



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL**

**INFRAESTRUTURA VERDE COMO MEDIDA DE PREVENÇÃO E
MITIGAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS – ESTUDO DE CASO
MURIAÉ/MG**

Carla Barroso Morcerf

ORIENTADOR: Prof. Dra. Erika Cortines

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Fábio Souto de Almeida

**TRÊS RIOS - RJ
FEVEREIRO - 2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS E DO
AMBIENTE - DCAA**

**INFRAESTRUTURA VERDE COMO MEDIDA DE PREVENÇÃO E
MITIGAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS – ESTUDO DE CASO
MURIAÉ/MG**

Carla Barroso Morcerf

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental,
como requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três
Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**TRÊS RIOS – RJ
FEVEREIRO - 2014**

XXX

XXX Morcerf, Carla Barroso, 2014

Infraestrutura Verde como medida de prevenção e mitigação de desastres naturais – Estudo de Caso Muriaé/MG / Carla Barroso Morcerf. - 2014.

34pag. : grafs., tabs.

Orientadora: Dra. Erika Cortines. Co-orientador Fabio Souto de Almeida
Monografia (graduação) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios.

Bibliografia: pag. 31-34.

1. alagamento – pavimento permeável – escoamento superficial – mitigação de cheias - Brasil – Monografia.

– Brasil – Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto Três Rios. III.

Título: Infraestrutura Verde como medida de prevenção e mitigação de desastres naturais – Estudo de Caso Muriaé/MG



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS E DO AMBIENTE - DCAA**

**INFRAESTRUTURA VERDE COMO MEDIDA DE PREVENÇÃO E
MITIGAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS – ESTUDO DE CASO
MURIAÉ/MG**

Carla Barroso Morcerf

Monografia apresentada ao Curso de Gestão Ambiental como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em 21/02/2014

Banca examinadora:

Prof. Orientador Dr. Erika Cortines

Prof. Co-orientador Dr. Fábio Souto de Almeida

Prof. Dr. Sady Júnior Martins Costa de Menezes

Felipe Perdigão Barbosa

**TRÊS RIOS - RJ
FEVEREIRO – 2014**

Dedicatória

*“Dedico esta monografia ao meu amado filho Thiago e
aos meus amados pais: Carlos e Marcia”*

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado forças em todos os momentos de minha vida.

Agradeço meu filho Thiago pela paciência, carinho, amor e por ter me apoiado e entendido as minhas ausências.

Agradeço aos meus pais, Marcia e Carlos, que foram meus maiores incentivadores e motivadores, amorosos e financiadores do sonho de me formar pela UFRRJ, eles sempre tinham um ombro amigo nas horas de desmotivação.

Agradeço a meus irmãos, Carlos e Paulo, e cunhadas, Stephany e Ludmila, pelo apoio, companheirismo e amizade.

Agradeço as amigas: Paula, Maiarha e Janaína que durante esses 4 anos entenderam a minha ausência e estiveram sempre do meu lado (virtualmente) cheias de palavras de incentivo e amor.

Agradeço o amigo Alexandre Cardoso que foi meu ponto de apoio todos os dias durante o intercambio nos EUA.

Agradeço aos professores da UFRRJ-ITR, em especial a Erika Cortines e Fabio Almeida pela competência, carinho e dedicação ao curso de Gestão Ambiental e alunos.

Agradeço os funcionários da UFRRJ-ITR que me fizeram todos os dias me sentir em casa.

Agradeço os professores da Bowling Green State University, em especial a Holly Mayers, que durante minha graduação sanduiche me ajudou a escolher, entre tantos, o caminho profissional a seguir.

Agradeço a todos que de alguma forma tornaram este sonho realidade, sozinha nada disso seria possível.

Epigrafe

“(...) para o cumprimento de nossa tarefa histórica de mudar o mundo, sei também que os obstáculos não se eternizam.”
(Paulo Freire)

RESUMO

A realidade climática urbana e as mudanças climáticas globais impuseram novos desafios para o administrador público. Desastres naturais e os transtornos advindos das chuvas intensas na área urbana afetam um grande número de brasileiros, uma vez que por volta de 84% da população vive nesses centros. O uso desordenado do solo, a ocupação de áreas de risco, a mudança do albedo da atmosfera das cidades, somados aos processos de urbanização geram aumento do escoamento superficial e criam um ambiente propício a desastres naturais relacionados à chuva. A cidade de Muriaé-MG possui um histórico de enchentes que causam grandes perdas econômicas, sociais e ecológicas. O objetivo deste trabalho foi levantar informações sobre os desastres naturais e suas principais consequências nas áreas urbanas e propor medidas de boas práticas de drenagem para mitigação dos efeitos adversos. Para isso foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os temas de drenagem urbana e infraestrutura verde. Como estudo de caso sobre os principais desastres relacionados à chuva foram analisados os dados dos desastres do período de 2007 a 2013; fornecidos pela Defesa Civil do Município de Muriaé-MG. Após a análise destes dados, os bairros indicados para implantação das infraestruturas verdes foram: José Cirilo, Santana, Barra, São José, Centro, Dornelas, Napoleão, União, Santa Terezinha e Encoberta. O critério de escolha foi a frequência com que foram afetados durante os anos de 2007 a 2013. De acordo com a revisão bibliográfica, as principais medidas de infraestrutura verdes indicadas para mitigação dos efeitos de enchentes foram: alagados construídos, pavimento permeável, espaços para amortecimento das cheias, biovaletas, jardins de chuva e pavimento poroso. Conclui-se que a infraestrutura verde pode auxiliar no equilíbrio do ciclo hidrológico na cidade de Muriaé e agir como uma importante medida de adaptação e mitigação de desastres naturais no âmbito da drenagem urbana.

Palavras-chave: alagamento, pavimento permeável, escoamento superficial, mitigação de cheias.

ABSTRACT

The urban climate and the global climate change put on a new challenge to the government's authority. Environmental disasters and disorders caused by torrential rains in urban areas have an effect on a huge number of Brazilians, once about 84% of the Brazilian people lives in the urban areas. The risk of urban sprawl with non urban plan, residential use of environmental risk areas, the changing in the urban atmosphere, and urban patterns of development that increase the urban runoff led the urban areas to provide environmental disasters caused by torrential rains. The city of Muriaé has a history of flooding which cause huge economic, social and ecological losses. After analysis of official documents from Civil Defense, department of Muriaé City hall, was indicated the neighborhoods José Cirilo, Santana, Barra, São José, Centro, Dornelas, Napoleão, União, Santa Terezinha, and Encoberta to implement green infrastructure, because the frequency of time that they were affected by environmental disasters during the time of 2007 to 2013. The green infrastructures indicated are constructed wetland, pervious pavement, bioswales and rain garden, weakening of floods, porous pavement. The green infrastructure arises as an important tool to the urban adaptation process, as to mitigate environmental disasters, if it combined with urban drainage. In this case the green infrastructure can work to equilibrate the urban hydrological cycle of Muriaé, and consequently avoiding flooding.

Keywords: flood, pervious pavement, runoff, flood mitigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição percentual da população por situação de domicílio no Brasil entre os anos de 1980 a 2010.....	pag.3.
Figura 2 - Esquematização de a) balanço hídrico na presença de cobertura vegetal e em áreas urbanizadas; e b) Hidrograma representando a vazão antes e depois da urbanização.....	pag.7.
Figura 3 – Características das alterações de uma área rural para urbana.....	pag.8.
Figura 4 - - Localização do Município de Muriaé em relação ao estado de Minas Gerais, Brasil, sem escala.....	pag.16.
Figura 5 - Mapa dos Bairros indicados para implementação de infraestrutura verde.....	pag.19.
Figura 6 - Alagado construído.....	pag.26.
Figura 7 - Pavimento permeável.....	pag.27.
Figura 8 - Praça de esportes utilizada durante o período seco e no período de chuva utilizada como espaço para amortecimento de cheias.....	pag.28.
Figura 9 – Biovaleta.....	pag.29.
Figura 10 - Exemplo de jardim de chuva.....	pag.29.
Figura 11 – Pavimento Poroso.....	pag.30.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Principais tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil e seus danos causados à população.pag.5.
- Tabela 2** - Prejuízos financeiros causados pelos desastres naturais relacionados a chuva no período de 2007 a 2013 na cidade de Muriaé-MG.....pag.21.
- Tabela 3** - Bairros de Muriaé que foram citados nos AVADANS e FIDE como afetados por desastres naturais separados por data no período de 2007 a 2013.....pag.21.
- Tabela 4** - Número de cidadãos de Muriaé afetados por desastre ambiental por evento.....pag. 24.
- Tabela 5** - Resultado das simulações de chuva nas superfícies simuladas.....pag.27.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

°C – graus Celsius

AVADAN – Avaliação de danos

ES – Escoamento superficial

FIDE – Formulário de informações de desastre

GEE – Gases de efeito estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de desenvolvimento humano

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

MG – Minas Gerais

mm – milímetros (l/m²)

MUNIC – Pesquisa de informações básicas municipais

ONU – Organização das Nações Unidas = UN – United Nation

PIB - Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	pag.1.
2 - OBJETIVO GERAL	pag.2.
2.1 Objetivos específicos.....	pag.2.
3 - Revisão Bibliográfica	pag.2.
3.1 Mudanças Climáticas.....	pag.2.
3.2 Adaptação do meio urbano.....	pag.3.
3.3 Desastres Naturais.....	pag.4.
3.4 Drenagem urbana.....	pag.11.
3.4.1 Drenagem urbana elementos conceituais.....	pag.12.
3.4.2 Escoamento e condicionantes de projeto.....	pag.14
3.4.3 Infraestrutura verde e Drenagem urbana convencional.....	pag.14.
4 - MATERIAIS E MÉTODOS	pag.15.
4.1 Município escolhido para o estudo de caso.....	pag.15.
4.1.1 Localização geográfica.....	pag.16.
4.1.2 Clima.....	pag.17.
4.1.3 Vegetação.....	pag.17.
4.1.4 Aspectos Físicos Geográficos.....	pag.17.
4.1.5 Urbanização.....	pag.17.
4.2 Levantamento das informações sobre desastres naturais em Muriaé-MG.....	pag.18.
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	pag.18.
5.1 Estudo de caso de Muriaé.....	pag.18.
5.2 Infraestrutura verde.....	pag.25.
5.2.1 Alagado Construído.....	pag.26.
5.2.2 Pavimento Permeável.....	pag.26.
5.2.3 Espaços para amortecimento.....	pag.28.
5.2.4 Biovaleta e Jardim de Chuva.....	pag.28.
5.2.5 Pavimento Poroso.....	pag.30.
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	pag.30.
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	pag.31.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, vemos a necessidade de adaptar as cidades à nova realidade climática urbana, influenciada pelo efeito de ilha de calor e mudanças climáticas. “A adaptação refere-se a ajustes em sistemas ecológicos, sociais ou econômicos, em resposta a estímulos reais ou esperados e seus efeitos ou impactos. Refere-se a mudanças de processos, práticas e estruturas para moderar danos potenciais ou para obter benefício das oportunidades associadas às mudanças climáticas” (IPCC, 2001).

Nas últimas quatro décadas aumentou a preocupação em se discutir e propor diretrizes para proteção do meio ambiente, biomas, fauna, flora, recursos hídricos e atmosfera. A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano em Estocolmo em 1972, os estados e governos começaram a se preocupar com a questão ecológica e implementaram leis para a preservação e uso sustentável dos recursos naturais. Isso só aconteceu porque o homem começou a sentir no seu dia a dia as consequências da degradação ambiental, como a escassez de recursos naturais. A partir desse momento, tomou-se a premissa de que um ecossistema degradado pode interferir no funcionamento do planeta, causando danos ao homem e pondo em risco a qualidade de vida das gerações futuras. Na conferência, chegou-se a conclusão de que deve haver uma adequação das relações do homem com o meio ambiente para que estas causem menos distúrbios ao meio em que estão inseridas, evitando perdas econômicas, ecológicas e sociais.

Diversas estratégias têm sido propostas para minimizar a degradação do meio ambiente e perda de diversidade biológica. As ações propostas têm se concentrado na diminuição da emissão de gases e resíduos poluentes advindos de atividades industriais e na criação de unidades de conservação da natureza. Por outro lado, o planejamento das áreas urbanas com vistas a minimizar impactos ambientais, muitas vezes, tem sido negligenciado. Inúmeros são os casos de desastres naturais que ocorrem em áreas urbanas e que ocasionaram sérios danos ao meio biótico e socioeconômico. Entre esses desastres, os relacionados aos eventos de precipitação intensa estão entre os mais graves, porém, podem ser minimizados através de boas práticas de drenagem.

O município de Muriaé-MG apresenta um histórico de desastres naturais frequentes e é uma das 300 cidades que integram o cadastro nacional de municípios suscetíveis a desastres naturais elaborado pelo Governo Federal. Neste sentido, o município foi escolhido como

estudo de caso para compilação das informações sobre os desastres naturais e proposição das infraestruturas verdes como medida de prevenção e mitigação desses desastres.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi levantar informações sobre os desastres naturais e suas principais consequências nas áreas urbanas e propor medidas de boas práticas de drenagem para mitigação dos efeitos adversos.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar informações presentes no banco de dados da prefeitura de Muriaé-MG sobre os desastres naturais ocorridos no município no período de 2007 a 2013.
- Propor medidas de boas práticas de drenagem urbana, por meio de revisão de literatura, exemplificando as infraestruturas verdes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2001) a temperatura observada no mundo aumentou 0,5 °C nos últimos 40 anos. As mudanças climáticas podem afetar o suprimento de alimentos e água em todo o mundo, causar desequilíbrios em ecossistemas e colocar em risco a saúde, o bem estar e segurança do homem, uma vez que ela propicia o aumento de eventos extremos, como chuvas intensas, secas e o aumento do frio ou calor, conforme as características climáticas da região. Os eventos climáticos extremos são conhecidos pela humanidade, mas “como resultado das mudanças climáticas provocada pelo homem, a frequência dos eventos climáticos extremos aumentou, tanto em termos de quantidade quanto de intensidade.” (MARENGO *et al.*, 2009).

Algumas das consequências das mudanças climáticas já sentidas pelo homem conforme o IPCC (2001), são: aumento médio da temperatura mundial; aumento do número de mortos por frio ou calor severos; aumento do nível do mar; secas; desertificação; poluição

do ar; escassez e poluição da água; mudanças na distribuição da chuva; e também o aumento de enchentes.

Para enfrentar as mudanças climáticas o homem terá que repensar as cidades, procurando um desenvolvimento sustentável na área urbana. Além de proteger o meio ambiente natural, é necessário empreender esforços em estudos e ações que possam tornar as cidades menos susceptíveis aos desastres naturais. Deve-se repensar a estrutura típica das cidades, visando diminuir os impactos negativos, buscando um balanço climático local para proteger a integridade física dos cidadãos e prover bem estar.

3.2 ADAPTAÇÃO DO MEIO URBANO

A necessidade de se repensar as cidades vem aumentando, uma vez que o número de pessoas que estão se alojando nas áreas urbanas é crescente. A Organização das Nações Unidas (ONU) alerta na Conferência Rio+20 no ano de 2010 que o risco de perda de vidas e de danos materiais provocados por desastres naturais está crescendo no planeta,

Em 2010, cerca de 3,5 bilhões de pessoas no mundo inteiro viviam em centros urbanos, isso representa metade da população mundial, e este número está crescendo rápido (ONU, 2010). No Brasil o número de pessoas que vivem nas áreas urbanas é ainda maior que a média mundial. O censo da população brasileira, promovido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, constatou que apenas 15,65 % da população brasileira vivem nas áreas rurais, contra 18,75 % em 2000 (Figura 1).

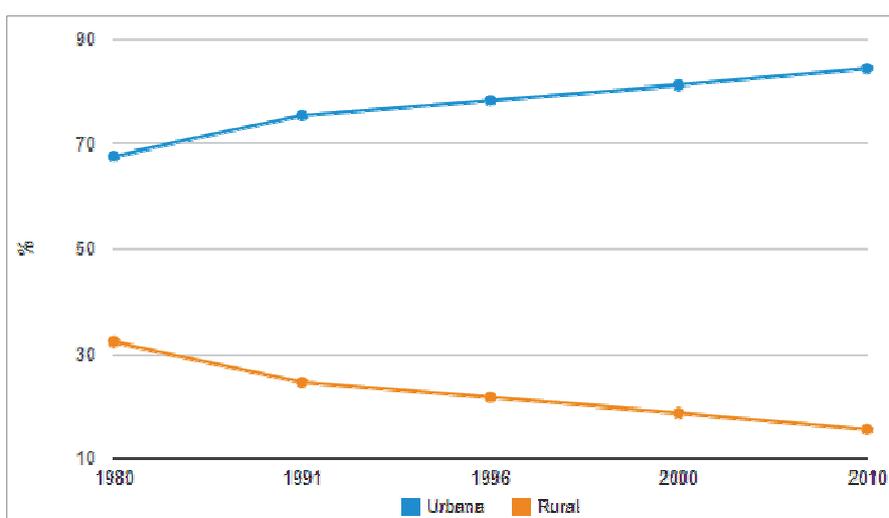


Figura 1 - Distribuição percentual da população por situação de domicílio no Brasil entre os anos de 1980 a 2010. Fonte: IBGE, Censo Demográfico 1980, 1991, 1996, 2000, 2010 e contagem da população 1996.

Só será possível chegar a um desenvolvimento sustentável nas cidades implementando medidas adaptadoras e mitigadoras dos impactos causados pela urbanização. “A adaptação refere-se a ajustes em sistemas ecológicos, sociais ou econômicos, em resposta a estímulos reais ou esperados e seus efeitos ou impactos” (IPCC, 2001) e “Mitigação é o esforço para reduzir a perda de vidas e propriedades, diminuindo o impacto dos desastres. Mitigação é agir antes do próximo desastre para reduzir perdas de vidas e perdas financeiras mais tarde” (FEMA, 2013).

Comunidades em todo o mundo vêm pagando um alto preço pelos padrões de desenvolvimento urbano e econômico escolhidos, ou muitas vezes pela falta destes padrões. A maioria das cidades não foi construída pensando e respeitando a relação entre as propriedades térmicas, geográficas e geomorfológicas locais. Além disso, sua estrutura não favorece o ciclo hidrológico causando ruptura no equilíbrio microclimático local.

3.3 DESASTRES NATURAIS

Desastre natural pode ser entendido como:

“o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade, envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios” (Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, 2012).

“No nosso país, os desastres naturais tendem a estar relacionados aos fenômenos climáticos, potencializados pela ação do homem” (SANTOS, 2007). O aumento da quantidade e intensidade do escoamento superficial é um dos fatores decisivos para o desencadeamento de muitos desastres naturais como inundações e movimentos de massa/deslizamentos. Esses desastres causam enormes prejuízos sociais e econômicos no Brasil.

Segundo o Anuário Brasileiro de Desastres Naturais (2012) existem quatro desastres naturais relacionados à chuva: alagamento, enxurrada, inundação, movimentos de massa/deslizamento.

“Alagamento é resultado da combinação de precipitações intensas e consequente geração de elevados escoamentos superficiais, com a superação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana. Enxurradas são desastres associados a escoamento superficial de alta velocidade e energia, desencadeado por chuvas intensas e concentradas, frequentes em regiões acidentadas e bacias hidrográficas de dimensões reduzidas. Inundação é um evento geralmente ocasionado por chuvas prolongadas, em áreas mais planas e em fundos de vale. Os movimentos de massa/deslizamento são conceituados como rupturas de solo/rocha” (Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, 2012).

A Tabela 1 apresenta os principais tipos de desastres naturais relacionados à chuva e respectivas consequências para a população no ano de 2012 (Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, 2012).

Tabela 1 – Principais tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil e seus danos causados à população. Fonte: Anuário Brasileiro de Desastres Naturais, 2012.

Tipos de Desastres	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Afetados
Alagamentos	5	6	6	1.048	954	0	24.581
Enxurrada	26	6.580	14.318	49.769	262.851	2	1.856.359
Inundação	14	2.409	10.665	52.041	216.349	2	5.185.018
Movimentos de Massa	26	10	2	1.129	2.801	0	123.555
Total	71	9.005	24.991	103.987	482.955	4	7.189.513

Nas cidades, três fatores influenciam diretamente no aumento dos desastres naturais relacionados às chuvas, são eles: a) a impermeabilização do solo e modificação do ciclo hidrológico; b) a modificação do albedo da atmosfera através da emissão de gases de efeito estufa (GEE) concentrando altos índices pluviométricos em curtos períodos de tempo; e c) a ocupação desordenada, o uso não planejado do solo e a concentração da população em áreas de risco.

a) Impermeabilização do solo urbano e modificação do ciclo hidrológico

Ciclo hidrológico é “o movimento cíclico da água – do oceano para atmosfera pela evaporação, de volta para a superfície por meio da chuva e, então, para os rios e aquíferos por meio da infiltração e do escoamento superficial, retornando aos oceanos” (PRESS *et al.*, 2006).

Em uma área de mata, as árvores interceptam a precipitação e retêm parte da água nas folhas, galhos e troncos, água esta que evapora novamente para a atmosfera. Esta evaporação somada a transpiração das plantas representam 40% da precipitação. Do restante, 50% chegam até o lençol freático através da infiltração/percolação e cerca de 10% escoam superficialmente.

A impermeabilização do solo nas áreas urbanas é caracterizada pela substituição da cobertura natural do solo por ruas, vias públicas, calçadas, edifícios e casas. A “impermeabilização do solo é efeito direto da urbanização, o que gera impacto significativo sobre o escoamento das águas pluviais na bacia” (JUSTINO *et al.*, 2011). Numa área urbana em que é substituída a cobertura natural por áreas construídas, além do aumento do escoamento superficial, a pavimentação das ruas e a modificação da topografia, como aterros e desaterros para nivelamento dos terrenos, criam caminhos propícios para o aumento da velocidade do escoamento superficial, pois retiram do caminho da água obstáculos naturais (Figura 2) causando o aumento do pico de cheia e volume de água se comparado a uma área rural (Figura 2).

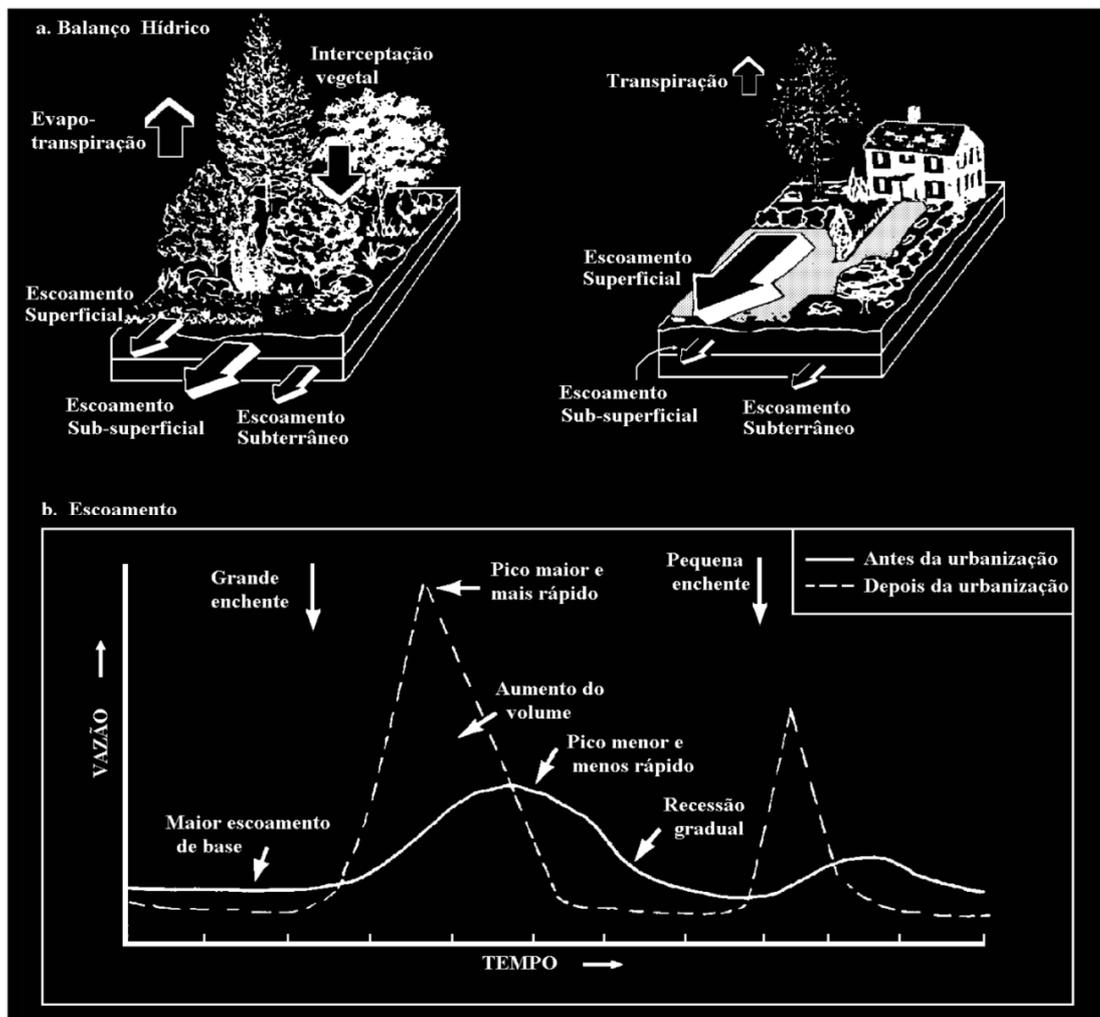


Figura 2 - Esquemática de a) balanço hídrico na presença de cobertura vegetal e em áreas urbanizadas; e b) Hidrograma representando a vazão antes e depois da urbanização (SCHUELLER, 1987).

Segundo Ayoade (2002), "a alteração das superfícies naturais cobertas de vegetação, substituindo-as por superfícies artificiais que tenham albedo, grau de rugosidade, propriedades térmicas e hidrológicas diferentes" são alguns dos fatores que causam as mudanças climáticas nas cidades e conseqüentemente os desastres naturais.

Canholi (2005) cita como causas das inundações urbanas a quase total impermeabilização dos solos e a ineficiência dos sistemas de drenagem de águas pluviais; e entre outros o acúmulo de lixo.

Na área urbana, a área sujeita a alagamento aumenta significativamente a área do leito maior com relação a área rural (Figura 3).

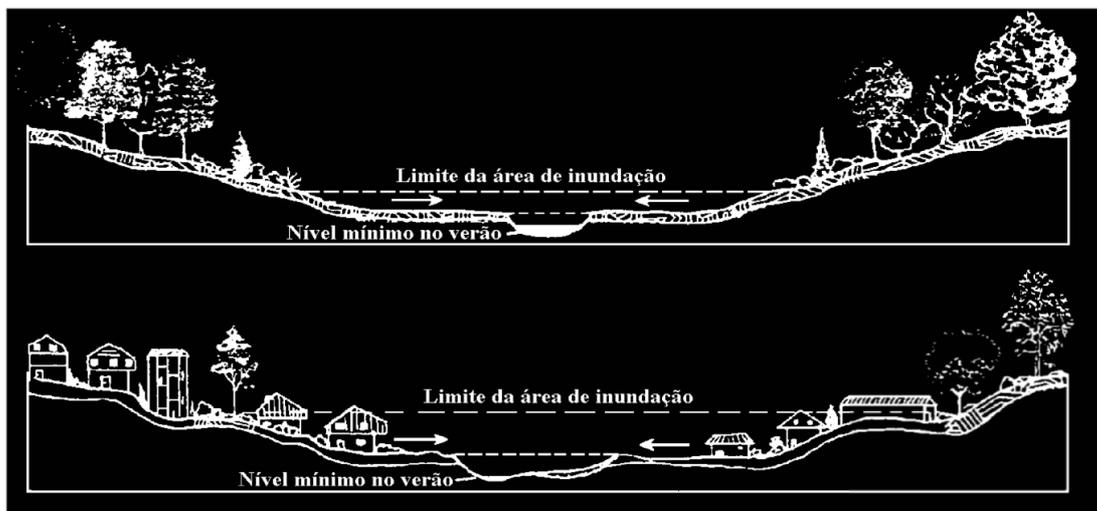


Figura 3 - Modelo representativo das alterações do leito do rio de uma área rural para urbana (SCHUELER, 1987).

O leito menor corresponde a parte onde a água escoar a maior parte do tempo; e o leito maior corresponde às áreas adjacentes ao leito menor que se inundam em média a cada dois anos (SCHUELER, 1987).

Na área urbana a área de alagamento torna-se maior devido ao maior escoamento superficial e maior quantidade e intensidades das chuvas. “Das fases do ciclo hidrológico, um dos componentes mais importantes para dimensionamentos hidráulicos e manejo da bacia hidrográfica é o escoamento superficial” (Justino *et al.*, 2011).

Na tentativa de regulamentar o crescimento das cidades a Lei nº 10.257 determina as diretrizes gerais da política urbana e no artigo 40 estabelece que “o plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana”.

É assegurado pela mesma lei no artigo 40 § 2º que “o plano diretor deverá englobar o território do Município como um todo”, dizemos também que em relação à drenagem urbana devemos levar em conta toda a bacia hidrográfica que a cidade está inserida, e as autoridades públicas não devem poupar esforços para procurar dar a este documento uma abordagem regional para buscar o desenvolvimento sustentável da cidade. É de extrema importância a inclusão de leis que beneficiem a construção de infraestruturas que reduzam a impermeabilização do solo, favorecendo a infiltração local em áreas já urbanizadas.

b) A modificação do albedo da atmosfera através da emissão de GEE

O maior impacto do homem sobre o clima acontece nas áreas urbanas (AYOADE, 2002), o homem tem exercido uma pressão tão grande que altera a composição química da atmosfera na área urbana através de emissão de GEE como dióxido de enxofre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ozônio e partículas sólidas.

A geometria das construções e a impermeabilização do solo removendo e substituindo pântanos, áreas de mata ciliar e várzeas por asfalto, ruas pavimentadas, prédios, praças e calçadas, construção de represas, aterros e canalização de rios “alteram as propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, assim como seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização e industrialização” (AYOADE, 2002) fazendo com que as temperaturas no meio urbano sejam de 3 °C a 10 °C maior que a área rural que a circunda.

As alterações no meio trazem sérias implicações para o ambiente urbano, além do aumento da temperatura, vemos também alterações no regime das chuvas devido à alteração no albedo da atmosfera na área urbana: a precipitação total na área urbana aumenta em relação à área rural de 5 a 10% e os dias de chuva com cinco mm aumentam em 10% ou mais (LANDSBERG, 1970), esses fatores aliados à estimativa que nas áreas urbanas é gerado um escoamento superficial cinco vezes maior que em uma área arborizada de mesmo tamanho (EPA, 2003) geram consequentemente um aumento na quantidade e intensidade das enchentes ou enxurradas nas cidades.

Um agravante segundo Marengo *et al.* (2009) é que, devido as mudanças climáticas, as projeções indicam que as chuvas tenderão a aumentar no oeste da Amazônia, Sul e Sudeste do Brasil por volta de 2020.

É necessário que os governantes tenham uma postura de precaução e adotem medidas que busquem equilibrar o ciclo hidrológico local favorecendo a infiltração, consequentemente diminuindo o escoamento superficial, evitando alagamentos, enxurradas e movimentos de massa/deslizamento.

c) Ocupação desordenada e uso não planejado do solo

O Brasil possui por volta de 84% da sua população na área urbana. O crescimento e êxodo rural para as áreas urbanas teve início na década de 50 e maior movimentação na década de 60, sendo o destino mais procurado a região Sudeste, que possuía uma taxa de

industrialização maior, uma vez que ela já possuía a infraestrutura deixada pelo cultivo de café no século XIX, como estradas para escoamento da produção e sistemas de comunicação favorecendo a instalação das indústrias na região.

Dados do Censo 2010 indicam que a região Sudeste, que é formada pelos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, possui a maior densidade populacional do país, concentrando 42% da população brasileira e produzindo cerca de 56,4% do PIB nacional.

Este forte desenvolvimento econômico conduziu a região Sudeste a degradações ambientais que culminaram no desmatamento de 76% da Mata Atlântica original (Atlas, 2011), que foi substituída por cidades, plantações agrícolas, atividades de pecuária e indústrias. “De acordo com as informações obtidas pela MUNIC, processos como deslizamento de encostas, inundações e erosão estão fortemente associados a degradação de áreas frágeis, potencializadas pelo desmatamento e ocupação irregular” (SANTOS, 2007).

A maioria das cidades no Sudeste foram construídas ao longo dos rios, possuindo grande densidade demográfica nas suas margens. A falta de planejamento urbano e infraestrutura para receber o fluxo do êxodo rural contribuiu para a população se instalar em áreas de risco como terrenos com alta declividade, áreas úmidas e are alagáveis.

Essas ocupações são muitas vezes ilegais, uma vez que o controle e fiscalização atuante são insuficientes para coibir estes atos. “Várias cidades no Brasil apresentam condições urbanísticas precárias, na qual vem ocorrendo ocupações em áreas de encostas e margens de rios, tornando vulneráveis a evento de grandes impactos” (BARBOSA *et al.*, 2011).

Além do risco de perdas econômicas e sociais “é estabelecida uma situação de ilegalidade que coloca a comunidade em condições de inferioridade na discussão dos seus direitos” (BARBOSA *et al.*, 2011). Essa população fica sujeita a desastres naturais como alagamentos, enxurradas, inundações e movimentação de massa/deslizamentos e sem voz para exigir das autoridades públicas projetos de infraestrutura que visem a sua segurança.

Cabe ao Estado propor ações preventivas diante de situações de risco à sociedade por meio de políticas públicas. É necessário que o poder público em todas as esferas, principalmente os governos municipais, intervenham implementando políticas públicas que beneficiem o planejamento urbano, a redução de emissões de gases de efeito estufa e medidas que adaptem as cidades à nova realidade climática e urbana e as preparem para trazer ao cidadão conforto, segurança e bem estar, aliando assim as interações do meio ambiente construído com as propriedades térmicas, hidrológicas, geomorfológicas e geográficas locais.

O “relativo impacto de um desastre ambiental em áreas urbanas depende do tamanho da cidade, localização geográfica, densidade populacional, tipo de evento e vulnerabilidade” (KREIMER, 1992), assim é importante que as Políticas Públicas sejam baseadas e norteadas por estudos científicos e específicos locais, procurando medidas que melhor se adaptem a realidade vivida pela comunidade em questão, uma vez que cada área possui suas próprias características morfológicas, climáticas, uso e ocupação do solo, densidade populacional, tamanho da cidade, geográficas, topográficas e desastres naturais peculiares; e assim regionalmente traçar as medidas de adaptação e mitigação dos desastres naturais.

Tendo em vista a prevenção e mitigação dos desastres naturais urbanos causados pelas chuvas intensas, temos a necessidade de adaptar as cidades e promover o ciclo hidrológico local, minimizando assim os efeitos negativos causados pelas mudanças climáticas e as chuvas intensas. Isso poderá ser realizado através da priorização de políticas públicas e investimento em obras de infraestrutura para prevenir e mitigar desastres naturais pelos governos locais, estaduais e federais.

Os centros urbanos e as mudanças climáticas compõem a nova realidade enfrentada, pois as mudanças climáticas representam uma séria ameaça para a civilização humana, mas oferece também oportunidades para criarmos um mundo melhor. As chuvas intensas e seus desastres naturais não são mais eventos esporádicos uma vez que em 2012 atingiram 7.189.513 (Tabela 1) de pessoas no Brasil.

A melhoria das condições de drenagem/infiltração na área urbana pode minimizar os transbordamentos de calha e enxurradas aumentando o tempo que o rio leva para encher, dando mais tempo para os moradores evacuarem suas casas, podendo assim salvar vidas e reduzir o tamanho da área inundada. Estes aspectos podem ser melhorados por meio da implantação de um sistema integrado de alarmes para eventos críticos que dependem de pontos de monitoramentos climáticos e fluviais.

3.4 DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana é conceituada muitas vezes como “o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais” (FEAM, 2006). No passado as políticas de drenagem urbana no Brasil invariavelmente impermeabilizavam o caminho da água drenada impossibilitando a infiltração da água pelo solo, desequilibrando o ciclo hidrológico local, e eram desenvolvidas com o objetivo de drenar o escoamento superficial e canalizar a água utilizando sarjetas, bocas

coletoras, galerias, condutos de ligação, galerias e caixas de ligação o que aumenta a velocidade e quantidade de água de chuva que chegam aos corpos d'água. Assim até mesmo chuvas pequenas ou médias podem causar transtornos nos centros urbanos.

“Esse tipo de solução acaba transferindo para jusante o aumento do escoamento superficial com maior velocidade, já que o tempo de deslocamento do escoamento é menor que nas condições preexistentes. Dessa forma, acaba provocando inundações nos troncos principais ou na macrodrenagem” (TUCCI & BERTONI, 2003).

Nos grandes centros urbanos as árvores são suprimidas e o solo natural permeável e poroso é substituído por superfícies impermeáveis. As superfícies impermeáveis e os sistemas de coleta de drenagem não só aumentam o escoamento superficial como a sua velocidade, retirando do seu caminho qualquer obstáculo e obstrução natural. Potencializando a força da água e tornando-a mais destrutiva a jusante.

“O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento” (BARBOSA *et al.*, 2011) culminando em pontos de alagamentos nos centros urbanos.

No caminho essa água que escoar pela área urbana carrega uma gama de poluentes como óleos, metais pesados, fertilizantes e resíduos sólidos e líquidos advindos das áreas rurais próximas, áreas industriais e urbanas que são conduzidos diretamente para os corpos d'água.

A drenagem urbana convencional possui “como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta a ordem de magnitude da vazão máxima, a frequência e o nível de inundação a jusante” (PORTO ALEGRE, 2005). Esse velho pensamento deve ser substituído por uma drenagem urbana que foque o desenvolvimento sustentável da área urbana através da infraestrutura verde.

3.4.1 Drenagem urbana elementos conceituais

As medidas de controle da drenagem urbana conforme TUCCI & BERTONI (2003) devem ser classificadas como: na fonte, microdrenagem e macrodrenagem.

“Na fonte é definida pelo escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado, estacionamentos, parques e passeios” (TUCCI & BERTONI, 2003), ou seja: aonde a água da chuva cai no primeiro instante.

“Microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana” (TUCCI & BERTONI, 2003).

“Macro-drenagem: envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem envolve áreas de pelo menos 2 km² ou 200 ha.” (TUCCI & BERTONI, 2003), ou seja: a macrodrenagem é responsável pelo escoamento final advindas da microdrenagem. São representados pelos fundos de vale e cursos d’água, por exemplo.

Os sistemas de drenagem urbana tem por finalidade o “controle da quantidade de água no escoamento superficial e são sistemas preventivos de inundações principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais aos cursos d’água” (FEAM, 2006), portanto são um importante instrumento de prevenção e mitigação de desastres naturais e deve ser inserido nos planos diretores de cidades com risco de desastres naturais como citado na lei 12.608/12:

“Art. 42-A. Além do conteúdo previsto no art. 42, o plano diretor dos Municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter:

(...) IV - medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres;(...)”

Vale lembrar também que um dos princípios fundamentais do Saneamento Básico, Lei nº 11.445/07 no Art. 2º inciso IV versa sobre a “*disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado*”.

O estatuto das cidades, Lei 10.257/01, versa:

“Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações.”

3.4.2 Escoamento e condicionantes de projeto

A drenagem urbana deve ser vista de uma forma holística uma vez que o escoamento e condicionantes de projetos dependem da bacia hidrográfica e suas características geológicas, geomorfológicas e de relevo e é dinâmica, pois a ocupação e uso do solo a montante ou a jusante da área urbana, por exemplo, uma ponte ou reservatório, pode interferir no escoamento a montante e vice e versa.

“O risco adotado para um projeto define a dimensão dos investimentos envolvidos e a segurança quanto às enchentes” (PORTO ALEGRE, 2005) e deve ser calculado utilizando as séries históricas, comparando-as com os últimos eventos, colocando na conta a influência dos processos de urbanização e a população futura estimada.

As medidas para controle da drenagem urbana podem ser divididas em estruturais e não estruturais. As medidas estruturais geralmente envolvem obras de engenharia, modificando o sistema fluvial e as medidas não estruturais estão incluídas em projetos de planejamento e zoneamento urbano, seguro de enchente, previsão e alerta de inundações e infraestrutura verde. “Em Denver (Estados Unidos), em 1972, o custo de proteção por medidas estruturais de um quarto da área era equivalente ao de medidas não estruturais para proteger os restantes três quartos da área inundável” citado por TUCCI & BERTONI (2003).

3.4.3 Infraestrutura verde e drenagem urbana convencional

Um dos objetivos deste trabalho é disseminar a infraestrutura verde como medida adaptadora e mitigadora de desastres naturais, vale ressaltar que as medidas convencionais são necessárias e não é objetivo deste trabalho descaracterizar e desvalorizar a importância dos sistemas de captação/coleta das águas pluviais na área urbana, uma vez que os processos de urbanização criam taxas maiores de escoamento superficial, é extremamente necessário para a segurança dos cidadãos que esse escoamento tenha caminhos para chegar aos corpos d'água.

Os sistemas de captação/coleta de água pluvial são caminhos alternativos para a água que antes seria infiltrada pelo solo e agora se transforma em escoamento superficial. Cidades sem sistemas de captação/coleta, rotineiramente, teriam problemas trazidos até mesmo por pequenas precipitações devido aos processos de urbanização.

Em lugares propícios a chuvas intensas, anomalias climatológicas e chuvas intensas, vemos que o sistema de captação/coleta hoje se mostram ineficientes no papel de escoar a

água pluvial em boa parte das cidades brasileiras, seja pela maior vazão em casos extremos ou por ineficiência dos sistemas atuais, talvez subestimados para a demanda atual.

A infraestrutura verde possui medidas que interceptam a água na fonte e evita que elas cheguem a microdrenagem diminuindo a velocidade e quantidade de chuva que chega aos corpos d'água reduzindo a necessidade de obras para ampliação e expansão da capacidade dos sistemas de microdrenagem.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram levantados dados bibliográficos sobre infraestrutura verde como medida de adaptação e mitigação de desastres naturais. Os temas abordados na revisão foram: drenagem urbana convencional; e os processos que levam as áreas urbanas a se tornarem ambientes propícios a desastres naturais relacionados à chuva.

A área escolhida como estudo de caso foi a área urbana da cidade de Muriaé, estado de Minas gerais, uma vez que a cidade possui um histórico frequente de enchentes. Foram analisados os Documentos de Avaliação de Danos (AVADANS) e Formulário de Informação de Desastre (FIDE) da cidade de Muriaé do período de 2007 a 2013. Estes documentos apresentam informações sobre desastres naturais relacionados a chuvas e foram disponibilizados pela Defesa Civil de Muriaé.

Esses documentos são confeccionados pela defesa civil de cidades que foram acometidas por desastres naturais e é enviado para a Defesa Civil do Estado para compilação. Os dados ajudam a formular a logística humanitária de ajuda aos afetados pelo desastre, planejar os futuros auxílios econômicos para o setor público e projetos para que a cidade volte a sua normalidade.

Os dados foram tabulados e analisados segundo os danos econômicos, sociais, ambientais e públicos. A seleção dos bairros indicados para implantação de infraestrutura verde foi feita de acordo com a frequência em que ele foi citado (no AVADANS e FIDE) como bairro afetado pelos efeitos da chuva.

4.1 MUNICÍPIO ESCOLHIDO PARA O ESTUDO DE CASO

Conforme analisado nos documento cedidos pela prefeitura de Muriaé a cidade possui atualmente 100.861 habitantes com PIB anual de R\$ 1.000.000.000,00 e IDH de 0,734,

considerado alto; o orçamento anual está em ascensão, subindo de R\$ 96.844.500,00 em 2007 para R\$ 255.162.645,62 em 2013.

Muriaé é uma das cidades polo da mesorregião da Zona da Mata Mineira e as principais atividades econômicas são a produção agropecuária e a indústria de moda. O turismo ecológico é marcante na região, principalmente em áreas de preservação natural e parques naturais conforme informações da Prefeitura Municipal.

“A cidade registra históricos de inundações em consequência de transbordamentos recorrentes do Rio Muriaé” (JUNIOR & DE SOUZA, 2010), e grande parte de sua população é constantemente atingida pelos danos ambientais causados pelas chuvas.

4.1.1 Localização Geográfica

O município de Muriaé está localizado entre as coordenadas 21° 07' 50" Latitude Sul e 42° 21' 59" Longitude Oeste (Figura 4) na mesorregião da Zona da Mata Mineira.

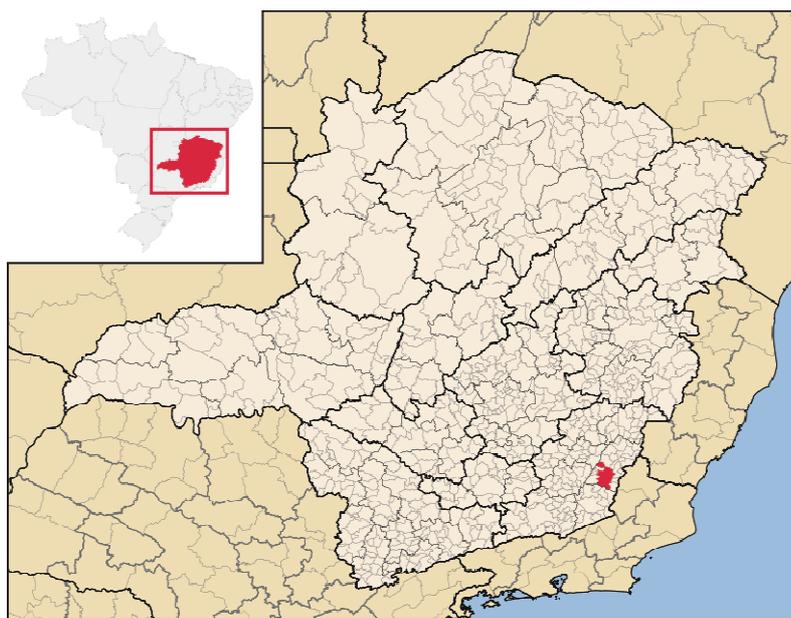


Figura 4 - Localização do Município de Muriaé em relação ao estado de Minas Gerais, Brasil, sem escala (Wikipédia).

A cidade está totalmente inserida na Bacia do Rio Paraíba do Sul e na sub-bacia do Rio Muriaé, “a altitude média da sede é de 198,0 m metros sendo que ao longo do município esta pode variar entre 180,0 m e 400,0 m, no entorno da sede urbana, com as maiores cotas ocorrendo a 1580,0 metros no pico do Itajuru no distrito de Belisário” (JUNIOR & DE SOUZA, 2010).

4.1.2 Clima

O clima na região é tropical com inverno seco e verão quente e úmido, os meses de dezembro e janeiro são os meses mais propícios a chuvas torrenciais e conseqüentemente a ocorrência de desastres naturais como enchentes, alagamentos, enxurradas e movimentação de massa. Possui temperatura média anual em torno de 23,5 °C e média máxima de 31 °C e média mínima 18,2 °C.

4.1.3 Vegetação

Por ser uma região com forte atividade cafeeira e agropecuária possui em sua paisagem pastagens, áreas de cultivo de café e fragmentos remanescentes da Mata Atlântica. Conforme o Atlas (2011), Muriaé possui território de 85.911 hectares e 7.789 hectares de remanescentes florestais da Mata Atlântica.

4.1.4 Aspectos Físicos Geográficos

“As unidades litológicas presentes na região do município de Muriaé são àquelas do Complexo Juiz de Fora, composto basicamente de Granulitos, Charnockitos e Milonitos, que representam os granitóides neoproterozóicos da denominada Suíte Muriaé. Estes por sua vez encontram-se inscritos no Complexo Paraíba do Sul (Migmatitos e Biotita Gnaisses)” (JUNIOR & DE SOUZA, 2010 pag. 14).

O solo da região é predominantemente o latossolo vermelho-amarelo, em alguns trechos cambissolo e trechos menores ainda, principalmente nas planícies de inundação é o Podzólico (GUERRA, 2011).

4.1.5 Urbanização

A área urbana se desenvolveu a partir das margens e várzeas do Rio Muriaé e leito de córregos e possui forte ocupação residencial nas margens do rio e córregos e em encostas. O curso do Rio Muriaé na área urbana possui alguns aterros como na área da sede da Prefeitura municipal e canalizações ao longo do seu percurso.

4.2 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES NATURAIS EM MURIAÉ-MG

Os dados referentes aos desastres naturais no município de Muriaé-MG foram obtidos junto a Defesa Civil do município e foram disponibilizados em arquivos digitais referentes aos anos de 2007 a 2013. Os demais anos não apresentaram registros sejam digitais/papel pela Prefeitura de Muriaé. Os dados foram obtidos através dos AVADANs e FIDEs fornecidos pela Defesa Civil de Muriaé.

5. RESULTADOS

5.1. ESTUDO DE CASO DE MURIAÉ

Os dados relacionados aos desastres naturais no município de Muriaé, indicaram a ocorrência de vários eventos no período avaliado. Foram registrados sete ocorrências de desastres naturais relacionados à chuva na área urbana de Muriaé, sendo que 6 foram considerados de grande porte e a cidade entrou em estado de Emergência por 11 vezes durante o período analisado. Estado de emergência é decretado quando o município não é capaz de voltar a normalidade sem o auxílio das outras esferas de governo.

Os prejuízos financeiros neste período foram da ordem de R\$554.816.493,00 e 59 bairros da cidade foram afetados por alagamentos, inundações, enxurradas e/ou movimentos de massa/deslizamento, um número expressivo uma vez que a estimativa de bairros na cidade é de aproximadamente 65 bairros.

Os bairros José Cirilo, Santana, Barra, São José e Centro foram citados como afetados em todos os sete desastres, e os bairros Dornelas, Napoleão, União, Santa Terezinha e Encoberta foram citados em seis dos sete desastres analisados no período de 2007 a 2013. Estes bairros foram selecionados pela frequência em que foi afetado por desastre ambiental e indicados para implementação de infraestrutura verde (figura 5).

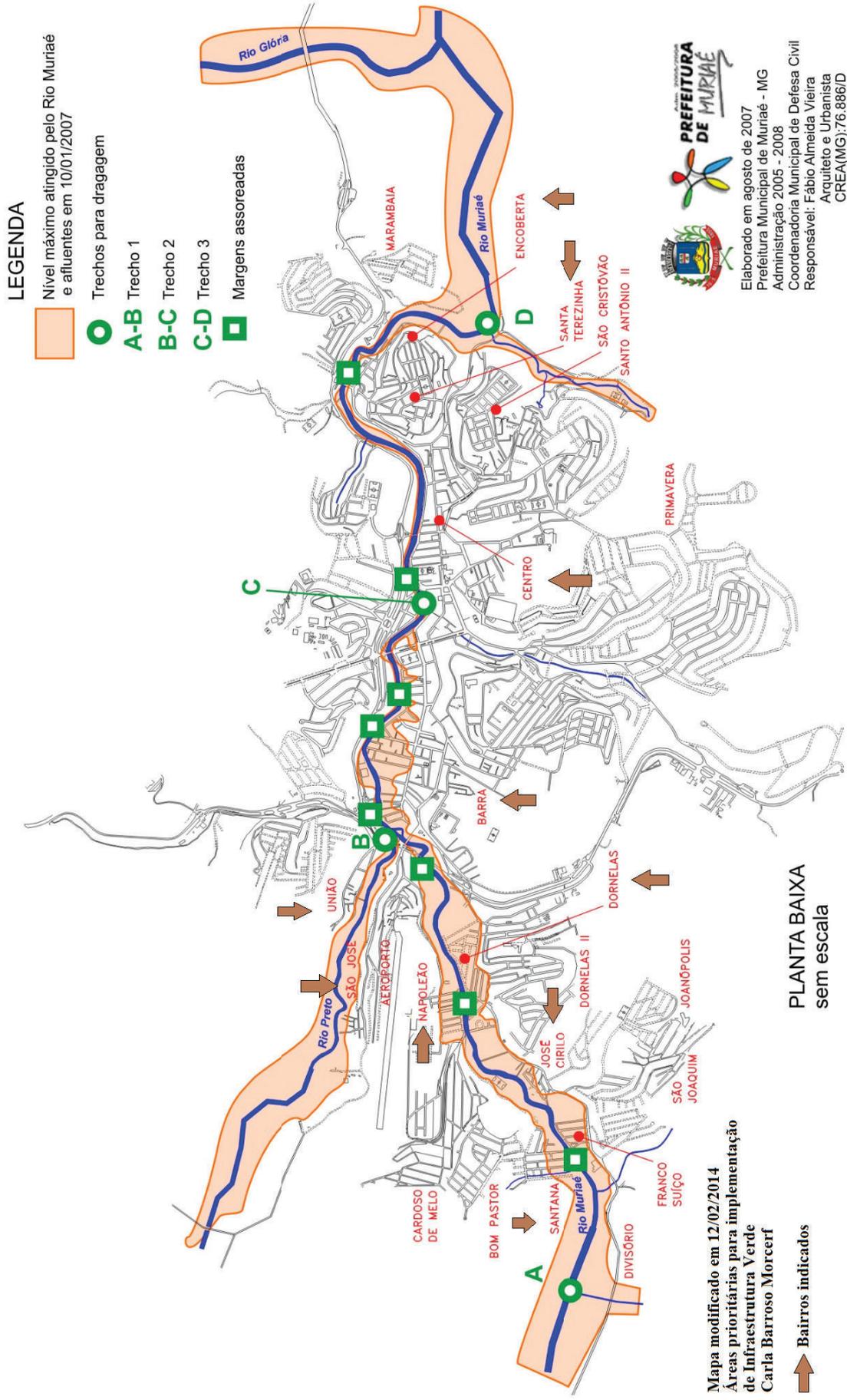


Figura 5 - Mapa dos bairros indicados para implantação de infraestrutura verde como forma de mitigar o efeito das enchentes no município de Muriaé, MG. Modificado de: Prefeitura Municipal de Muriaé, 2007.

Toda a população foi indiretamente afetada no desastre de 22 de dezembro de 2013 e 70.000 habitantes foram diretamente afetados nos desastres de 29 de dezembro de 2011, 02 e 31 de janeiro de 2012, um número expressivo que mostra a fragilidade da cidade frente a cheias do Rio Muriaé.

Segue abaixo uma descrição das causas e efeitos dos desastres naturais causados pelas chuvas intensas na cidade de Muriaé ocorridos entre 2007 e 2013 baseados nas informações dos AVADANS (2007/2012) e FIDE (2013) disponibilizados pela Defesa Civil da Cidade de Muriaé.

Em 10 de janeiro de 2007 após intensas precipitações pluviométricas na região ocorreu o rompimento de uma barragem de rejeitos de lavagem de bauxita no município de Mirai, cidade a montante de Muriaé, jogando cerca de 2.000.000m³ de rejeito no rio Muriaé. Grande quantidade de lama invadiu residências, áreas agrícolas, comerciais e industriais sendo 12 bairros diretamente afetados (Tabela 3).

Em 25 de janeiro de 2007 a cidade foi acometida novamente por transbordamento de calha após 38 mm de precipitação pluviométrica em apenas uma madrugada afetando 14 bairros (Tabela 3), a Defesa Civil cita como agravante a este desastre o assoreamento do Rio causado pelo rompimento da barragem no dia 10 de janeiro de 2007.

Em 2008, precipitações pluviométricas que atingiram 237,4 mm de chuva acumulados entre os dias 14 de dezembro a 18 de dezembro, sendo que a média mensal em dezembro é de 261 mm de chuva, causaram transtornos maiores, além de enxurradas, alagamentos e inundações. A população começou a ser afetada por movimentos de massa/deslizamento em vários bairros, aumentando o número de bairros atingidos para 43 conforme demonstrado na Tabela 3.

De 29 de dezembro de 2011 a 31 de janeiro de 2012 vemos uma sequencia de 3 desastres, o mês de novembro acumulou por volta de 40 mm a mais do que a média histórica do mês, e em todo o mês de dezembro foi registrado 479,8 mm, a média histórica do mês é de 267,3 mm. O mês de janeiro acumulou 650,2 mm, um número expressivamente acima da média se comparado a média histórica de toda a região de 254,3 mm no mês. Sendo que durante os três primeiros dias do mês registrou-se 264,8 mm, sendo que 130,8 mm precipitaram em apenas cinco horas. Alagamentos, enxurradas, inundações e deslizamentos atingiram um total de 53 bairros (Tabela 3). A Defesa Civil cita como agravante os seguidos desastres ocorridos em 2007 e 2008.

Em 22 de dezembro de 2013 a cidade novamente sofreu com chuvas intensas e acumulou 168 mm de precipitações pluviométricas entre os dias 21 e 23 de dezembro de

2013, tendo acumulado neste mês 230,7 mm acima da média histórica. O FIDE chama atenção para significativos deslizamentos de terra, seis bairros (Tabela 3) foram diretamente afetados, mas a cidade ficou com a articulação viária totalmente comprometida, sendo toda a população urbana afetada indiretamente pelo desastre.

O total de prejuízos financeiros somados os públicos, privados, sociais, de infraestrutura e ambientais no período de 2007 a 2013 foi em ordem de R\$554.816.493,00 conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Prejuízos financeiros causados pelos desastres naturais relacionados a chuva no período de 2007 a 2013 na cidade de Muriaé-MG, conforme AVADANS e FIDE.

Desastres naturais por data em Muriaé/MG	Total prejuízos Econômicos
10/01/2007	15.294.100,00
25/01/2007	60.243.220,00
17/12/2008	120.088.000,00
29/12/2011 - 02 e 31/01/2012	356.423.011,00
22/12/2013	2.768.162,00
Total	554.816.493,00

Muriaé possui cerca de 65 bairros sendo que 90% foram citados como diretamente afetados por desastres naturais relacionados a chuvas intensas nos últimos sete anos (Tabela 3). Os bairros José Cirilo, Santana, Barra, São José e Centro, foram citados em todos os desastres e os bairros Dornelas, Napoleão, União, Santa Terezinha, Encoberta foram citados em seis de sete eventos.

Tabela 3 - Bairros de Muriaé que foram citados nos AVADANS e FIDE como afetados por desastres naturais separados por data no período de 2007 a 2013.

Bairro	10/01/2007	25/01/2007	17/12/2008	29/12/2011	
				02 e	22/12/2013
				31/01/2012	
José Cirilo	X	X	X	X	X
Santana	X	X	X	X	X
Dornelas	X	X	X	X	
Napoleão	X	X	X	X	
União	X	X	X	X	
Barra	X	X	X	X	X
São José	X	X	X	X	X

Tabela 3 - Continuação: Bairros de Muriaé que foram citados nos AVADANS e FIDE como afetados por desastres naturais separados por data no período de 2007 a 2013.

Bairro	10/01/2007	25/01/2007	17/12/2008	29/12/2011	22/12/2013
				02 e 31/01/2012	
Santa Terezinha	X	X	X	X	
Encoberta	X	X	X	X	
Santo Antônio II	X	X			
Trecho Rod BR 356	X	X			
Centro	X	X	X	X	X
São Cristovão		X	X	X	
Primavera		X	X	X	
Divisório			X	X	X
Franco Suíço			X	X	
Vila Cavalier			X	X	
Porto			X	X	
Aeroporto			X	X	
Recanto Verde			X	X	
São Joaquim			X	X	
Dornelas II			X	X	
Planalto			X	X	
São Pedro			X	X	
Gaspar			X	X	
Quinta das Flores			X	X	
Safira			X	X	
Cerâmica			X	X	
Pref. Helio Araújo			X	X	
Chacara Brum			X	X	
Edgar Miranda			X	X	
Colety			X	X	
Inconfidência			X	X	
Inconfidência II			X	X	
João XXIII			X	X	
Kennedy			X		
Marambaia			X	X	
Santo Antônio			X	X	
São Francisco			X	X	
São Gotardo			X		

Tabela 3 - Continuação: Bairros de Muriaé que foram citados nos AVADANS e FIDE como afetados por desastres naturais separados por data no período de 2007 a 2013.

Bairro	10/01/2007	25/01/2007	17/12/2008	29/12/2011	
				02 e 31/01/2012	22/12/2013
Vila Santa Luzia			X		
Sofocó			X	X	
Cardoso de Melo			X	X	
Bom Pastor			X	X	X
Joanópolis			X	X	
Av. Rio Bahia				X	
Av. JK				X	
Florestal				X	
João VI				X	
Augusto de Abreu				X	
Porto Belo				X	
Chalé				X	
Padre Thiago				X	
Universitário				X	
Alterosa				X	
Vale do Castelo				X	
Rosário				X	
Distrito Industrial				X	
Gávea				X	

Os desastres naturais relacionados a chuvas intensas neste período analisado na cidade de Muriaé chegaram a afetar indiretamente toda a população urbana e diretamente um número expressivo de habitantes (Tabela 4), fatores que incluíram Muriaé como um dos cerca de trinta e cinco municípios de Minas Gerais que estão entre os 300 que integram o sistema de proteção e planejamento pode evitar tragédias e é fundamental para a captação de recursos junto à esfera federal (CORDEIRO, 2012).

Tabela 4: Número de cidadãos de Muriaé afetados por desastre ambiental por evento conforme AVADANS e FIDE do período de 2007 a 2013.

Desastres naturais por data em Muriaé/MG	Danos Humanos			
	Mortos	Desabrigados	Desalojados	Afetados
10/01/2007	0	139	10.000	10.337
25/01/2007	0	217	12.020	40.000
17/12/2008	0	648	15.019	40.052
29/12/2011 - 02 e 31/01/2012	0	477	20.947	70.266
22/12/2013	0	56	643	699*
Total em 7 anos	0	1537	58.629	161.354

* No FIDE foi informado que toda a população foi atingida indiretamente pelo Evento uma vez que a articulação viária ficou totalmente comprometida.

Tendo em vista a grande quantidade de pessoas afetadas pelas chuvas em Muriaé, a implantação de infraestruturas verdes nos bairros mais afetados além de auxiliar na diminuição do escoamento superficial, também é uma ferramenta de mitigação de desastres naturais não estruturais com custo baixo se comparado a medidas estruturais de drenagem urbana.

A construção de alagados construídos pode servir como contenção para o escoamento superficial excedente e também pode aumentar a biodiversidade local. Substituir o pavimento impermeável por permeável das vias públicas e ruas pode atingir uma grande área dentro dos bairros. Espaços para amortecimento de cheias podem ser utilizados como ferramenta social trazendo para os bairros áreas de lazer ou estacionamentos que podem ajudar no fluxo de trânsito dentro da cidade. Biovaletas e jardins de chuva podem trazer valorização imobiliária e conforto visual à população, assim como os pavimentos porosos que podem ser implementados em calçadas e praças públicas.

A cidade precisa de um plano integrado de ação e implementar medidas de mitigação e prevenção de desastres naturais para mitigar os prejuízos financeiros, sociais e ecológicos causados pelas chuvas. Muriaé possui muitas áreas de alagamento e justamente por isso a infraestrutura verde é indicada porque ela aumenta a capacidade de infiltração do solo, diminuindo a quantidade de água precipitada que se tornaria escoamento superficial na região e que causaria os alagamentos, enxurradas, inundações e movimentos de massa/deslizamento.

5.2. INFRAESTRUTURA VERDE

As boas práticas da drenagem urbana ou infraestrutura verde procuram não transferir para a jusante o problema do escoamento superficial. O planejamento da drenagem urbana deve levar em consideração o aumento da vazão do escoamento superficial devido à urbanização, favorecer o equilíbrio do ciclo hidrológico utilizando infraestrutura verde, com o auxílio de mapas de áreas de risco, dar preferência a medidas não estruturais frente às estruturais e considerar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

Assim o sistema de drenagem urbana seria um instrumento de prevenção e mitigação dentro do gerenciamento da água de chuva no meio urbano para evitar alagamentos, enxurradas, inundações e movimentação de massa. Mas o que temos visto é que os sistemas de drenagem urbana não estão atuando como deveriam, uma vez que os períodos de chuva têm causado grandes transtornos à população urbana como trânsitos interditados, ruas alagadas, prejuízos econômicos e de perdas de vidas.

Para este estudo foi adotado o seguinte conceito para drenagem urbana:

“A drenagem urbana é o conjunto de medidas que tenham como objetivo minimizar os riscos que a população está sujeita, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articula e sustentável. Ou seja, a drenagem nada mais é do que o gerenciamento da água da chuva que escoar no meio urbano” (AGESAN, 2014).

Infraestrutura verde é o termo utilizado que caracteriza uma série de estratégias para manejo da água de chuva na fonte, ou seja, procura evitar que água de chuva se torne escoamento superficial e entre no sistema de microdrenagem. Também é conhecida como boas práticas na drenagem urbana ou medidas de desenvolvimento de baixo impacto.

É considerada como uma alternativa às práticas convencionais de drenagem urbana que são baseadas em obras estruturais de controle do fluxo do escoamento superficial como, por exemplo, a canalização de rios, sarjetas e boca de lobo que tem por objetivo o transporte e despejo do escoamento urbano o mais rápido possível a jusante nos corpos d'água mais próximos.

A infraestrutura verde tem como objetivo aumentar as áreas de infiltração e criar áreas de retenção do fluxo para diminuir o escoamento superficial, beneficiando o ciclo hidrológico

nas cidades. Alguns exemplos de infraestrutura verde são a coleta da chuva nas residências por barris, pavimento permeável, poços de infiltração, jardins de chuva, biovaleta, teto verde, alagado construído e aproveitamento de espaços como quadras poliesportivas para amortecimentos de cheias. Para a cidade de Muriaé citamos cinco medidas que podem ser implementadas para mitigar os desastres naturais e adaptar a cidade frente às mudanças climáticas urbanas. São elas:

5.2.1 Alagado construído

As terras alagáveis (representadas por várzeas, leito maior do rio, manguezais, etc.) produzem serviços ecológicos importantíssimos para mitigação de desastres naturais, como por exemplo o amortecimento dos picos de cheia dos rios e controle de erosão. Estes alagados podem ser construídos artificialmente em zonas estratégicas de alagamento (Figura 6).



Figura 6 - Alagado construído em Nanterre, França (HERZOG, 2010).

O alagado construído pode ser manejado através de estudos locais para otimizar a sua ação, conforme Salatti (2003) “alagados construídos oferecem melhores oportunidades para o tratamento de águas poluídas e controle sobre amortecimento de cheias do que áreas alagadas naturais pois podem ser idealizadas para maximizar sua eficiência”

5.2.2 Pavimentos permeáveis

Pavimentos permeáveis são especialmente projetados para permitir que a água infiltre pelo pavimento reduzindo o escoamento superficial (FEAM, 2006). Urbonas & Stahre (1993) classificaram os pavimentos permeáveis em pavimento de concreto poroso, pavimento de

asfalto poroso e pavimento de blocos de concreto vazados preenchidos com material granular, como areia ou vegetação rasteira como grama (Figura 7).

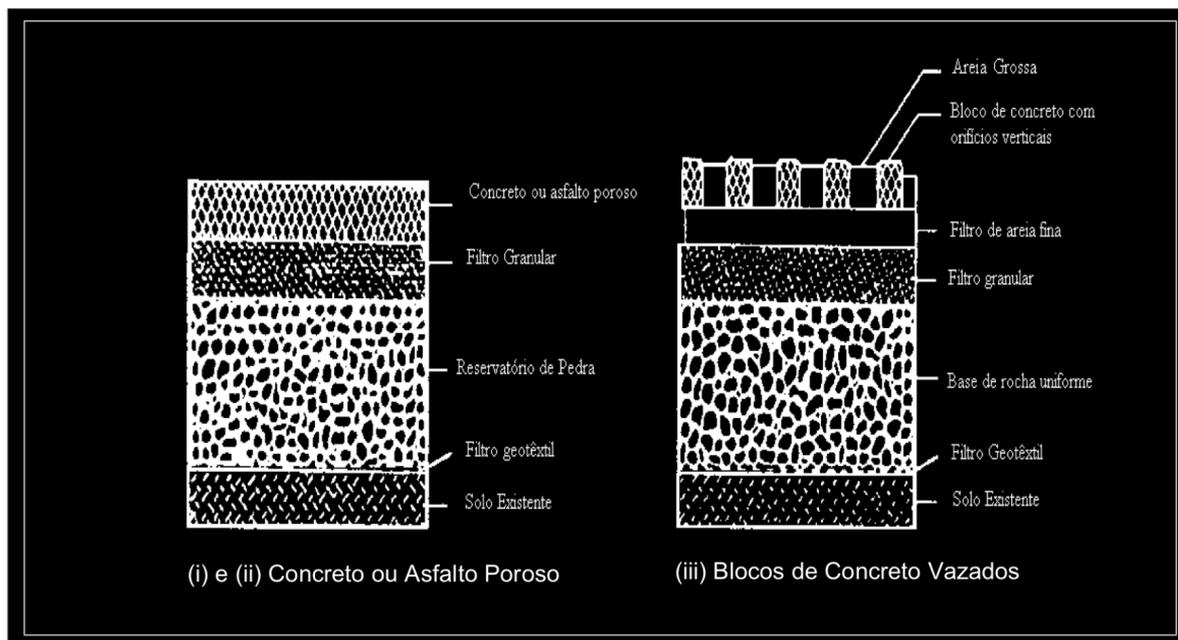


Figura 7 - Tipos de pavimentos permeáveis (URBONAS & STAHR, 1993).

O pavimento permeável se mostra muito eficaz na infiltração local da água. Estudos demonstram que após a simulação de 3 chuvas sobre os pavimentos permeáveis praticamente não ocorreu escoamento superficial (DE ARAUJO *et al.*, 2000). O pavimento permeável é altamente indicado para o controle do escoamento superficial principalmente quando comparado a outros tipos de pavimentos como solo compactado, concreto, bloco de concreto e paralelepípedo como podemos observar na Tabela 5.

Na área urbana ele pode ser utilizado em estacionamento, passeios, calçadas e praças públicas.

Tabela 5 - Simulação de chuva sobre pavimentos permeáveis (DE ARAUJO *et al.*, 2000).

	Solo Compactado	Concreto	Bloco de Concreto	Paralelepípedo	Concreto Poroso	Blocos Vazados
Data	03/06/98	28/10/98	29/07/98	13/10/98	13/04/99	27/01/99
Hora Início	14h06min	15h15min	15h20min	11h20min	14h55min	10h08min
Intensidade simulada (mm/h)	112	110	116	110	120	110
Chuva total (mm)	18,66	18,33	19,33	18,33	20,00	18,33
Escoamento total (mm)	12,32	17,45	15,00	10,99	0,01	0,5
Coefficiente de escoamento	0,66	0,95	0,78	0,60	0,005	0,03
Umidade inicial do solo (cm ³ /cm ³)	32,81	32,73	32,71	32,72	0,329	32,24

5.2.3 Espaços para amortecimento

Espaços para amortecimento são reservatórios abertos ou fechados criados pelo homem para reter a água da chuva na fonte. Podem ser classificados como de retenção ou detenção.

Espaços para amortecimento do tipo retenção que são aqueles reservatórios que possuem alguma lâmina d'água. Espaços de amortecimento de detenção são construídos com outras funções, ou seja, são utilizados como reservatórios no período de chuvas e na época de seca assumem outra função como de quadras esportivas ou estacionamentos (Figura 8). “Como ele pode assumir outras funções é desejável que o projeto desse sistema esteja integrado ao planejamento do uso da área” (FEAM, 2006).

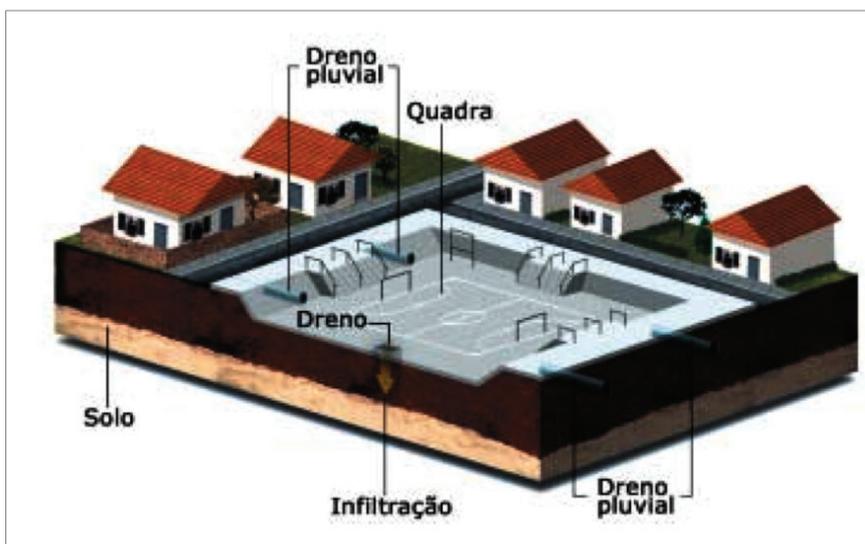


Figura 8 - Praça de esportes utilizada durante o período seco e no período de chuva utilizada como espaço para amortecimento de cheias (FEAM, 2006).

5.2.4 Biovaleta e jardim de chuva

Biovaleta “São jardins lineares em cotas mais baixas ao longo de vias e áreas de estacionamentos” (HERZOG, 2010) (Figura 9).



Figura 9 - Biovaleta em estacionamento em Auckland, Nova Zelândia (HERZOG, 2010).

Os Jardins de chuva são geralmente construídos em cota mais baixa da área adjacente, que recebem a água de áreas impermeáveis próximas, podendo ser implementados em residências, prédios e próximos a calçada (Figura 10).

Além de infiltrar a água e servir como amortecimento para o escoamento superficial, esses dois instrumentos também servem como filtro retendo óleos e pequenas partículas, por exemplo.

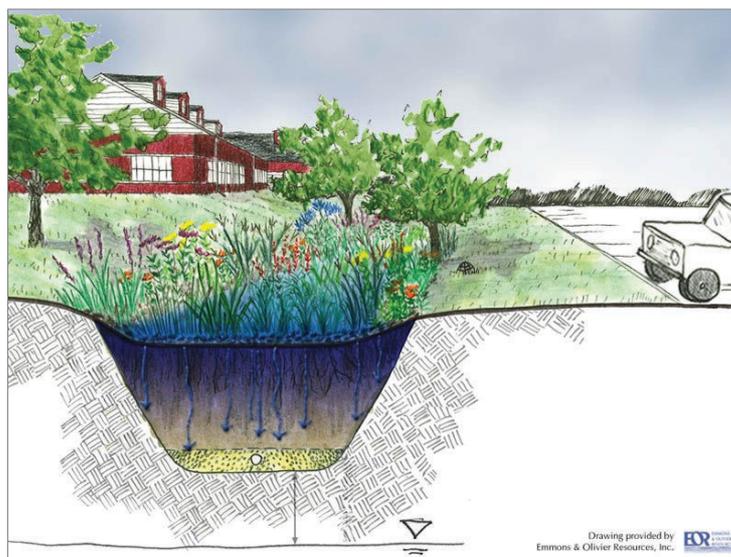


Figura 10 - Exemplo de jardim de chuva (Revista eletrônica paisagismo em foco, 2013).

5.2.5 Pavimento poroso

São pavimentos projetados que possuem materiais como concreto, brita e pedriscos intercalados com solo natural. Também servem como filtro, absorvendo poluentes e pequenas partículas, permitem maior infiltração da água da chuva na fonte reduzindo escoamento superficial e transformam a paisagem local agregando conforto visual. Este pavimento pode ser utilizado em parques, estacionamentos, pátios, quintais, áreas de lazer e calçadas.



Figura 11: Pavimento poroso: Estacionamento da Ópera de Bayreuth, Alemanha (HERZOG, 2010).

6- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que o efeito da urbanização afeta diretamente o ciclo hidrológico das bacias gerando consequências negativas à qualidade de vida no meio urbano. Além das perdas materiais, os desastres naturais causados pelo excesso de água escoada superficialmente causam perdas de vidas e prejuízos econômicos para o poder público. O planejamento dos centros urbanos levando em consideração a implantação de infraestruturas verdes que favoreçam a infiltração da água no solo pode ser uma forma eficiente de amenizar os efeitos das enchentes nas cidades. Estruturas como Parques urbanos além de reduzirem os efeitos das enchentes podem servir como áreas de lazer para a população e criar áreas com microclima mais ameno melhorando a qualidade de vida da população.

Recomendamos que se desenvolvam estudos de viabilização da implantação das infraestruturas verdes nos bairros mais atingidos e considerados como áreas prioritárias para implementação de medidas de infraestrutura verde.

A implantação de infraestrutura verde é apenas um dos instrumentos necessários para mitigação dos desastres naturais dentro das cidades, os planos municipais de redução de risco devem integrar projetos de planejamento e ocupação de uso do solo, recuperação de mananciais, políticas de redução e manejo de resíduos sólidos, programa de redução de GEE e mapeamento de áreas de risco; buscando assim o desenvolvimento de uma cidade sustentável que ofereça aos seus cidadãos qualidade de vida, bem estar e segurança.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGESAN (Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina). **Drenagem Urbana**. Florianópolis: AGESAN, 2014. Disponível em: <<http://www.agesan.sc.gov.br/index.php/servicos-regulados/drenagem-urbana>>. Acesso em 13 dez. 2013.

ATLAS dos remanescentes florestais da Mata Atlântica Período 2008-2010. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. 122 p.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332 p.

BANCO MUNDIAL. **Avaliação de perdas e danos: Inundações e deslizamentos na região serrana do Rio de Janeiro – Janeiro de 2011**. Brasília: Banco Mundial, 2012. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=74dde46c-544a-4bc4-a6e1-852d4c09be06&groupId=10157>. Acesso em 19 jan. 2014.

BARBOSA, Z. N. T.; DE OLIVEIRA, W. N.; ALVES, P. F. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos Estudo de caso: Angra dos Reis –RJ. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 5, 2011. Curitiba. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba**, INPE, 2011. p.4940.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional; Secretaria Nacional de Defesa Civil; Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012**. 2. ed. Brasília: Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres, 2013. 84 p.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CORDEIRO, P. **Alerta contra os desastres naturais em JF**: Geólogos visitaram cidade para início dos trabalhos e voltam em outubro. Tribuna de Minas, 2012. Disponível em: <<http://www.tribunademinas.com.br/cidade/alerta-contra-os-desastres-naturais-em-jf-1.1137812>> Acesso em: 21 jan. 2014.

DE ARAUJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n.3, p21-29, jul./set. 2000.

FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente). **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 32p.

FEMA (Federal Emergency Management Agency). **What is Mitigation?** Washington: FEMA, 2013. Disponível em: <<http://www.fema.gov/what-mitigation>>. 06 ago. 2013

HERZOG, C. Infra-estrutura verde para cidades mais sustentáveis. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

GUERRA, A. J. T. (org); **Geomorfologia Urbana**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X.; , MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (eds). **Climate Change 2001**: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: IPCC, 2001. 881 p.

JUNIOR, R. M. C.; DE SOUZA, L. A. **Plano municipal de redução de risco de Muriaé (MG)**: Mapeamento das áreas de risco geológico. Vitória: Fundação Ceciliano Abel de Almeida, 2010. Disponível em:

<http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/boaspraticas/PMRR_Muriae_Mapeamento_areas_risco_Geologico.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2013.

JUSTINO, E. A.; DE PAULA, H. M.; PAIVA, E. C. R. Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia. **Espaço em Revista**, v. 13, n. 2, p. 16-38, jul./dez. 2011.

KREIMER, A., MUNASINGHE, M.; PREECE, M. Reducing environmental vulnerability and managing disasters in urban areas. In: Kreimer, A. and Munasinghe, M., (Eds.) **Environmental Management and Urban Vulnerability**, World Bank Discussions Papers, Washington, DC, 1992.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H.S.; ZEE, D.M.W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Rio de Janeiro: FBDS, 2009. 76p.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor de Drenagem Urbana. Volume VI. Manual de Drenagem Urbana**. Porto Alegre, 2005.

PRESS, F, SIEVER R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. 2006. **Para Entender a Terra**. Tradução Rualdo Menegat, 4 ed. Porto Alegre: bookman. 2006. 656 p.

Revista eletrônica paisagismo em foco. **Jardins de chuva: uma solução verde simples**. Disponível em: <<http://www.paisagismoemfoco.com.br/index.php/sustentabilidade-em-foco/893-jardins-de-chuva-uma-solucao-verde-simples>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

SALATTI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. **Biológico**, v.65, n.1/2, p.113-116, jan./dez., 2003.

SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007. 192 p.

SCHUELLER, T. **Controlling Urban Runoff: A practical manual for planning and designing urban BMPs**. 1987

TUCCI, C. E.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. Disponível em: <<http://www.eclac.cl/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

United Nation (UN). **Framework convention on climate change**. New York City: UN, 2013. Disponível em: <<http://unfccc.int/focus/adaptation/items/6999.php>>. Acesso em: 04 dez. 2013

United States Environmental Protection Agency (EPA). **Protecting Water Quality from Urban Runoff**. Washington: EPA, 2003. Disponível em: <http://www.epa.gov/npdes/pubs/nps_urban-facts_final.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2013.

URBONAS, B.; STAHRÉ, P. **Stormwater Best Management Practices and detetion**. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey, 1993. 450p.

Wikipédia. **Ficheiro: Minas Gerais município Muriaé**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MinasGerais_Municip_Muriae.svg>. Acesso em: 15 fev. 2013.