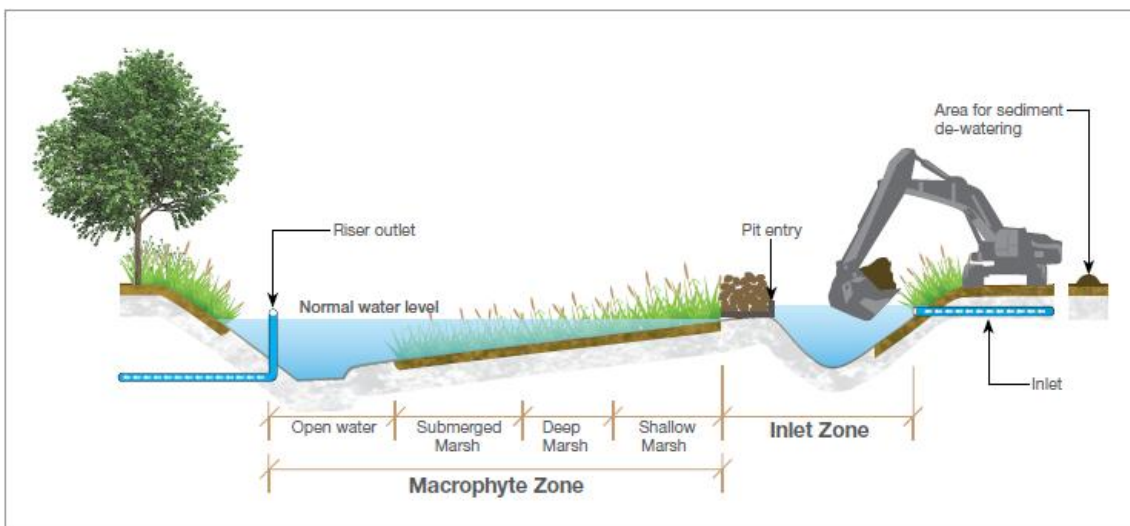
Seguem esquemas e apresentações dos elementos de projeto e exemplos

Segundo o guia *ABC for Water Design* (2011), o mecanismo de funcionamento dos alagados construídos (Figura 14) pode ser dividido em três partes:

- A zona de entrada: local onde acontece o aporte das águas de runoff e os sedimentos grossos e médios são decantados, numa espécie de bacia de sedimentação.

- A zona macrófita: uma área rasa com muita vegetação com o objetivo de remover as partículas mais finas e poluentes solúveis. Ainda dentro da zona macrófita, existe um gradiente de altura, onde os diferentes níveis possuem diferentes funções.

- Um canal de extravasamento de alto fluxo, a fim de manter a zona macrófita operando dentro dos parâmetros de projeto.



**Figura 14: Corte frontal de um alagado construído**

**Fonte: CINGAPURA(2011)**

Os alagados construídos também podem ser divididos pelas suas diferentes formas disposições da zona macrófita e pelas direções de fluxo de água. De forma que as macrófitas podem ser aquáticas flutuantes (Figuras 15 e 16) ou aquáticas emergentes (Figuras 17 e 18). E o seu fluxo pode ser superficial, subsuperficial (Figuras 19 e 20) ou subterrâneo (também traduzido como fluxo vertical). (BRIX, 1993. apud SALATI, 1997)

A espécie de planta mais comumente estudada e utilizada para implementação em alagados flutuantes é a *Eichhornia crassipes*, da família das pontederiáceas. Esta planta recebe diferentes nomes populares no Brasil, sendo conhecida como aguapé, baroneza, mururé, pavoá, rainha do lago, uapé e uapê. Outra espécie que vem sendo estudada além dos aguapés, embora em menor frequência, são as lentilhas d'água (*Lemna minor*). Possuem como vantagem maior abrangência terrestre e capacidade de resistir a baixas temperaturas, na ordem de 1 a 3 °C. (SALATI, 1997)

A vantagem da utilização do aguapé dá-se por sua altíssima capacidade de produtividade e crescimento vegetal e também por resistir a águas altamente poluídas com grandes variações de nutrientes, pH, substâncias tóxicas, metais pesados e variações de temperatura. (SALATI, 1997). Além disso, a cobertura densa dessas plantas flutuantes reduz os efeitos da mistura pelo vento, bem como minimiza as misturas térmicas. O sombreamento produzido pelas plantas restringe o crescimento de algas e o sistema radicular impede o movimento horizontal de material particulado (DINGES, 1982)

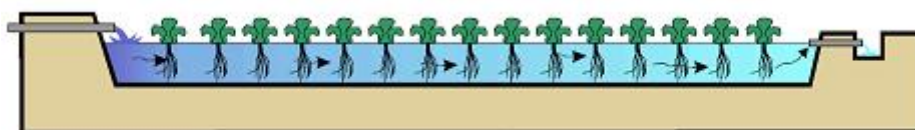


Figura 15: Desenho esquemático de um alagado com macrófitas flutuantes

Fonte: BRIX (1993) apud SALATI (1997)



Figura 16: Foto de um alagado com macrófitas flutuantes

Fonte: CINGAPURA, 2011

As espécies de plantas mais comumente estudadas e utilizadas em projetos de alagados com macrófitas emergentes são a *Phragmites australis*, a *Typhalati folia* e a *Scirpus lacustres*, conhecidas de forma genérica pelo nome de juncos. Estas espécies encontram-se com seus caules e folhas parcialmente submersos, enquanto seu sistema radicular fica preso ao substrato. Elas são morfologicamente adaptadas para se desenvolverem em sedimentos inundados em decorrência dos grandes volumes de espaços internos capazes de transportar oxigênio para o sistema radicular (SALATI, 1997).

Estas espécies ainda possuem a vantagem de poder transferir parte do oxigênio que se encontra em seu interior para a área em torno da rizosfera, criando condições de oxidação para os sedimentos, criando assim condição para decomposição de matéria orgânica, bem como para crescimento de bactérias nitrificadoras. Estas plantas são capazes de se desenvolver em situações onde o nível d'água encontra-se 50 cm acima do nível do solo e algumas espécies conseguem até 150 cm acima do nível do solo. (SALATI, 1997)

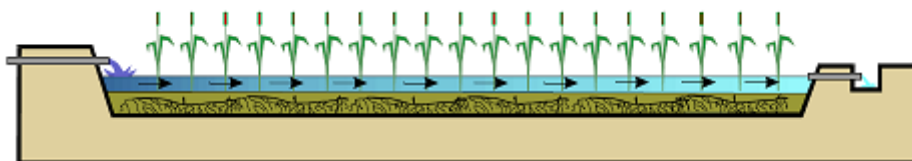


Figura 17: Desenho esquemático de um alagado com macrófitas emergentes e de fluxo superficial

Fonte: BRIX, 1993 apud SALATI, 1997



Figura 18: Foto de um alagado com macrófitas emergentes e de fluxo superficial

Fonte: CINGAPURA, 2011

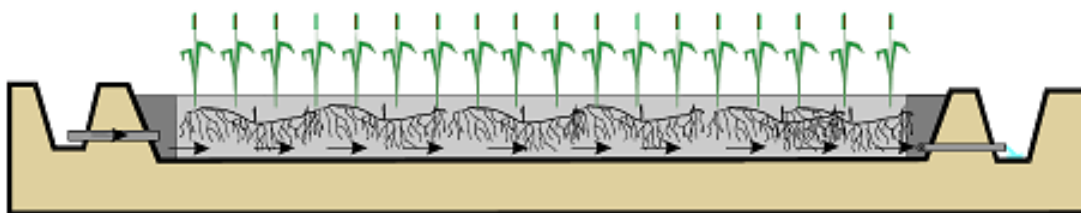


Figura 19: Desenho esquemático de um alagado com macrófitas emergentes e de fluxo sub-superficial em substrato formado de pedras

Fonte: BRIX, 1993 apud SALATI, 1997



Figura 20: Foto de um alagado com macrófitas emergentes e de fluxo sub-superficial em substrato formado de pedras

Fonte: CINGAPURA, 2011

### **b) Benefícios**

Ao comparar o uso de alagados construídos com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens: benefícios hídricos e reduzir runoff, reduzir a demanda de água, melhorar a recarga de aquíferos, melhorar a qualidade do ar, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, reduzir ilhas de calor, melhorar qualidade estética, promover habitat para espécies e criar oportunidades de educação ambiental.

Possui também como benefício em potencial de possibilidade de lazer e recreação.

### **c) Aplicação e Implementação**

Quanto a sua localização e as condições de disponibilidade de área útil, atenta-se para o fato de que o alagado não necessariamente precisa ser construído

próximo ao local de captação de água. O *input* de efluentes ou de água de escoamento superficial pode ser artificial e até realizado através de uma ligação à rede existente. Em locais com maior disponibilidade de espaço, podem chegar a ter mais de 10 hectares, porém caso seja necessário, também é possível de ser utilizado em locais com menor área disponível, sendo incorporado à paisagem urbana ou a pátios e decoração. (CINGAPURA, 2011).

É importante atentar para o fato de que um alagado construído funcional não é um projeto trivial, requer gastos iniciais e gastos de manutenção e um projeto técnico de qualidade, elaborado por profissionais qualificados, a fim de que o projeto tenha os parâmetros adequados para o local de sua implantação, como o dimensionamento, as ligações com a rede atual e os materiais corretos e também a escolha de espécies adequada.

A utilização errônea do aguapé fez com que existam alguns preconceitos contra a utilização de sistemas com plantas flutuantes no Brasil. Esta confusão foi causada por causa da alta capacidade de produção de biomassa (até 5% ao dia) que ocorre em lagos e represas em decorrência do recebimento de afluentes industriais e urbanos com altos níveis de nutrientes e acabaram por ficar eutrofizados. (SALATI, 1997)

Outro possível preconceito da sociedade poderia se dar devido a similaridade dos alagados construídos com os mangues, regiões essas que tiveram um histórico de rejeição da população e da comunidade científica da época. Outro possível problema do público no entorno seria o medo de uma região alagada e com água “parada” poder vir a se tornar local de reprodução de mosquitos da dengue e ainda atrair outros vetores.

Um projeto inovador como este necessita de um sério trabalho de educação ambiental, a fim de destruir esta imagem negativa que pode estar associada a eles, uma vez que os projetos contam com manejo da biomassa produzida e também de larvas de mosquito (SALATI, 1997). Uma boa campanha de educação ambiental pode vir a fazer com que as pessoas possam vislumbrar a complexidade deste sistema e os seus benefícios associados, tornando-os mais aceitáveis e desejáveis pela população.

#### **4.4.2. Lagoa Pluvial**



A lagoa pluvial opera como uma lagoa artificial com o objetivo de reter grandes quantidades de chuva. A lagoa pluvial possui um volume permanente de água que se mantém em condições normais e é capaz de aportar uma maior quantidade de água até atingir o seu nível de transbordamento. Veja Figura 21.

### a) Descrição de Projeto

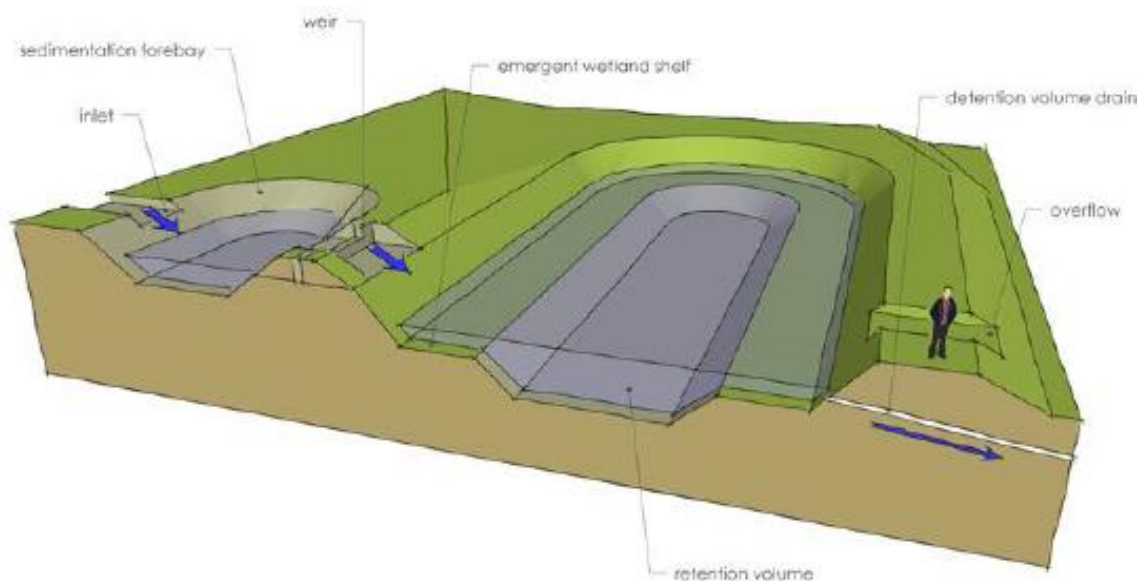


Figura 21: Vista em seção de uma lagoa pluvial

Fonte: Cormier e Pellegrino, 2008 *apud* HERZOG, 2009

Os elementos do projeto são bem simples. Existe uma bacia de sedimentação como forma de pré-tratamento da água recebida, a fim de evitar a entrada de lixo flutuante ou outros corpos de grande dimensão e também de sedimentos com alta granulometria que podem vir a assorear a lagoa. Após passar pelo pré-tratamento da bacia de sedimentação, a água será acondicionada na lagoa. Observa-se que a lagoa deve contar com um extravasador, a fim de que seja capaz de conter o volume de água projetado e orientar corretamente qualquer volume excedente, sem trazer transtorno para a região.

O projeto é similar a algumas infraestruturas de piscinões contra alagamentos, atualmente instaladas em diversos locais ao redor do Brasil. Difere dessas, porém, por possuir multifuncionalidade.

## **b) Benefícios**

Ao comparar o uso de lagoas pluviais com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, melhorar a recarga de aquíferos, melhorar a qualidade do ar, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, reduzir ilhas de calor, melhorar qualidade estética, promover habitat para espécies e criar oportunidades de educação ambiental.

Possui também como benefício em potencial a possibilidade de lazer e recreação.

## **c) Aplicação e Implementação**

A utilização de lagoas pluviais pode se dar em pequenas, médias ou grandes dimensões. Seja como um elemento paisagístico de um condomínio ou de um parque.

Como a maior parte dos piscinões é construído no subsolo, é difícil de se imaginar que exista área disponível para substituí-los por lagoas pluviais de grande porte. No entanto, esta limitação não impede o uso das mesmas para aproveitar seus outros benefícios não relacionados à prevenção de enchentes.

Assim como no caso dos alagados construídos, existe uma preocupação pública com a água “parada” poder vir a se tornar local de reprodução de mosquitos da dengue e ainda atrair outros vetores. É essencial que o projeto seja acompanhado de formas para evitar estes vetores, como utilização de remediação para eliminar larvas de mosquito ou a utilização de peixes que realizarão movimentação nas águas, evitando o estabelecimento de larvas e, caso as larvas sejam depositadas, os peixes se alimentarão das mesmas.

### **4.4.3. Lagoa Seca / Bacia de Detenção**

As lagoas secas, também chamadas de bacias de detenção são infraestruturas que operam normalmente em dias não chuvosos e que possuem capacidade de receber consideráveis quantidades de água de chuva em eventos de grandes chuvas. (VASCONCELLOS, 2011. HERZOG, 2013) Pode-se exemplificar com um projeto de um campo de futebol ou uma praça em uma área de baixa cota (Figura 22 por exemplo). Em dias secos, operará normalmente com seus serviços de lazer e

em eventos de chuva perderá sua função de lazer para poder aportar consideráveis volumes de água.



**Figura 22: Foto de uma lagoa seca em período seco**

**Fonte: BENINI, 2015**

### **a) Benefícios**

Ao comparar o uso de lagoas secas com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, melhorar a recarga de aquíferos, melhorar a qualidade do ar, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, reduzir ilhas de calor, melhorar qualidade estética, possibilidade de lazer e recreação, promover habitat para espécies e criar oportunidades de educação ambiental.

Possui também como vantagem em potencial promover a agricultura urbana.

### **b) Aplicação e Implementação**

Atenta-se que este projeto, diferentemente de algumas outras tipologias, é majoritariamente de responsabilidade e de interesse público, por necessitar de áreas mais extensas e estar diretamente relacionado à drenagem urbana.

Dentro de cidades extensamente urbanizadas e com alta densidade construída, é possível que este tipo de projeto encontre barreiras para a sua implantação, dada a dificuldade de conseguir espaço construível.

#### 4.4.4. Canteiro pluvial

São jardins de pequena dimensão localizados em cotas mais baixas como parte integrante das calçadas de vias públicas ou de condomínios com o objetivo de receber águas do escoamento superficial proveniente de áreas impermeáveis.

##### a) Descrição de Projeto

A Figura 23 e a Figura 24 apresentam duas vistas superiores de projeto de canteiro pluvial.



Figura 23: Vista superior de projeto de canteiro pluvial sendo incorporado à calçada

Fonte: SOUTHEAST TENNESSEE, 2013

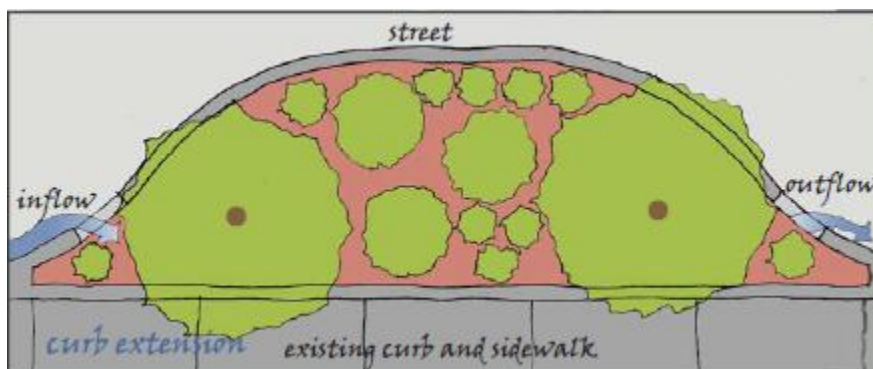


Figura 24: Vista superior de projeto de canteiro pluvial no formato de extensão da calçada

As figuras acima mostram duas diferentes possibilidades ao se projetar um canteiro pluvial em uma calçada. A primeira delas através da incorporação de uma faixa da calçada e a segunda através da extensão da calçada para a via). Apesar das diferenças no design dos dois projetos, atenta-se que o funcionamento dos dois ocorre a partir dos mesmos elementos: Um jardim para captação e retenção da água e elementos de entrada e saída de água, a fim de manter uma quantidade adequada de água dentro dos canteiros pluviais.

### **b) Benefícios**

Ao comparar o uso de canteiros pluviais com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, melhorar qualidade estética, promover habitat para espécies e criar oportunidades de educação ambiental.

Possui também como benefícios em potencial: reduzir a demanda de água, melhorar a recarga de aquíferos, melhorar a qualidade do ar, reduzir ilhas de calor, possibilidade de lazer e recreação e promover a agricultura urbana

### **c) Aplicação e Implementação**

Canteiros pluviais podem ser construídos em diversas vias, sejam as vias públicas ou vias privadas dentro de um condomínio.

Apesar de ser uma tecnologia não muito difundida, é possível encontrar guias técnicos que contem com projetos e detalhamento técnico acerca de como construir canteiros pluviais e jardins de chuva. Destaca-se aqui o guia Projeto Técnico: Jardins de Chuva elaborado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013a) que possui descrições detalhadas sobre o passo-a-passo de implementação do projeto, quais materiais utilizar e como deve ser realizada a manutenção destes.

Dentro de cidades extensamente urbanizadas e com alta densidade construída, é possível que este tipo de projeto encontre barreiras para a sua implantação, dada a dificuldade de conseguir espaço construível. Além disso, é possível também que o projeto encontre resistência da população, pois ele pode ser

pensado como uma forma de reduzir espaço de tráfego de veículos ou reduzir espaço para estacionamento.

#### 4.4.5. Jardim de Chuva ou Bacias Biorretentoras

Operam de maneira extremamente similar aos canteiros pluviais, no entanto, difere do sistema anterior, quanto a sua localização. Enquanto os canteiros pluviais são construídos próximos do meio fio, os jardins de chuva encontram-se incorporados à paisagem, no meio do caminho entre o sistema de drenagem e as localizações impermeáveis, fonte do escoamento superficial.

##### a) Descrição de Projeto

A Figura 25 apresenta um corte frontal de um jardim de chuva.

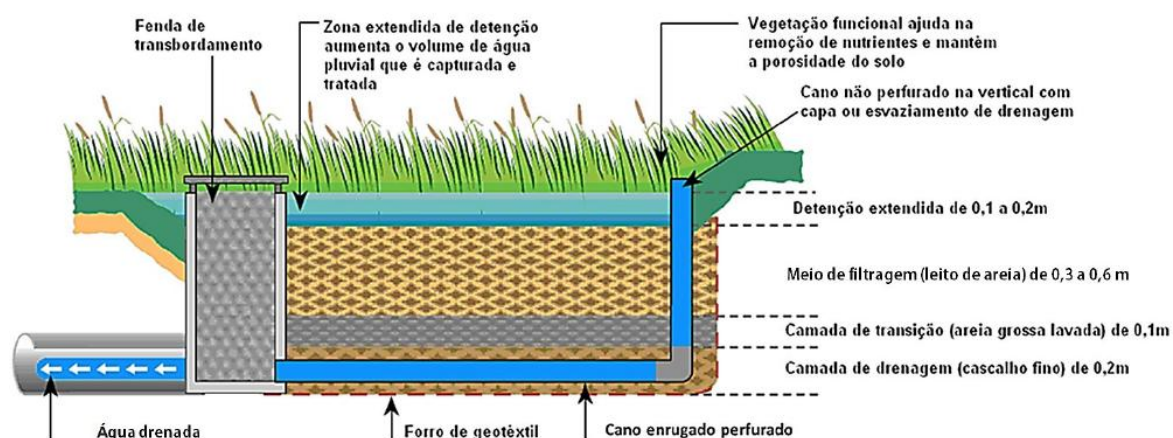


Figura 25: Corte frontal de um jardim de chuva

Fonte: CINGAPURA, 2011

Observam-se os seguintes elementos de projeto: A vegetação de cobertura que seja capaz de remover nutrientes da água e também de manter a porosidade do solo sem compactá-lo. Os elementos de extravasamento, a fim de manter o nível d'água correto para detenção, sem ocorrer alagamentos ou sem prejudicar a vegetação. O leito arenoso de filtração (menor granulometria), a camada de transição (maior granulometria) e a camada para descarga do percolado devidamente tratado (CINGAPURA, 2011).

A Figura 25 ilustra um projeto mais complexo que tem a intenção de obter água mais bem tratada o possível após ter percolado por todo esse substrato. No entanto, nem todo jardim de chuva requer um projeto robusto que conte com geotêxtil, cano perfurado ou outros elementos que encareçam o projeto. Pode-se pensar num jardim de chuva que tenha apenas a função de reter água, sem cuidados excessivos com seu tratamento.

#### **b) Benefícios**

Ao comparar o uso de canteiros pluviais com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, melhorar a recarga de aquíferos, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, melhorar qualidade estética e criar oportunidades de educação ambiental

Possui também como benefícios em potencial: reduzir a demanda de água, melhorar a qualidade do ar, reduzir ilhas de calor, possibilidade de lazer e recreação, promover a agricultura urbana e promover habitat para espécies

#### **c) Aplicação e Implementação**

Não existem restrições quanto ao espaço ser público ou privado, pequena, média ou grande disponibilidade de área útil, jardins de chuva podem ser implantados em qualquer local que seja desejável.

Jardins de chuva são facilmente incorporados à paisagem e se assemelham a um jardim tradicional, de forma que é possível terem maior aceitação pública do que outras infraestruturas que aparentem ser mais inovadoras.

#### **4.4.6. Biovaleta ou vala bioretentora**

Biovaletas ou valas biorretentoras funcionam como uma espécie de vala vegetada com o objetivo de receber águas de escoamento superficial com resíduos de óleo, sedimentos, borracha ou outro tipo de poluição, realizar o tratamento destas águas e encaminhá-las para reuso ou outros corpos hídricos. (VASCONCELLOS, 2011. HERZOG, 2013) Seu funcionamento baseia-se em remover estes poluentes através da absorção biológica, da filtração em leito de areia e da sedimentação.



### a) Descrição de Projeto

Conforme observado na Figura 26, as biovaletas possuem um esquema similar aos jardins de chuva. Também possuem vegetação em seu interior, um leito arenoso de filtragem que opera como meio filtrante (menor granulometria), uma camada de transição de areia mais grossa (maior granulometria) e a camada para descarga do percolado devidamente tratado que será transportado através de canos perfurados (CINGAPURA, 2011).

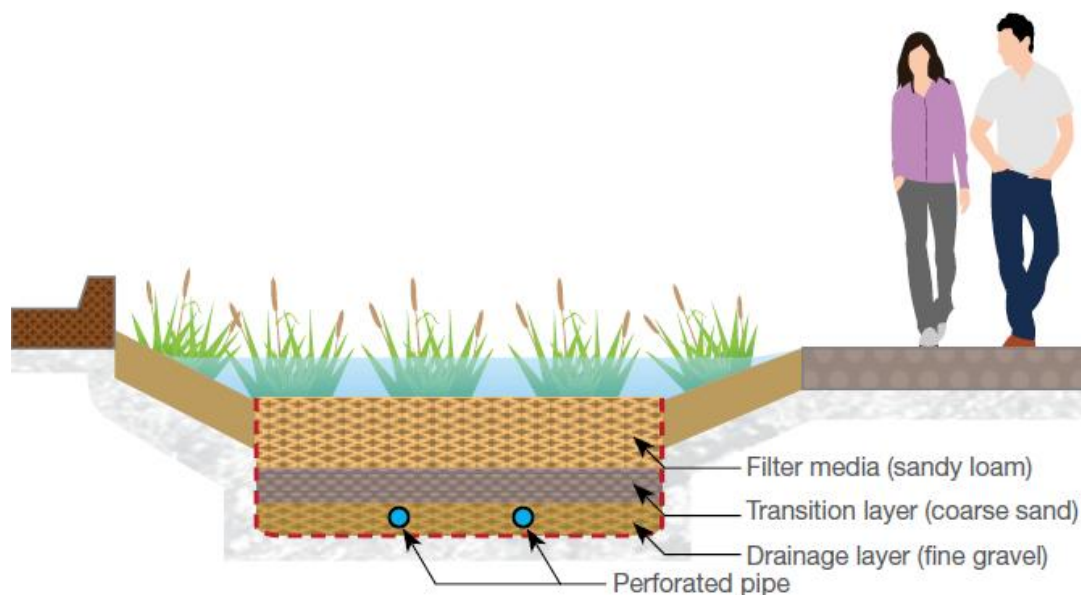


Figura 26: Corte frontal de uma biovaleta

Fonte: CINGAPURA, 2011

Quanto à escolha de espécies para compor a camada vegetal, é interessante que sejam escolhidas espécies capazes de remover grande quantidade de nutrientes e é essencial que sejam escolhidas espécies que possuam raízes fasciculares, de forma a manter a porosidade do meio filtrante (CINGAPURA, 2011).

### b) Benefícios

Ao comparar o uso de biovaletas com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, melhorar qualidade estética e criar oportunidades de educação ambiental

Possui também como benefícios em potencial: reduzir a demanda de água, melhorar a qualidade do ar, reduzir ilhas de calor e promover habitat para espécies



### c) Aplicação e Implementação

Podem ser implementadas em rodovias, estacionamentos e outras áreas pavimentadas com tráfego de veículos.

Apesar de o objetivo das biovaletas não ser a infiltração, dependendo das condições do terreno (tais quais existência de solo altamente drenante, baixa topografia sem risco de alagamento ou aquíferos a serem recarregados), pode ser oportuno não contar com o sistema de descarga do percolado e permitir a infiltração da água tratada (CINGAPURA, 2011). É essencial se ater para o fato de que diferentes localizações demandam diferentes especificações de projeto.

### 4.4.7. Telhado Verde

Uma das tipologias de infraestrutura verde que já vem ganhando espaço público há bastante tempo por todo o mundo e vem conquistado cada vez mais espaço em território nacional. Consiste basicamente em utilizar-se de vegetação para o recobrimento de coberturas de edificações. De forma que a precipitação encontre primeiramente uma vegetação ao invés de uma superfície impermeável (VASCONCELLOS, 2011. HERZOG, 2013). Veja a Figura 27.

#### a) Descrição de Projeto

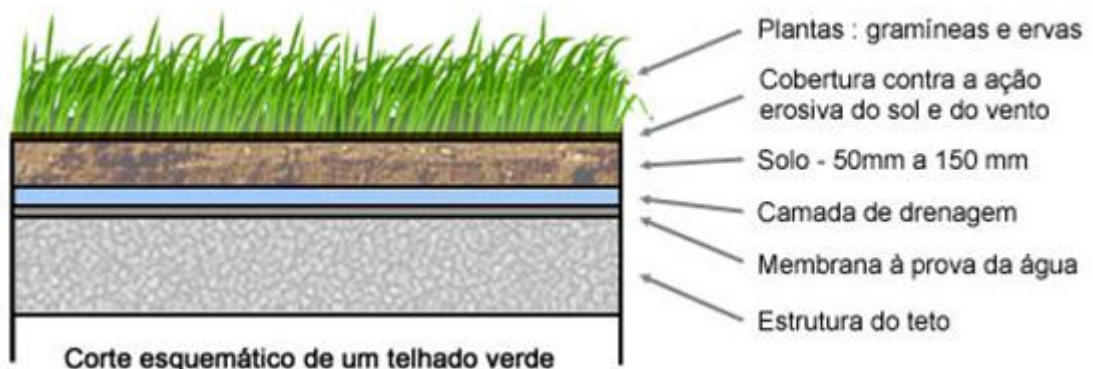


Figura 27: Corte frontal de uma representação de telhado verde

Fonte: Auckland, Nova Zelândia

É possível observar os seguintes elementos de projeto contidos na Figura 27: A cobertura vegetal propriamente dita, uma camada mais resistente à erosão, uma camada de solo (substrato), uma camada de drenagem e uma membrana à prova d'água a fim de evitar a infiltração de água para a estrutura da edificação.

Atenta-se para o fato de que este é apenas um esquema, não necessariamente todos os telhados verdes seguirão estes parâmetros de projeto. Diferentes condições podem trazer a necessidade de alterações de projeto, como por exemplo: diferentes regimes pluviométricos, diferentes climas, diferentes espécies plantadas, disponibilidade financeira, entre outros.

Os telhados verdes podem ser classificados como extensivos e intensivos. Os sistemas extensivos possuem substrato mais fino e comportam gramíneas ou outro tipo de vegetação de pequeno porte, estes sistemas necessitam de menos gastos com manutenção e irrigação. Já os sistemas intensivos possuem substrato mais robusto e são capazes de comportar vegetação de médio e grande porte, como arbustos e árvores e, devido a sua maior complexidade necessitam de maiores gastos com manutenção e irrigação (BALDESAAR, 2012; KILBERT, 2008).

#### **b) Benefícios**

Existe uma diversidade grande entre os tipos de projetos de telhados verdes, de forma que os benefícios não são uniformes. Desta forma, ao comparar o uso de telhados verdes com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, reduzir o consumo energético, melhorar a qualidade do ar, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, reduzir ilhas de calor, melhorar qualidade estética e criar oportunidades de educação ambiental

Possui também como benefícios em potencial: reduzir a demanda de água, reduzir poluição sonora, possibilidade de lazer e recreação, promover a agricultura urbana e promover habitat para espécies.

#### **c) Aplicação e Implementação**

Algumas das tipologias citadas nesta seção possuem sua aplicação restrita a quantidade de área disponível, relevo ou autorização de órgãos públicos. Os tetos verdes não possuem este tipo de restrição e podem ser implementados em praticamente qualquer edificação, pública ou privada, não importa sua localização, de pequeno, médio ou grande porte.

Existe alguma resistência quanto à instalação de telhados verdes devido ao fato de que o seu preço de instalação costuma ser cerca de duas vezes maior que um telhado tradicional e necessitar de uma mão de obra especializada para sua instalação. No entanto, é preciso pensar na análise de longo prazo para perceber que

este é um investimento viável. Existem estudos que indicam que os telhados verdes possuem um tempo de vida cerca de duas vezes maior do que os telhados tradicionais, quando mantidos sob manutenção adequada.

Além da maior longevidade, que faz com que o preço do investimento se pague, existe também o fator de climatização do ambiente que faz com que o consumo energético seja reduzido significativamente, trazendo mais conforto e economia de gastos de energia.

Diferente da maioria das tipologias citadas nesta seção, que encontram-se desregulamentadas e invisíveis para o poder público, os telhados verdes já possuem incentivos legais em alguns municípios brasileiros, conforme será citado posteriormente. Ainda que estes incentivos sejam poucos e pequenos, eles podem trazer visibilidade ao tema, de forma que essa prática seja cada vez mais economicamente viável e possa ser cada vez mais difundida.

#### **4.4.8. Parede Verde**

Consiste basicamente de cobrir fachadas de edificações ou muros com vegetação, de forma que a precipitação, as radiações térmicas e ondas sonoras encontrem primeiramente uma vegetação ao invés de uma superfície artificial (Figura 28).



**Figura 28: Parede verde da Escola de Artes de Cingapura**

(Fonte: CINGAPURA, 2011)

#### **a) Benefícios**

Ao comparar o uso de paredes verdes com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, reduzir o consumo energético, melhorar a qualidade do ar, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, reduzir ilhas de calor, melhorar qualidade estética, reduzir poluição sonora e criar oportunidades de educação ambiental.

Possui também como benefícios em potencial: promover a agricultura urbana e promover habitat para espécies

#### **b) Aplicação e Implementação**

As paredes e muros vegetais são boas soluções para obter os benefícios relacionados à infraestrutura verde em locais com pouca disponibilidade de espaço, uma vez que não requer novas construções, é uma intervenção em cima do que já está construído.

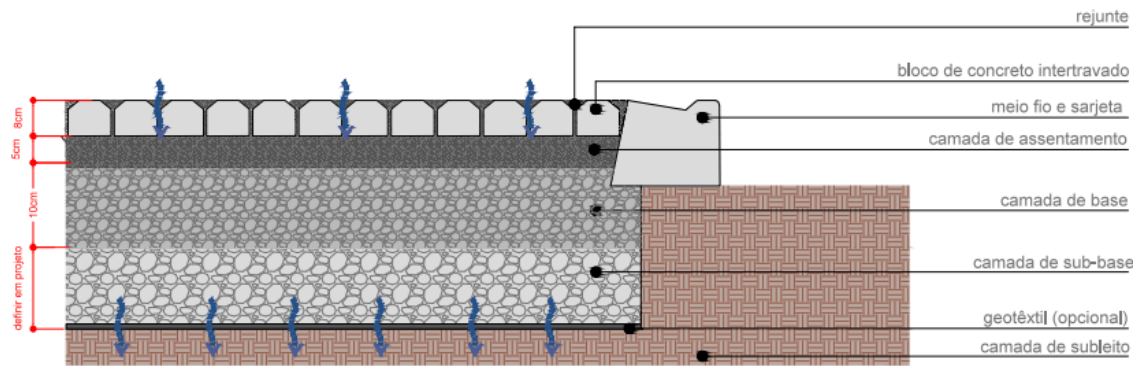
Observa-se a tendência do uso de muros vegetais em território nacional associada não aos seus benefícios ambientais, mas como uma forma de proteção contra pichações e uma forma de economia com manutenção e pintura destes muros.

### **4.4.9. Pavimento Permeável**

São pavimentações que possuem maior capacidade de permeabilidade do que os pavimentos tradicionais. Existem diferentes formas de se projetar pavimentos drenantes, destacam-se os seguintes materiais e técnicas: asfalto poroso, concreto permeável, blocos intertravados semipermeáveis, brita e pedriscos. (VASCONCELLOS, 2011. HERZOG, 2013)

#### **a) Descrição de Projeto**

A Figura 29 apresenta um dos possíveis projetos de piso semipermeável utilizando blocos intertravados detalhando as diferentes camadas e materiais necessários para a sua construção.



**Figura 29: Seção frontal de projeto de piso semipermeável**

Fonte: ABCP, 2013b

Existem também projetos que utilizam de blocos de concreto vazados preenchidos com grama, estes projetos são popularmente conhecidos como pisogramas ou concretogramas, conforme observado na Figura 30.



**Figura 30: Blocos de concreto preenchido com grama**

Fonte: <http://www.solajepremoldados.com.br/>

### **b) Benefícios**

Os pavimentos permeáveis podem ser de diferentes materiais e realizados com diferentes projetos e propósitos, no entanto, ao comparar o uso de pavimentos permeáveis com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, melhorar a recarga de aquíferos, reduzir o consumo energético, reduzir ilhas de calor e criar oportunidades de educação ambiental

Possui também o benefício em potencial de melhorar qualidade estética

### **c) Aplicação e Implementação**

O uso de pavimentação permeável e semipermeável pode ser realizado em praticamente qualquer localização, seja ela comercial ou residencial, pública ou privada, ao longo de calçadas, vias e estacionamentos. É importante, porém, pensar na funcionalidade destes pisos. Alguns tipos de pavimentos permeáveis ou semipermeáveis possuem menor resistência do que os pavimentos tradicionais e não devem ser implantados em locais com movimentação de carros ou veículos pesados, a fim de assegurar a integridade estrutural do pavimento.

Atenta-se também que para fazer uso de pavimentos permeáveis, deve-se tomar cuidado com uma série de parâmetros locais, a fim de criar um projeto realmente funcional e que traga benefícios e não malefícios ao meio ambiente. Parâmetros como: condição ambiental da bacia de drenagem, condição do nível freático e da capacidade de permeabilidade do solo e de movimentação de veículos.

O uso de pavimentos permeáveis já se tornou relativamente popular dentro da engenharia civil, tanto que é possível encontrar diversos prestadores de serviço capazes de realizar a sua fabricação e instalação.

Diferentemente de outras tipologias desta seção, alguns dos projetos de pavimentos permeáveis já são contemplados por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por normas internacionais, como as normas da *American Society for Testing and Materials* (ASTM) e também por guias de projeto simplificados, como o guia de Pavimento Permeável realizado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013b).

#### **4.4.10. Bioengenharia**

Consiste na adaptação de técnicas e materiais tradicionais de engenharia adicionando princípios de infraestrutura verde e materiais de origem natural com outros materiais sintéticos. A maior parte dos princípios de bioengenharia está voltada para a estabilidade do solo, especificamente para encostas ou margens de rios, de forma que alguns autores inclusive optem pelo termo Bioengenharia de Solo (CINGAPURA, 2014).



### a) Descrição de Projeto

As figuras abaixo mostram projetos de contenção de bioengenharia aplicados à margem de um rio tanto em seu desenho de projeto (Figura 31), como também em sua aplicação prática para testes (Figura 32). Observa-se que na figura que apresenta o corte foram utilizados dois métodos de bioengenharia: o uso de gabiões vegetados com camadas de plantas e também o uso de estacas vivas ou barreira com vigas. Enquanto na segunda figura é possível observar três métodos (da esquerda para a direita): muros de pedra vegetados, estacas vivas e gabiões vegetados.

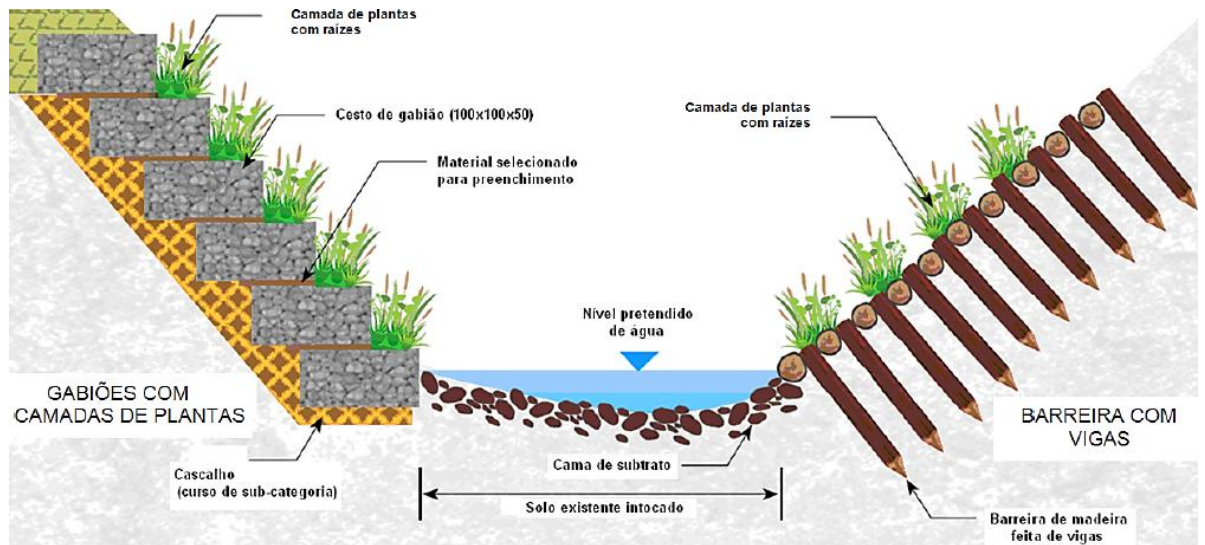


Figura 31: Seção frontal de um rio e esquema de dois diferentes projetos de contenção utilizando bioengenharia

(Fonte: CINGAPURA, 2011)



**Figura 32: Aplicação de três diferentes tipos de contenção de bioengenharia no rio Kallang, em Cingapura**

(Fonte: CINGAPURA, 2014)

### **b) Benefícios**

É importante atentar que o nome bioengenharia se refere a uma série de projetos diferentes, de forma que os benefícios podem ser totalmente diversos, em se tratando de diferentes projetos. Para fim de análise, serão destacados os benefícios do uso de contenção de encostas com bioengenharia.

Ao comparar o uso de bioengenharia com infraestruturas cinzas similares, é possível perceber suas vantagens em potencial, como: benefícios hídricos e reduzir runoff, melhorar a recarga de aquíferos, melhorar a qualidade do ar, reduzir CO<sub>2</sub> atmosférico, reduzir ilhas de calor, melhorar qualidade estética, promover a agricultura urbana, promover habitat para espécies e criar oportunidades de educação ambiental

Possui um benefício diferente das outras tipologias descritas anteriormente que é a promoção da coesão do solo e redução de erosão.

### **c) Aplicação e Implementação**

Por se tratar de uma estrutura com a função de aumentar a estabilidade do solo, evitar escorregamentos e movimento excessivo de água, recomenda-se a instalação de contenção de bioengenharia em encostas, beiras de estrada e margens de rio.

## **4.5. Síntese das Tipologias e seus Benefícios Associados**

Neste item pretendemos apenas fazer uma síntese das tipologias apresentadas nos itens anteriores com seus benefícios associados, apresentando de forma visual (Quadro 4) a relação entre eles. São apresentados todos os benefícios definidos anteriormente (colunas), assim como as tipologias também já apresentadas



(linhas). A relação entre elas é apresentada por símbolos que representam “possuir benefício assegurado”, “possuir benefício em potencial” e “indiferente a este benefício”, conforme a legenda.

Quadro 4: Resumo das tipologias e seus benefícios

Benefício \ Tipologia	Benefícios Hídricos e Reduzir Runoff	Reduzir a Demanda de Água	Melhorar a recarga de aquíferos	Reduzir o consumo energético	Melhorar a qualidade do ar	Reduzir CO2 atmosférico	Reduzir Ilhas de Calor	Melhorar qualidade estética	Reduzir Poluição Sonora	Possibilidade de Lazer e Recreação	Promover a Agricultura Urbana	Promover Habitat para espécies	Criar oportunidades de Ed. Ambiental	
Alagado Construído	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓	-	✓✓	✓✓	
Lagoa Pluvial	✓✓	-	✓✓	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓	-	✓✓	✓✓	
Lagoa Seca	✓✓	-	✓✓	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓✓	✓	✓✓	✓✓	
Canteiros Pluviais	✓✓	✓	✓	-	✓	✓✓	✓	✓✓	-	✓	✓	✓	✓✓	
Jardim de Chuva	✓✓	✓	✓✓	-	✓	✓✓	✓	✓✓	-	✓	✓	✓	✓✓	
Biovaleta	✓✓	✓	-	-	✓	✓✓	✓	✓✓	-	-	-	✓	✓✓	
Teto Verde	✓✓	✓	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓	✓	✓	✓✓	
Parede Verde	✓✓	-	-	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	-	✓	✓	✓✓	
Pavimento Permeável	✓✓	✓	✓✓	✓✓	-	-	✓✓	✓	-	-	-	-	✓✓	
Bioengenharia	✓✓	-	✓	-	✓	✓	✓✓	✓✓	-	-	✓	✓✓	✓✓	
<b>Legenda</b>														
<b>Benefício Assegurado</b>					✓✓	<b>Em potencial</b>			✓	<b>Indiferente</b>				-

(Fonte: Elaboração Própria)

## 4.6. Exemplos de Legislações Pertinentes ao Tema

Antes de analisar o conteúdo das leis, é importante analisar as diferentes abordagens dentro da legislação ambiental. Segundo Furlan (2008, p. 185):

*“Transformações sociais e interesses coletivos em ascensão forçaram uma mudança na atuação do Estado, que deixa de atuar apenas como protetor das situações já constituídas mediante o uso da força e da aplicação de castigos, os quais se mostram ineficientes para solucionar os problemas da sociedade capitalista. O Estado passa, então, a agir de modo promocional, valorizando o emprego das sanções premiais. Ao lado das normas que outorgam direitos e deveres, despontam normas de encorajamento, que favorecem, estimulam e motivam de forma positiva determinadas ações”*

Segundo Fell e Treméa (2008 p.2), “As regras de caráter ambiental, costumeiramente, são sanções negativas, isto é, com natureza punitiva, como é o caso do Princípio do Poluidor-Pagador, que pune o indivíduo que se utiliza dos recursos naturais de forma errônea e contrária a legislação”. No entanto, esta lógica do Poluidor-Pagador vem deixando de ser o foco principal das legislações ambientais, dando mais espaço para o Princípio do Protetor-Recebedor, que beneficia o indivíduo e projetos que adotem medidas ambientalmente adequadas, através de incentivos fiscais, subsídios ou certificação. Observaremos a seguir uma série de projetos de leis referentes à temática de infraestrutura verde, de forma que será possível enxergar estes dois diferentes princípios.

### 4.6.1. Legislação Nacional Pertinente

Antes de buscar uma análise das leis, é importante atentar para algumas especificidades do direito. Como por exemplo o fato que as legislações podem ser mais restritivas dentro de esferas menores, como município e estados, mas nunca mais permissivos do que uma esfera maior. Percebe-se também que o movimento por legislação de Infraestrutura Verde já foi iniciado dentro da municipalidade e vêm sendo lentamente acompanhado nas esferas estaduais e federais.

No entanto, apesar de já ser possível encontrar algumas menções a algumas tipologias e a princípios ecológicos que coincidem com as práticas de infraestrutura verde, ainda não existe nenhuma legislação vigente que aborde o conteúdo em sua totalidade.

Nesta seção será realizada uma revisão de algumas leis vigentes e projetos em tramitação dentro das esferas federais, estaduais e municipais, dividindo-os entre as categorias que tratam, sendo estas: Legislações sobre Zoneamento e Uso do Solo, Legislação Sobre Telhado Verde, Legislação sobre Certificação Ambiental, Legislação sobre IPTU verde.

#### **a) Legislação sobre Zoneamento e Uso do Solo**

Destaca-se o projeto de Lei nº 086/2012 do município do Rio de Janeiro, que se propõe a instituir o Código de Infraestrutura Verde do Município do Rio de Janeiro. Apesar do nome, o projeto de lei 086/2012 define infraestrutura verde de uma forma diferente da que está sendo abordada neste trabalho. O projeto de lei considera infraestrutura verde como o “conjunto de exemplares que compõe a vegetação localizada em áreas da cidade” (RIO DE JANEIRO, 2012). Uma definição que faz referência apenas às árvores e à vegetação *strictu sensu*, sem considerar obras de engenharia integradas ao verde. Assim sendo, vale a menção ao projeto, mas foge do escopo deste trabalho.

Instrução 22/2007 de Porto Alegre. Dentro do zoneamento, atribui sobre porcentagens do terreno ocupadas, não ocupadas e permeável. Não obriga a utilização de IV, mas obriga que sejam adotadas medidas alternativas para terrenos com baixo grau de permeabilidade e as medidas podem ser: (1) terraços ou coberturas verdes (diferente de telhado verde), (2) pisos semipermeáveis, (3) plantio de canteiros vegetados no entorno do terreno.

#### **b) Legislação sobre Telhados Verdes**

A lei municipal 18112/2015 de Recife, 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.”. Lei já sancionada e em vigor que determina que “edificações habitacionais

multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400m<sup>2</sup> de área de coberta deverão prever a implantação de ‘Telhado Verde’”. (RECIFE, 2015). Além de definir propriamente os locais que o telhado verde deve ser implantado e diretrizes de como implantá-lo, utilizando camadas de permeabilização, proteção contra raízes, drenagem, filtragem, camada de geotêxtil, módulo alveolar, substrato e vegetação.

Projeto de Lei federal nº 1703 / 2011. Torna obrigatório o uso de telhado verde a partir de três andares. Este projeto era muito restritivo, o que é totalmente problemático para um Lei de porte federal. Devido a estes problemas ele foi vetado, no entanto, encontra-se em tramitação uma nova versão que ao invés de restringir, traz benefícios para os que adotarem medidas sustentáveis voluntariamente. Atentamos para o fato que é o único projeto de lei de nível federal dentro dos projetos analisados neste trabalho e que ainda não foi devidamente sancionado.

### c) Legislação sobre Certificação Ambiental

Decreto nº 35745, de 06 de junho de 2012 do município do Rio de Janeiro. Cria a certificação QUALIVERDE, objetivando incentivar empreendimentos que utilizem de práticas sustentáveis, conforme listadas no Quadro 5. Possui um sistema de pontuação, onde os empreendimentos podem receber o selo mínimo (Selo Qualiverde, obtido com 70 pontos) ou o selo máximo (Selo Qualiverde Total, obtido com 100 pontos). Existe outra legislação, o projeto de Lei nº 1415/2012, ainda em tramitação que prevê benefícios fiscais através de isenção ou desconto no Imposto sobre Serviços (ISS), Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), Imposto de Transações de Bens Imóveis (ITBI). Estes descontos podem ser dados durante a construção, venda e habitação.

**Quadro 3: Pontuação do selo QUALIVERDE**

AÇÕES	DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	PONTUAÇÃO
Gestão da Água	Arejadores e comandos regulares de vazão	2
	Sanitários com caixa acoplada ou duplo acionamento	2
	Uso de medidores individuais de consumo de água nas edificações multifamiliares, comerciais e mistas	1
	Sistema de reuso de águas servidas	1
	Sistema de reuso de águas negras	8
	Aproveitamento de águas pluviais	1

	Pavimentos permeáveis em, pelo menos, 40% da área de passeio	2
	Construção de reservatório para retardo do escoamento das águas pluviais	1
	Acréscimo de mais 10% de área permeável além da legislação	5
Eficiência Energética e Desempenho Térmico	Aquecimento solar – SAS completo	5 a 10
	Iluminação de áreas comuns com lâmpadas LED	2 a 4
	Iluminação natural em 50% das áreas comuns	5
	Iluminação com distribuição em circuitos independentes e dispositivos economizadores	2
	Fontes alternativas de energia como painéis solares fotovoltaicos	5
Projeto	Telhados de cobertura verde	5
	Orientação ao Sol e Ventos	5
	Afastamento das divisas	2
	Vedações adequadas à zona bioclimática	1
	Uso de materiais sustentáveis	3
	Conforto acústico	2 a 7
	Isolamento térmico nas fachadas	3
	Plano de redução de impactos ambientais	3
	Reaproveitamento de resíduos no canteiro de obras	3
	Bicicletário e apoio	1 a 3
	Compartimento para coleta seletiva	1 a 3
	Plantio de espécies vegetais nativas	2
	Ventilação natural de banheiros	2 a 4
	Adequação às condições físicas do terreno	2
	Sistema de fachadas	4
	Vagas para veículos elétricos	1
Estruturas metálicas	8	
Bonificação	Retrofit	15
	Medição individualizada em prédios existentes e/ou retrofit	2
	Reservatório de retardo	3
	Selo de certificação de construções sustentáveis	5
	Inovações tecnológicas (bonificação por inovação)	1

(Fonte: [http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/qualiverde-o-selo-carioca\\_6590\\_0\\_1](http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/qualiverde-o-selo-carioca_6590_0_1))

Destacam-se as medidas que têm ligação direta com a infraestrutura verde citada neste trabalho, como os sistemas de aproveitamento de água pluvial, reservatórios para retardo do escoamento das águas pluviais, acréscimos na área permeável, pavimentos permeáveis nas áreas de passeio, telhados de cobertura verde, isolamento térmico nas fachadas. Ressaltando também a importância das outras intervenções que certamente possuem influência indireta nos projetos de infraestrutura verde.

#### **d) Legislação sobre IPTU Verde**

Outra iniciativa que vem se tornando cada vez mais popular em território brasileiro, é a adoção do IPTU verde. A medida consiste em conceder um desconto ao IPTU dos proprietários que adotarem medidas ambientais sustentáveis em suas casas, edifícios e condomínios.

Já existem iniciativas de IPTU verde em mais de 50 municípios brasileiros, como em São Carlos, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Salvador, Vila Velha, entre outros. Por se tratarem de diferentes municípios, existem diferentes alíquotas de descontos e diversas regras e conceituações no que diz respeito a medidas ambientais sustentáveis, tais quais áreas arborizadas dentro da propriedade, calçadas arborizadas, cobertura permeável, entre outros. (CUNHA et al, 2013)

Observa-se que os casos exemplificados dentro do território brasileiro são majoritariamente oriundos de prefeituras de municípios, tendo pequena abrangência territorial, ainda há muito pouca movimentação nacional. É importante atentar que apesar de algumas medidas que se referem às cidades, como o loteamento urbano, o zoneamento, a prestação de IPTU, entre outros serem de competência municipal, existe uma lacuna não preenchida pelos órgãos federais que poderia servir como incentivo para uma série de políticas locais.

Para reforçar a base institucional deste trabalho, serão utilizados casos de legislação internacional para exemplificar outras diretrizes institucionais aplicáveis.

#### **4.6.2. Legislação Internacional**

Alguns países da Europa, os Estados Unidos e o Canadá são os que possuem um maior histórico de utilização da Infraestrutura Verde. Assim, faz sentido que uma legislação pertinente ao tema fosse discutida nos países pioneiros.

No Canadá, especificamente em Toronto, no começo de 2010 entrou em vigor uma lei que obriga edifícios de grande porte a terem telhados verdes em uma fração de sua cobertura, quanto maior a área, maior a fração, conforme observado na Tabela 1.

**Tabela 1: Exigências de cobertura de telhados verdes para diferentes edifícios em Toronto**

Gross Floor Area * (Size of Building)	Coverage of Available Roof Space (Size of Green Roof)
2,000 - 4,999 m <sup>2</sup>	20%
5,000-9,999 m <sup>2</sup>	30%
10,000-14,999 m <sup>2</sup>	40%
15,000-19,999 m <sup>2</sup>	50%
20,000 m <sup>2</sup> or greater	60%

(Fonte:<<http://www1.toronto.ca/wps/portal>> ) Acesso em: 14 de março de 2016

É interessante observar que após dois anos da implantação da Lei, em 2012, já haviam sido instalados mais de 100.000m<sup>2</sup> de telhados verdes, gerando emprego, desafogando os sistemas de drenagem e economizando energia.

No Reino Unido existem planos institucionais locais referentes ao tema que datam desde 2006, quando a infraestrutura verde era bem menos falada do que atualmente (NATURAL ENGLAND, 2009). Em 2010 foi sancionado o *Flood and Water Management Act*, que estabelece uma série de diretrizes, estratégias e delega funções a fim de proteger o território do risco de inundações e evitar erosão costeira. Um dos anexos desta lei se direciona especificamente para a drenagem sustentável, delimitando bem os conceitos estudados e determinando a obrigação a algumas construções de utilizarem de sistema de drenagem sustentável.

Nos Estados Unidos existiu uma primeira iniciativa de lei denominada “*The Green Infrastructure for Clean Water Act*” do ano de 2011; tentativa esta que não obteve sucesso e perdeu sua validade após o final do período de vigência dos legisladores que estavam analisando a proposta. Uma versão similar, chamada de “*Innovative Stormwater Infrastructure Act*” foi introduzida no congresso e na câmara dos deputados em abril de 2015 e, atualmente encontra-se em consideração por comitês técnicos responsáveis (tais quais comitês de meio ambiente, recursos hídricos, ciência e tecnologia e obras públicas). Percebe-se que para a nova proposta de lei de 2015, o termo “infraestrutura verde” foi omitido, uma vez que as propostas se assemelham bastante com as de 2011, mas o nome infraestrutura verde não é mencionado nenhuma vez. Supõe-se que isso seja uma tática para fugir de possíveis preconceitos e dificuldades de aceitação do termo infraestrutura verde.

Segue uma breve análise e resumo de conteúdos encontrados no *Clean Water Act* americano:

A lei define infraestrutura inovadora de águas pluviais como qualquer técnica que utilize de técnicas naturais ou de engenharia para mimetizar os processos de infiltração, evapotranspiração e também qualquer estrutura que preserve, melhore ou mimetize a hidrologia natural a fim de aumentar a qualidade da água.

A lei reconhece o cenário crítico dos recursos hídricos e estabelece como possível causa o aumento da população, aumento do consumo de água, aumento das superfícies impermeáveis e a urbanização excessiva. Além disso, reconhece também os benefícios de uma nova infraestrutura hidráulica, tais quais: Aumento da oferta de água, criação de empregos, economia de recursos e redução do fluxo excessivo de águas pluviais.

Destacam-se três principais objetivos da legislação: (1) O compromisso institucional com o tema, através da EPA, de seus escritórios regionais e de outros órgãos institucionais competentes. (2) O compromisso com a pesquisa, através da criação de centros de excelência em infraestrutura inovadora de águas pluviais e também através do repasse de fundos para instituições de educação superior e institutos de pesquisa que se proponham a estudar este tema. (3) O compromisso de providenciar fundos para o gerenciamento de projetos que contemplem infraestrutura inovadora de águas pluviais e também de dar prioridade para comunidades de baixa renda.

Diferentemente dos casos nacionais, pode-se observar uma série de exemplos oriundos de países estrangeiros que estão adotando medidas de grande porte a favor da infraestrutura verde.



## 5. Diretrizes para Intervenções Urbanas Mais Sustentáveis

Este capítulo possui o objetivo de aplicar a bagagem teórica adquirida nos capítulos anteriores, a fim de traçar diretrizes que utilizem de princípios da infraestrutura verde e do urbanismo sustentável com o objetivo de tornar as cidades mais resilientes perante os potenciais impactos das mudanças climáticas.

As diretrizes foram divididas de forma a alcançar diferentes objetivos, utilizando-se de duas abordagens de combate às mudanças climáticas: a adaptação e mitigação. Além desta divisão, também foram traçadas diretrizes objetivando propagar os conhecimentos de infraestrutura verde propostos neste trabalho para o ambiente construído e para os profissionais responsáveis por este trabalho.

Independente de qual tipo de diretriz ou de qual seja o seu objetivo, existem princípios comuns a todas as diretrizes que devem ser pensados e incorporados ao processo de decisão e planejamento. Além dos conceitos anteriormente citados, as diretrizes também estão de acordo com a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (BRASIL, 2009), onde também são propostas diretrizes voltadas para adaptação e mitigação aos efeitos das mudanças climáticas.

Segue listagem de alguns destes princípios:

- Sustentabilidade;
- Logística;
- Eficiência;
- Multifuncionalidade;
- Responsabilidade compartilhada por todos os agentes;
- Responsabilidade comum, porém diferenciada;
- Medidas de Incentivo (Protetor-Recebedor);
- Regulamentação mais severa (Poluidor-Pagador);
- Educação Ambiental;
- Participação Popular.

## 5.1. Diagnóstico Urbano Ambiental

Apesar das tipologias de Infraestrutura Verde apresentarem uma série de benefícios, como foi apresentado no capítulo anterior, não podemos simplesmente implementá-las sem antes realizar algumas análises e fazer um diagnóstico da região dentro da escala de projeto.

Em um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), por exemplo, é necessário fazer o diagnóstico ambiental dos meios físico, biótico e socioeconômico quando se pretende construir um empreendimento de grande porte para depois verificar os impactos que o empreendimento causará. Já o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) tem como finalidade compreender os efeitos de um empreendimento na qualidade de vida da população residente na sua vizinhança. Este compreende tanto um diagnóstico quanto um prognóstico da vizinhança do empreendimento para poder alcançar seu objetivo.

Assim como nesses estudos, acreditamos que para implementar uma infraestrutura multifuncional, que mimetize a natureza e ofereça benefícios para os seres humanos sem impactar de forma negativa (ou minimizar os impactos) o meio ambiente, é preciso entender detalhadamente os sistemas naturais e antrópicos que ocorrem na “área de influência”. Neste sentido, é muito importante fazer um diagnóstico urbano ambiental antes de implementar uma infraestrutura verde, pois esta não é apenas uma construção verde, é uma infraestrutura multifuncional, que pretende manter o equilíbrio dinâmico, sustentável e resiliente do ecossistema urbano.

É importante ressaltar, antes de tudo, que não há uma receita certa, já que cada local possui suas especificidades socioecológicas e demanda levantamento, análise e diagnóstico adequados para orientar os profissionais envolvidos no planejamento e projeto da infraestrutura.

Assim, neste capítulo, antes de apresentar diretrizes para futuras intervenções baseadas em infraestruturas verdes, será apresentada a importância de se realizar um diagnóstico, indicando o que deve estar contemplado em cada um dos seis sistemas apresentados na abordagem de Herzog (2013).

### **5.1.1. Sistema Geológico**

A fim de entender o funcionamento do sistema geológico antes de se planejar e projetar uma infraestrutura verde, sugerimos:

- Fazer um levantamento histórico geológico das transformações que ocorreram na paisagem ao longo de sua ocupação;
- Comparar os tempos de ocupação e as transformações que ocorreram, para verificar as intervenções que possam ter alterado os fluxos e os processos naturais ocorridos na paisagem ao longo do tempo;
- Mapear o sistema geológico atual, identificando as áreas vulneráveis a deslizamentos e enchentes, os tipos de solo e sua profundidade. Existem especificidades da formação geológica em cada região, então, é preciso buscar os parâmetros de susceptibilidade à erosão e inundação em fontes confiáveis, como em estudos científicos locais;
- Fazer um levantamento dos casos de deslizamentos e enchentes ao longo do tempo, apresentando os prejuízos financeiros, sociais e ambientais em cada caso;
- Analisar a fertilidade do solo urbano e verificar o grau de permeabilidade do solo, ou seja, o percentual de áreas porosas em determinada área e verificar a estabilidade do terreno em áreas construídas.

### **5.1.2. Sistema Hidrológico**

A fim de entender melhor o funcionamento do sistema hidrológico antes de planejar e projetar uma infraestrutura verde, sugerimos:

- Fazer um levantamento histórico das transformações que ocorreram nos corpos d'água, como rios, córregos, lagos e lagoas, áreas alagadas e alagáveis, inclusive manguezais e áreas costeiras durante o processo de ocupação;
- Comparar os tempos de ocupação e as transformações que ocorreram, para verificar as intervenções que possam ter alterado os fluxos e os processos naturais das águas ao longo do tempo, com mudanças nos usos do solo e a consequente impermeabilização;
- Mapear os corpos e os fluxos hídricos existentes; os canais de drenagem visíveis ou subterrâneos e o sistema de saneamento; as chuvas e os fluxos dominantes de precipitação, os caminhos das águas e os locais onde se

acumulam; e o histórico das áreas alagáveis e sua vulnerabilidade aos volumes de precipitação;

- Quantificar as águas infiltradas, detidas e retidas e sua contribuição para evitar enchentes e abastecer os aquíferos e lençóis subterrâneos;
- Avaliar o percentual de solo impermeável na área urbana, medindo quantidade de água que escoar superficialmente;
- Avaliar a conexão hídrica, analisando como os rios e córregos estão fluindo e a sua qualidade ambiental (nível de vitalidade).

### **5.1.3. Sistema Biológico**

A fim de entender o funcionamento do sistema biológico antes de se planejar e projetar uma infraestrutura verde, sugerimos:

- Fazer um levantamento histórico das transformações que ocorreram na cobertura vegetal, como eliminação de ecossistemas originais e existência de fragmentos remanescentes;
- Comparar os tempos de ocupação e as transformações ocorridas, para verificar as intervenções que possam ter alterado os fluxos e processos naturais de espécies endêmicas de flora e fauna ao longo do tempo, através da mudança nos usos do solo, da impermeabilização e da eliminação da biodiversidade;
- Mapear os fragmentos de ecossistemas existentes, como praças e parques, assim como sua cobertura vegetal e arbórea, com a maior precisão possível;
- Mapear os corredores com vegetação e as espécies de fauna existentes, assim como a forma que a fauna circula pela paisagem e sua interação com a flora;
- Analisar a conectividade dos habitats, verificando como os fragmentos vegetados se conectam;
- Verificar o tamanho das áreas-tampão (ou áreas de amortecimento) e os efeitos de borda que perturbam a dinâmica dos ecossistemas locais;

### **5.1.4. Sistema Social**

A fim de entender o funcionamento do sistema antrópico social antes de se planejar e projetar uma infraestrutura verde, sugerimos:

- Fazer um levantamento histórico da ocupação humana da paisagem;

- Analisar como a cidade se expandiu e como os espaços públicos, ruas, parques e praças evoluíram ao longo do tempo;
- Analisar como as pessoas se aproximam dos espaços livres e interagem com a natureza;
- Mapear os espaços urbanos (públicos ou não) onde as atividades sociais, recreativas, de lazer e desportivas acontecem; e os espaços vivos da cidade;
- Analisar intimamente o lugar, suas especificidades, sua gente, seus usos, necessidades e costumes, identificando as características sociais, culturais, econômicas e ambientais que valorizam o lugar;
- Mapear como os espaços são acessíveis a pedestres, bicicletas e transportes de massa, e como eles se relacionam espacialmente;
- Levantar os marcos urbanos naturais, construídos e culturais, e também os não tangíveis, como o espírito do local;

#### **5.1.5. Sistema Circulatório**

A fim de entender o funcionamento do sistema antrópico circulatório antes de se planejar e projetar uma infraestrutura verde, sugerimos:

- Fazer o levantamento histórico da mobilidade urbana local;
- Mapear os fluxos de cada modalidade de transporte;
- Identificar áreas de conflito entre diferentes meios de circulação e há ruptura de fluxos naturais (como de água, de fauna e flora ou de pessoas);
- Levantar as oportunidades de substituir vias para veículos por corredores de circulação multifuncionais que aliem pedestres, ciclovias, transporte de massa não poluente, arborização e canteiros de chuva, de forma que as ruas se tornem corredores urbanos para a fauna e flora, além de contribuir para a qualidade de vida urbana;

#### **5.1.6. Sistema Metabólico**

A fim de entender o funcionamento do sistema antrópico metabólico antes de se planejar e projetar uma infraestrutura verde, sugerimos:

- Fazer um levantamento das fontes de energia locais;
- Verificar a origem dos alimentos consumidos e como são produzidos, orgânicos ou não;

- Analisar a rede de esgotamento sanitário, qual o tratamento utilizado, como e onde são descartados seus efluentes;
- Levantar oportunidades de inovação, através da introdução de novas tecnologias circulares que associem diversas funções com visão sistêmica;
- Levantar oportunidades para educar ecologicamente os moradores das cidades, com projetos que deem visibilidade aos processos naturais: água, solo, alimentos, energia, saneamento, etc.

## 5.2. Diretrizes para a Mitigação de Impactos das Mudanças Climáticas

As diretrizes voltadas para a mitigação foram divididas em apenas duas categorias: Medidas que objetivam promover uma redução das emissões de GEE e Medidas que objetivam promover um aumento dos sumidouros de GEE. Seguem as descrições nas próximas seções.

### 5.2.1 Redução das emissões de GEE

#### ❖ Promover o uso sustentável da energia

##### ➤ Utilizar transportes alternativos

Dar prioridade para transportes alternativos como bicicletas, carros elétricos, transporte hídrico, entre outros.

##### ➤ Reduzir o uso de combustíveis fósseis

Promover, sempre que possível, a substituição de tecnologias que utilizem de combustíveis fósseis.

##### ➤ Incentivar caminhadas e uso de bicicletas

Oferecer ciclovias, bicicletários, sistema de aluguel de bicicletas, chuveiros nos locais de trabalho, ou outras medidas que possam incentivar o uso de bicicletas e caminhadas.

##### ➤ Fazer uso de IV

Promover o uso de tipologias de Infraestrutura Verde (IV) que possuam como benefício *Reduzir o consumo energético*, tais quais: Teto Verde, Parede Verde e Pavimento Permeável.

#### ❖ Promover o uso sustentável dos materiais

##### ➤ Promover o uso de materiais sustentáveis e com menos pegada de carbono

Formular mecanismos de incentivo para materiais com menos pegada de carbono.

➤ **Promover a gestão eficiente de resíduos sólidos**

Agir em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, abolindo de vez lixões, implantando aterros sanitários e estimular a redução, a reciclagem e o reuso.

❖ **Promover a economia de baixo carbono**

➤ **Promover a prevenção e controle do desmatamento**

Adotar medidas que sejam capazes de um controle mais efetivo do desmatamento.

➤ **Beneficiar empreendimentos com baixa emissão de GEE**

Adotar medidas de certificação ou outra forma de incentivar empreendimentos benéficos.

➤ **Regulamentar e fiscalizar empreendimentos com alta emissão de GEE**

Adotar medidas mais restritivas, do tipo Poluidor-Pagador, para empreendimentos poluidores e, se possível, também, medidas do tipo Protetor-Recebedor.

## 5.2.2. Aumento do Sequestro de GEE

❖ **Promover sumidouros de ordem vegetal**

➤ **Promover o reflorestamento e recuperação de áreas degradadas**

Adotar medidas que sejam capazes de incentivar o reflorestamento em áreas degradadas e resgate de mata atlântica, floresta amazônica ou outros ecossistemas naturais locais.

➤ **Promover o plantio de vegetação**

Incentivar a arborização de ambientes urbanos e o plantio de vegetação, sempre que possível.

➤ **Incentivar projetos que façam uso dos MDL**

Promover e difundir as formas de obter dinheiro a partir do mercado de carbono através dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL)

➤ **Fazer uso de IV**

Promover o uso de tipologias que façam uso de vegetação, tais quais: Lagoa Pluvial, Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde.

Uma listagem resumo destas diretrizes encontra-se no Quadro 7.

**Quadro 6: Resumo das diretrizes para mitigação às mudanças climáticas**

<b>Tipo de Medida</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Diretriz</b>
<b>Redução das emissões de GEE</b>	Promover o uso sustentável da energia	Utilizar transportes alternativos
		Reduzir o Uso de Combustíveis Fósseis
		Incentivar caminhadas e uso de bicicletas
		Fazer uso de IV
	Promover o uso sustentável de materiais	Uso de materiais sustentáveis e com menor pegada de carbono
		Promover a gestão eficiente de resíduos sólidos
	Promover a economia de baixo carbono	Promover a prevenção e controle do desmatamento
		Beneficiar empreendimentos com baixa emissão de GEE
		Regulamentar e fiscalizar empreendimentos com alta emissão de GEE
<b>Aumento do sequestro de GEE</b>	Promover sumidouros de ordem vegetal	Promover o reflorestamento e recuperação de áreas degradadas
		Promover o plantio de vegetação
		Incentivar projetos que façam uso dos MDL
		Fazer uso de IV

(Fonte: Elaboração própria)

### **5.3. Diretrizes para a Adaptação aos Impactos das Mudanças Climáticas**

Antes de pensar quais diretrizes devemos tomar para nos proteger dos impactos originados pelas mudanças climáticas, é necessário pensar de quais impactos estamos falando. Assim sendo, foram separados os seguintes problemas decorrentes das mudanças climáticas, já citados e descritos anteriormente: Problemas de abastecimento de água, Segurança Alimentar, Proteção contra enchentes,



Proteção contra deslizamentos, Proteção contra variabilidade e anomalias climáticas e Ilhas de Calor.

À luz destas cinco categorias, foram pensados em focos principais de atuação, ou seja, quais os objetivos que estas diretrizes deveriam alcançar para serem efetivas, para aí sim poder traçá-las adequadamente. Segue descrição destas diretrizes, separadas pelos seus respectivos focos de atuação:

### **5.3.1. Abastecimento de água**

#### **❖ Reduzir a necessidade de Água tratada**

##### **➤ Captação e Reuso através de tipologias de IV**

Promover o uso de tipologias que possuam como benefício *Reduzir a demanda de água*, tais quais: Alagado Construído, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde, Pavimento Permeável.

##### **➤ Uso eficiente de água**

Promover medidas capazes de reduzir o consumo excessivo de água, reduzir desperdício, reduzir perdas no sistema hídrico, etc.

#### **❖ Valorizar e Preservar mananciais de água**

##### **➤ Infraestrutura adequada de saneamento**

Atentar e respeitar as restrições ambientais já existentes quanto ao lançamento de esgoto em corpos hídricos; Valorizar tecnologias mais eficientes na remoção de poluentes do que as tecnologias atuais.

##### **➤ Infraestrutura adequada de tratamento de efluentes industriais**

Atentar e respeitar as restrições ambientais já existentes quanto ao lançamento de efluentes industriais em corpos hídricos. Valorizar tecnologias mais eficientes na remoção de poluentes do que as tecnologias atuais.

##### **➤ Fazer uso de IV**

Adotar medidas de IV que sejam capazes de tornar o ciclo da água mais eficiente e natural, ou seja, todas as tipologias citadas neste trabalho: Alagado Construído, Lagoa Pluvial, Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde, Pavimento Permeável, Bioengenharia.

### **5.3.2. Segurança Alimentar**

#### **❖ Consumidor se tornar o produtor de seu próprio alimento**

- **Fazer uso de agricultura urbana**  
Incentivar a agricultura em espaços urbanos.
  - **Fazer uso de IV**  
Adotar medidas de IV que possuam como benefício *Promover a Agricultura Urbana*, tais quais: Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Teto Verde, Parede Verde, Bioengenharia.
- ❖ **Aproximar o consumidor do produtor**
- **Promover a agricultura nas proximidades dos centros urbanos**  
Adotar medidas que incentivem regiões vizinhas a grandes centros urbanos aumentarem sua produção de alimentos, dando prioridade aos pequenos produtores, à agricultura familiar e à agricultura urbana.
- ❖ **Melhorar a logística de transporte de alimentos**
- **Possibilitar o transporte de carga através de modais mais eficientes**  
Quando existente, utilizar-se de modais mais eficientes do que o transporte rodoviário através de caminhões.
  - **Implementar mais centros de distribuição de alimentos**  
Adotar centros de distribuição, de forma a facilitar a logística de transporte e distribuição de alimentos para os centros urbanos.

### 5.3.3. Proteção contra enchentes

- ❖ **Incentivar a drenagem natural**
- **Infiltração**  
Adotar medidas capazes de aumentar a infiltração de água no solo.
  - **Fazer uso de IV**  
Adotar medidas de IV que sejam capazes de tornar o ciclo da água mais eficiente e natural, ou seja, todas as tipologias citadas neste trabalho: Alagado Construído, Lagoa Pluvial, Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde, Pavimento Permeável, Bioengenharia.
- ❖ **Promover a Retenção e a Detenção de água**
- **Manutenção das atuais infraestruturas cinzas**  
Valorizar e dar manutenção também à infraestrutura de drenagem tradicional já implantada nas cidades.
  - **Fazer uso de IV**

Adotar medidas de IV que possuam como benefício Benefícios hídricos e runoff, ou seja, todas as tipologias citadas neste trabalho: Alagado Construído, Lagoa Pluvial, Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde, Pavimento Permeável, Bioengenharia.

➤ **Promover o plantio de vegetação**

Incentivar a arborização de ambientes urbanos e o plantio de vegetação, sempre que possível, a fim de aproveitar-se a evapotranspiração e captação de água da vegetação.

### **5.3.4. Proteção contra deslizamentos**

❖ **Incentivar a drenagem natural**

➤ **Infiltração**

Adotar medidas capazes de aumentar a infiltração de água no solo.

➤ **Fazer uso de IV**

Adotar medidas de IV que sejam capazes de tornar o ciclo da água mais eficiente e natural, ou seja, todas as tipologias citadas neste trabalho: Alagado Construído, Lagoa Pluvial, Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde, Pavimento Permeável, Bioengenharia.

❖ **Promover a Retenção e a Detenção de água**

➤ **Manutenção das atuais infraestruturas cinzas**

Valorizar e dar manutenção também à infraestrutura de drenagem tradicional já implantada nas cidades.

➤ **Fazer uso de IV**

Adotar medidas de IV que possuam como benefício Benefícios hídricos e runoff, ou seja, todas as tipologias citadas neste trabalho: Alagado Construído, Lagoa Pluvial, Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde, Pavimento Permeável, Bioengenharia.

➤ **Promover o plantio de vegetação**

Incentivar a arborização de ambientes urbanos e o plantio de vegetação, sempre que possível, a fim de aproveitar-se a evapotranspiração e captação de água da vegetação.

❖ **Aumentar a Estabilidade do Solo**

➤ **Fazer uso de IV**

Promover o uso de bioengenharia.

➤ **Promover o plantio de vegetação**

Incentivar a arborização de ambientes urbanos e o plantio de vegetação, sempre que possível, a fim de aproveitar-se da estabilidade oriunda de suas raízes.

### **5.3.5. Proteção contra variabilidade e anomalias climáticas e Ilhas de Calor**

❖ **Promover concretização sustentável**

➤ **Fazer uso de IV**

Adotar medidas de IV capazes de serem inseridas no meio da paisagem urbana, ou seja, todas as tipologias citadas neste trabalho: Alagado Construído, Lagoa Pluvial, Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde, Pavimento Permeável, Bioengenharia.

➤ **Formas de aumentar o índice de Albedo**

Priorizar os revestimentos e pintura de cor branca, evitar as cores mais escuras. Uma vez que a cor branca é mais capaz de refletir radiação solar e a absorve em menor quantidade.

❖ **Promover uma melhor climatização dos ambientes**

➤ **Fazer uso de IV**

Adotar medidas de IV que possuam o benefício de Reduzir ilhas de calor, ou seja, todas as tipologias citadas neste trabalho: Alagado Construído, Lagoa Pluvial, Lagoa Seca, Canteiros Pluviais, Jardim de Chuva, Biovaleta, Teto Verde, Parede Verde, Pavimento Permeável, Bioengenharia.

➤ **Promover o plantio de vegetação**

Incentivar a arborização de ambientes urbanos e o plantio de vegetação, sempre que possível, a fim de aproveitar-se do conforto térmico oriundo das mesmas.

➤ **Corpos Hídricos**

Adotar medidas capazes de valorizar os corpos hídricos urbanos, dotados de alta capacidade térmica e capazes de reter calor durante o dia.

Uma listagem resumo destas diretrizes encontra-se no Quadro 8.

**Quadro7: Resumo das diretrizes referentes à Adaptação às Mudanças Climáticas**

Impacto Assegurado	Objetivo	Diretriz
<b>Abastecimento de Água</b>	Reduzir a necessidade de água tratada	Captação e Reuso através de IV
		Uso eficiente de água
	Valorizar e Preservar mananciais de água	Infraestrutura adequada de saneamento e tratamento de esgoto
		Infraestrutura adequada de saneamento e tratamento de efluentes industriais
	Fazer uso de IV	
<b>Segurança Alimentar</b>	Consumidor se tornar produtor de seu alimento	Fazer uso de agricultura urbana
		Fazer uso de IV
	Aproximar o consumidor do produtor	Promover a agricultura nas proximidades dos centros urbanos
	Melhorar a logística de transporte de alimentos	Possibilitar o transporte de carga através de modais mais eficientes
Implementar mais centros de distribuição de alimentos		
<b>Proteção contra Enchentes</b>	Drenagem natural	Infiltração
		Fazer uso de IV
	Retenção Detenção da Água	Manutenção das atuais infraestruturas cinzas
		Fazer uso de IV
	Promover o plantio de vegetação	
<b>Proteção contra Deslizamentos</b>	Drenagem natural	Infiltração
		Fazer uso de IV
	Retenção Detenção da Água	Manutenção das atuais infraestruturas cinzas
		Fazer uso de IV
		Promover o plantio de vegetação
Aumentar a Estabilidade do Solo	Fazer uso de IV	
	Promover o plantio de vegetação	
<b>Variabilidade e Anomalia Climática e Proteção contra Ilhas de Calor</b>	Promover Concretação Sustentável	Fazer uso de IV
		Formas de aumentar o índice de Albedo
	Climatização	Fazer uso de IV
		Corpos Hídricos
	Promover o plantio de vegetação	

(Fonte: Elaboração Própria)

## 6. Considerações Finais

Assim como foi apresentado logo no início desta monografia, sabe-se que o processo de industrialização, acompanhado do processo de urbanização das cidades, provocou uma grave degradação ambiental no espaço urbano principalmente pela maneira como se deu o uso e a ocupação do solo neste período, quando a população urbana cresceu exponencialmente em um curto intervalo de tempo. Neste período o grau de degradação ambiental aumentou de tal maneira que os impactos deixaram de ser locais e passaram a ser globais.

Neste contexto, gerou-se uma reflexão importante, ao longo do Capítulo 2, sobre como se deram as relações entre as cidades e a natureza ao longo da existência humana na Terra. Como o processo de industrialização é considerado um marco na forma como ocorreu o uso e ocupação do solo urbano, devido aos grandes impactos ambientais gerados a partir deste período, o capítulo foi dividido em: período pré-industrial, período industrial e período pós-industrial.

O período pré-industrial englobou toda existência humana e suas relações com o meio ambiente até se iniciar o processo de industrialização. Neste período, havia ainda uma forte relação entre o homem e a natureza na maior parte do tempo e mesmo quando a ação antrópica passou a causar impactos negativos ao meio ambiente, estes ainda eram locais, em sua grande maioria, e facilmente regenerativos. Há ainda registros de diversas civilizações que viviam em harmonia com os processos naturais por todo este período, respeitando os fatores hidrológicos, biológicos, geomorfológicos e climáticos, fatores estes essenciais para a sustentabilidade das civilizações e sociedades ao longo do tempo.

O período industrial é marcado pela migração em massa da população do meio rural para o meio urbano em busca de oportunidades de emprego e melhor qualidade de vida. Essa migração em massa em um curto período de tempo levou a ocupação desordenada das cidades, que por sua vez se expandiram sem planejamento. As cidades foram se transformando através da construção de vias para circulação de veículos e de empreendimentos imobiliários, os quais a tornavam cada vez mais impermeáveis e menos “verdes”. Além disso, o modelo econômico capitalista, baseado na industrialização, foi se consolidando cada vez mais. Todos estes fatores levaram as cidades ao que vivemos hoje: um modelo poluente e gerador de impactos negativos, “desconectado” da natureza, apesar de dependente dela, baseado no alto consumo e desperdício e vulnerável aos eventos climáticos.

Foi chamado de período pós-industrial o período em que começaram a nascer as críticas a este modelo que a industrialização criou, através de movimentos ambientalistas, pesquisas, convenções e novas linhas de pensamento em prol do meio ambiente. Uma teoria que chamou a atenção foi a teoria de Gaia, de James Lovelock, a qual garante que a Terra é um grande organismo vivo que possui mecanismos que ajudam a preservar os seres vivos que nela se abrigam, além de possuir um sistema autorregulador que mantém as condições de vida no planeta. Neste contexto, os desastres ambientais podem ser considerados uma resposta deste grande organismo tentando se regenerar, ou seja, são as tentativas de Gaia de “Cicatrizas as feridas” (impactos) causadas pela ação antrópica. Esta teoria, apesar de não ser totalmente aceita pelo mundo científico, seria uma boa explicação para a ocorrência cada vez mais frequente e com maior intensidade dos eventos climáticos extremos, já que o homem explora os recursos naturais com cada vez maior frequência e intensidade. As linhas de pensamento a favor do meio ambiente foram ganhando espaço até o momento em que arquitetos e urbanistas aderem esta ideia e criam o urbanismo sustentável. A infraestrutura verde surge como um instrumento do urbanismo sustentável para aumentar a sustentabilidade dos sistemas urbanos e romper essa era de não harmonia com a natureza.

Desta maneira, tentou-se neste trabalho apresentar a infraestrutura verde como um instrumento inovador capaz de tornar as cidades mais resilientes às mudanças climáticas. Para isso, seguiu-se para o terceiro capítulo apresentando os conceitos de resiliência e mudanças climáticas. Resiliência é a propriedade que um elemento possui de retomar a forma original após ter sido submetido a uma deformação, ou seja, elasticidade. O termo é usado em diversas áreas de conhecimento. Neste trabalho, resiliência urbana é definida como a capacidade de um meio urbano de adaptar ou voltar ao seu cotidiano após ter passado por um evento que o tirou de seu estado normal, como, por exemplo, um evento climático extremo (como fortes chuvas que podem causar deslizamentos e/ou enchentes), que por sua vez é consequência das mudanças climáticas. Esta, que também é conhecida como aquecimento global, é considerada uma grave doença planetária devido ao aumento da temperatura média do planeta causado pelos gases de efeito estufa emitidos principalmente pelas ações antrópicas. Este aumento da temperatura gera o desequilíbrio da complexa dinâmica climática do planeta, o que afeta tudo que dá suporte a vida humana na Terra.

Neste contexto, a definição adotada neste trabalho é a infraestrutura verde como uma rede ecológica urbana que reestrutura a paisagem e mimetiza os processos

naturais a fim de manter ou restaurar as funções do ecossistema urbano, oferecendo serviços ecossistêmicos no local. Já o objetivo adotado para esta rede ecológica chamada de infraestrutura verde é tornar os ambientes urbanos mais sustentáveis e resilientes através da interação cotidiana das pessoas com a natureza em locais onde ambas tem prioridade.

Então, no capítulo quatro, foi apresentado a origem e definição do conceito de infraestrutura verde, assim como diferentes abordagens acerca deste instrumento, tipologias para diferentes escalas e seus benefícios associados, e legislações nacionais e internacionais pertinentes ao tema.

Por fim, no capítulo final, foram apresentadas diretrizes para futuras intervenções com base no que foi estudado durante todo o trabalho, a fim de oferecer uma prévia orientação para quem pretende planejar e projetar infraestruturas verdes, seja em qual escala for, com o objetivo de tornar cidades mais sustentáveis e resilientes.



## 7. Referências Bibliográficas

- ABCP, 2013a **Projeto Técnico: Jardim de Chuva**. Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 2013
- ABCP, 2013b **Projeto Técnico: Pavimento Permeável**. Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 2013
- ABRIL. O Planeta Terra é um ser vivo? Revista Planeta Sustentável. Janeiro, 2008. Disponível em: <[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/conteudo\\_266733.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/conteudo_266733.shtml)> Acesso em: 11 de fevereiro de 2016
- ALMEIDA, M. A. M. de, **Coberturas naturadas e qualidade ambiental: uma contribuição em clima tropical úmido**. 2008. 143f.. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008
- BALDESAAR, S. M. N. 2012. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. Tese M.Sc., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0168.pdf>> Acesso em 21/03/2016
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities**. Washington, D.C.: Island Press, 2006.
- BENINI, S. M.. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. São Paulo, Presidente Prudente, 2015.
- BLANCO, Karoline Cunha, 2012. **Coberturas verdes: aplicação como estratégia de mitigação de impacto ambiental em Brasília**. Tese de Pós-graduação UniCEUB/ICPD, Brasília. 2012. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/7748/1/51102400.pdf>>. Acesso em 26/02/2016
- BRASIL. Resolução n.º 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

- BRASIL. Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 - **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências**. Brasília, Brasil, 2009
- BROWN, A.E.P. **Análise de Risco**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: < <http://www.lmc.ep.usp.br/grupos/gsi/wp-content/boletim/3-1.doc> >. Acesso em 24/02/2016
- CARVALHO, C. C.; COSTA, L. N. L. A. **O Papel da Resiliência Urbana e do Metabolismo Urbano na Questão da Redução de Risco de Desastre**. Monografia, UFRJ/ Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2015.
- CINGAPURA. **ABC Waters Design Guidelines**. Cingapura: *Public Utilities Board* (“PUB”), 2ª edição (1ª edição: 2009), 2011
- CNT, 2010. **The Value of Green Infrastructure A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits**. Chicago, Estados Unidos da América. 2010
- COSTA, S. R. A. da et. al. **Cadeia de suprimentos humanitária: uma análise dos processos de atuação em desastres naturais**, 2015. Prod., São Paulo, v.25, n.4, p.876-893. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132015000400876&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132015000400876&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 25/02/2016.
- CUBASCH, J.T. et al. Projections of future climate change. In: **Climate change 2001: the scientific basis**. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., p. 525-582.
- CUNHA, D.A.S., MARTINEZ, A.L., NOSSA, V., **Incentivos fiscais verdes e tributação extrafiscal: estudo sobre o IPTU verde no município de vila velha (ES) comparativamente a outros municípios**. Revista Razão Contábil & Finanças, Fortaleza. 2013; 4(1):79-98. Disponível em: <<http://institutoateneu.com.br/ojs/index.php/RRCF/article/view/102> >. Acesso em 26/02/2016
- DEL GENIO, A. D.; LACIS, A. A.; RUEDY, R. A. **Simulations of the effect of a warmer climate on atmospheric humidity**. Nature, vol. 351, May, 1991, p. 382-385.
- DINGES, R. **Natural Systems for Water Pollution Control** .In Nostrand Reinhold. New York, 1982.
- DUNNETT, Nigel; Kingsbury, Noel. **Planting green roofs and living walls**. Oregon: Timber Press, 2008.

- ERICKSON, A. J., WEISS, P. T., GULLIVER, J.S. (auth.) - **Optimizing Stormwater Treatment Practices\_ A Handbook of Assessment and Maintenance** - Springer-Verlag New York (2013). Disponível em: <<http://www.toronto.ca/greenroofs/overview.htm> > . Acesso em 26/02/2016.
- EMORI, S; BROWN, S. J. , 2005. **Dynamic and thermodynamic changes in mean and extreme precipitation under changed climate**. Geophysical Research Letters, vol. 32, L17706, p. 1-5.
- FARR, D. **Urbanismo Sustentável: desenho urbano com a natureza**. 1 ed. Porto Alegre, Bookman, 2013.
- FELL, E. T. , TREMÉA, E. M., 2008, **O princípio do Protetor-Recebedor e o Proambiente: Limites e possibilidade da compensação financeira**, Âmbito Jurídico, Rio Grande, v.11, n. 51, mar 2008. Disponível em: <[http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=2482](http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=2482)> .Acesso em 22/03/2016
- FLEMING, G. 2001. **Learning to live with rivers**. London: The Institution of Civil Engineers.
- FIREHOCK, Karen. **A Short History of the Term Green Infrastructure and Selected**.Jan.2010.Literature.Disponível em: <<http://www.gicinc.org/PDFs/GI%20History.pdf>>. Acesso em: 21/03/2016
- FRANCO, N. M. **Mudanças climáticas e oportunidades de negócio para pequenas empresas**. Brasília; SEBRAE, 2008.
- FREI, C. et al. **Heavy precipitation processes in a warmer climate**. Geophysical Research Letters, vol. 25, n. 9, May, 1998, p. 1431-1434.
- FURLAN, M.. **A função promocional do direito no panorama das mudanças climáticas: a ideia de pagamento por serviços ambientais e o princípio do protetor-recebedor**. Tese de doutorado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://produtordeagua.ana.gov.br/LinkClick.aspx?fileticket=qhGpO6ITmG8%3D&tabid=128&mid=639&forcedownload=true> >. Acesso em 26/02/2016
- HANNES, E. Infraestrutura verde como instrumento de legislação urbana: uma análise do plano diretor estratégico de São Paulo.. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, [S.l.], v. 3, n. 6, ago. 2015. ISSN 2317-8604. Disponível em: <[http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/cidades\\_verdes/article/view/964/987](http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/cidades_verdes/article/view/964/987)>. Acesso em: 25 Fev. 2016.

- HERZOG, C. P. **Guaratiba verde: subsídios para o projeto de infra-estrutura verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: UFRJ / FAU, 2009.
- HERZOG, C. P. **Cidade para todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza.** 1 ed. Rio de Janeiro, Mauad X: Inverde, 2013.
- HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. **Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana.** São Paulo: Revista LABVERDE, FAU-USP, edição nº 1, outubro 2010. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/61281>> Acesso em: 06 fev 2016.
- HOUAISS, A. & VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa.** 1 ed. Rio de Janeiro, Objetiva, 2009.
- HUQ, S. 2005. **Adaptation to Climate Change: A Paper for the International Climate Change Taskforce.** Institute for Public Policy Research, London
- IBGE, 2011. **Atlas de Saneamento 2011,** Brasil. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm)>. Acesso em 25/02/2016
- IPCC, 2001 **.Third Assessment Report, Annex B: Glossary of Terms.** Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group 2, Cambridge University Press, 2001.
- IPCC, 2007.**Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- IPCC, 2012: **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp., 2012
- IPCC [Church, J.A. et al.]. **Sea Level Change.** In: [Stocker, T.F. et al. (eds.)]. 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 University Press, 2013
- IPCC, 2014: **Summary for policymakers.** In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution

of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change Summary for Policymakers Technical Summary**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.

JHA, A., H. Brecht. 2011. **An Eye on East Asia and Pacific. Building Urban Resilience in East Asia, Issue 8**. Washington, DC: World Bank. <[http://siteresources.worldbank.org/INTEASTASIAPACIFIC/Resources/226262-1291126731435/EOEA\\_Abhas\\_Jha\\_April2011.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTEASTASIAPACIFIC/Resources/226262-1291126731435/EOEA_Abhas_Jha_April2011.pdf)>Acesso em: 21/03/2016

JHA, A.K., MINER, T.W., STANTON-GEDDES, Z. **Building Urban Resilience Principles, Tools and Practice**. Washington DC, 2013. Disponível em: <[http://www.gfdrr.org/sites/gfdrr/files/publication/Building\\_Urban\\_Resilience.pdf](http://www.gfdrr.org/sites/gfdrr/files/publication/Building_Urban_Resilience.pdf)>. Acesso em 24/02/2016.

KIBERT, Charles J. **Sustainable Construction. Green Building Design and Delivery**. John Wiley e Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2008.

LAGO, A. A. C. **Estocolmo, Rio, Johannesburgo. O Brasil e as Três Conferências Ambientais das Nações Unidas**. Brasília, 2006.

Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=B5h5IOoFYbsC&oi=fnd&pg=PA21&dq=conferencia+de+estocolmo&ots=EPKddd8R51&sig=KrCtj3l393QMv6hqIKrZoXaNuts#v=onepage&q&f=false>> Acesso em: 11/03/2016

LEAL, G. C. S. G.; FARIAS, M. S. S.; ARAUJO, A. F.; “O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano” **QUALIT@S Revista Eletrônica**, v.7, n.1, pp 1-11, 2008.

Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT2004201302831.pdf>> Acesso em: 11/03/2016

LOVELOCK, James (1991). **Gaia: cura para um planeta doente**. São Paulo: Cultrix, 2006.

MAROUN, M. R.. **Adaptação às Mudanças Climáticas: Uma Proposta de Documento de Concepção de Projeto (DCP) no Âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Tese de Dissertação M.Sc – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em:

<<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mmarounmr.pdf> > Acesso em 23/02/2016

MCHARG, I. L. **Design with Nature**. The Natural History Press, New York 1969

MONTEIRO, Joyce Maria Guimarães. **Plantio de Oleaginosas por Agricultores Familiares do Semi-Árido Nordestino para Produção de Biodiesel como uma Estratégia de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas**. Tese de Dissertação D.Sc, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mmonteirojmg.pdf>>. Acesso em 23/02/2016

MOURA, Newton Celio Becker. PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita e MARTINS, José Rodolfo Scarati. **Transição em infraestruturas urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas**. Paisagem e Ambiente: Ensaios- N. 34 – São Paulo -p.107 - 128 . 2014

OHNUMA JÚNIOR, A. A. **Medidas não convencionais de reservação d'água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares**. 2008. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-13032009-093755/>>. Acesso em: 2016-02-26.

O GLOBO. **Extremo e perigo**. Caderno Ciência, p. 26. Edição: 21 jan. 2011.

OSMUNDSON, T..**Roof gardens: history, desing, and construction**. New York: W.W. Norton & Company Ltd., 1999

PARIZOTTO FILHO, S. Telhado vegetado. In: LAMBERS, R. et. al (Org.) **Casa eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico** vol 1. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010, p. 88 – 122. Disponível em: . Acesso em 10 out. 2011.

PBMC, 2013. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

PORTES, K. O. **Reformas urbanas contemporâneas: Um estudo da teoria urbana sustentável e sua aplicabilidade nas cidades brasileiras**. Monografia, UFRJ/ Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2013.

PORTO ALEGRE, Instrução nº 22 de 11 de outubro de 2007. **Visa garantir nos imóveis Área Livre de qualquer intervenção, permeável, passível de**



- SÃO PAULO, Lei municipal nº 16227, de 5 de outubro de 2015. **Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação do "Telhado Verde" nos locais que especifica e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www.radarmunicipal.com.br/legislacao/lei-16277>>. Acesso em 26/02/2016
- SIEBERT, C. "Resiliência Urbana: Planejando as Cidades para Conviver com Fenômenos Climáticos Extremos". **VI Encontro Nacional da Anppas**. Belém – PA, setembro de 2012.
- SILVA, G. J. A. da. **Cidades Sustentáveis: uma nova condição urbana. Estudo de Caso: Cuiabá - MT**. Brasília, Df, 2011. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós Graduação, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- SILVA, G. J. A., ROMERO, M. A. B.. "Novos paradigmas do urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI". **Pluris 2010 – 4º Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável**. Universidade de Algarve, Faro, Portugal. Outubro, 2010.
- SILVA, G. J. A., ROMERO, M. A. B.. **O urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI** (parte 01). *Arquitextos*, São Paulo, 128.03, Vitruvius, Jan 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.128/3724>>. Acesso em: 02/2016.
- TALBERTH, J et. al. **Insights from the Field: Forests for Water**. WRI Issue Brief 9. Washington, DC: World Resources Institute. Disponível em: <[http://pdf.wri.org/insights\\_from\\_the\\_field\\_forests\\_for\\_water.pdf](http://pdf.wri.org/insights_from_the_field_forests_for_water.pdf)> .Acesso em 20/03/2016
- TALBERTH, J., HANSON, C.. 2012. "**Green vs. Gray Infrastructure: When Nature Is Better than Concrete.**" *WRI Insights*. Washington, DC: World Resources Institute. Disponível em: <<http://www.wri.org/news/2012/06/green-vs-gray-infrastructure-when-nature-better-concrete>>. Acesso em 20/03/2016
- TARDIN, Raquel. **ESPAÇOS LIVRES: Sistema e Projeto Territorial**. Rio de Janeiro: Editora 7Letras, 2008
- TCPA, 2012. **Planning for a healthy environment: good practice guidance for green infrastructure and biodiversity**. Londres, Town & Country Planning Association (TCPA) and The Wildlife Trusts. Disponível em:



<<http://www.tcpa.org.uk/pages/planning-for-a-healthy-environment-good-practice-for-green-infrastructure-and-biodiversity.html>> . Acesso em: 21/03/2016

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do .**Desastres naturais: conhecer para prevenir** – São Paulo : Instituto Geológico, 2009.

UM-ISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction. 2004 - **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/657>> . Acesso em: 17/03/2016

UNESCO. **Sea-level Rise and Variability: A summary for policy makers**, 2010.

UNITED KINGDOM, **Flood and Water Management Act 2010**. Disponível em: <<http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2010/29/contents>> . Acesso em 26/02/2016

VASCONCELLOS, A. A. **Infraestrutura Verde Aplicada ao Planejamento da Ocupação Urbana na Bacia Ambiental do Córrego D'Antas, Nova Friburgo – RJ**. Dissertação de M.Sc., PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2011.

VEJA. **A vingança de Gaia**. Entrevista a James Lovelock. 25 de outubro de 2006. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/T2-5SF/Claudio/A%20vingan%E7a%20de%20Gaia.pdf>> Acesso em: 11 de fevereiro de 2016

VIRGILIIS, A. L. C., **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de cheias**. M.Sc. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes - São Paulo, 2009

WERNER, E. “**Resilience in development**”. **Current Directions in Psychological Science**, 4(3):81–85, 1995.

#### **Sites visitados:**

- [http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/qualiverde-o-selo-carioca\\_6590\\_0\\_1](http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/qualiverde-o-selo-carioca_6590_0_1)
- <http://www.capital.sp.gov.br/portal/noticia/6144/#ad-image-0>
- <http://iaf.jusbrasil.com.br/noticias/2727938/iptu-verde-gera-descontos-de-ate-80>
- <https://www.aip.org/history/climate/timeline.htm>
- <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/estante/livro-primavera-silenciosa-rachel-carson-ed-gaia-700826.shtml?func=1&pag=0&fnt=14px>
- <http://www.clubofrome.org/index.php/historia-do-clube-de-roma/>
- [http://www.rio20.gov.br/sobre\\_a\\_rio\\_mais\\_20.html](http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html)
- <https://nacoesunidas.org/cop21/>