

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
NÍVEL MESTRADO**

ROSEMÉRI CARINE GREEF

**ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HÍDRICO – IADH:
Contribuição ao Desenvolvimento de Cidades Sustentáveis**

São Leopoldo

2018

ROSEMÉRI CARINE GREEF

**ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HÍDRICO – IADH:
Contribuição ao Desenvolvimento de Cidades Sustentáveis**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. André de Souza Silva

São Leopoldo

2018

G793i

Greef, Roseméri Carine.

Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico - IADH: contribuição ao desenvolvimento de cidades sustentáveis / por Roseméri Carine Greef. -- São Leopoldo, 2018.

120 f. : il., mapas color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, São Leopoldo, RS, 2018.

Orientação: Prof. Dr. André de Souza Silva, Escola Politécnica.

1.Recursos hídricos. 2.Recursos hídricos – Desenvolvimento. 3.Desenvolvimento sustentável. 4.Sustentabilidade. 5.Urbanização – Aspectos ambientais. 6.Planejamento urbano – Aspectos ambientais. I.Silva, André de Souza. II.Título.

CDU 556.18
502.171

Catálogo na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

ROSEMÉRI CARINE GREEF

**ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO HÍDRICO - IADH:
Contribuição ao Desenvolvimento de Cidades Sustentáveis**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovado em 24 de agosto de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Alessandra Teribele – UNISINOS

Prof. Dr. Daniel Reis Medeiros – UNISINOS

Profa. Dra. Eugenia Aumond Kuhn – UFRGS

Aos meus pais e ao meu noivo Lauri que sempre estão ao meu lado me apoiando e incentivando para que eu realize todos os meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por estar presente em minha vida e sempre me guiar pelo melhor caminho, proporcionando-me saúde e sabedoria para alcançar os meus objetivos.

Agradeço ao meu noivo Lauri, por estar sempre ao meu lado e me lembrar que sou capaz de conquistar grandes coisas. Obrigada pela paciência, compreensão, apoio e carinho nas horas difíceis!

Agradeço aos meus pais que sempre me incentivaram e nunca mediram esforços para que eu pudesse estudar. Sem o apoio de vocês, nada disso seria possível!

Agradeço ao meu orientador, Dr. André pela paciência e por me instigar a dar sempre o meu melhor. Obrigada pelas inúmeras revisões do trabalho e ensinamentos sempre muito esclarecedores. Sua ajuda foi fundamental!

Agradeço ao Departamento de Licenciamento da Prefeitura Municipal de Sapiranga/RS pela disponibilidade em colaborar com a minha pesquisa e fornecer todos os dados necessários para a realização da mesma.

Agradeço aos professores pelas excelentes aulas ministradas durante o mestrado e aos colegas pela amizade e compartilhamento de experiências.

À todos os demais que de alguma forma, direta ou indiretamente colaboraram ou estiveram comigo durante esta trajetória, o meu muito obrigada!

"Você não promove mudanças lutando contra o que já existe. Para mudar algo, construa um modelo novo que torne o existente obsoleto" (FULLER apud FARR, 2013, p. 17).

RESUMO

Gerenciar as águas urbanas de modo sustentável tem sido um desafio para urbanistas do mundo todo. A busca por alternativas que permitam a boa interação entre as cidades, população e cursos hídricos é emergente. Na tentativa de avaliar esta sistemática, algumas das Certificações Ambientais mais difundidas mundialmente vem desenvolvendo certificados de sustentabilidade próprios para o contexto urbano. Apesar disso, estas certificações não abordam as questões hídricas de modo específico, uma vez que avaliam a sustentabilidade urbana em seus mais variados aspectos. Com o objetivo de elaborar o Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico - IADH, baseado nos critérios de avaliação presentes nas Certificações Ambientais, visando o desenvolvimento de Cidades Sustentáveis, esta pesquisa justifica-se pela carência das Certificações Ambientais existentes quanto à avaliação do desempenho hídrico urbano. Além disso, a gestão sustentável dos recursos hídricos é uma necessidade emergente nas cidades brasileiras. Para tanto, realizou-se um estudo de caso em alguns setores da zona urbana do município de Sapiranga/RS, cujos resultados atenderam às premissas da análise. Entretanto, alguns dos critérios de avaliação não foram apurados, pois os mesmos não faziam parte do contexto urbano analisado, apontando para uma realidade inconsistente com os preceitos do Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Certificações Ambientais. Desenvolvimento Sustentável. Cidades Sustentáveis. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Managing urban waters in a sustainable way has been a challenge for urban planners all over the world. The search of alternatives that allow good interaction between cities, population and water courses is emergent. In an attempt to evaluate this systematics, some of the most widespread Environmental Certifications worldwide have been developing sustainability certificates that are appropriate to the urban context. However, these certifications do not address water issues in a specific way, as they assess urban sustainability in it's most varied aspects. With the objective of elaborating the Water Performance Index - IADH, based on the evaluation criteria present in the Environmental Certifications, aiming the development of Sustainable Cities, this research is justified by the lack of existing Environmental Certifications regarding the evaluation of the urban water performance. In addition, the sustainable management of water resources is an emergent need in Brazilian cities. For this, a study case was carried out in some sectors of the urban area in the city of Sapiranga / RS, whose results met the assumptions of the analysis. However, some of the evaluation criteria were not verified, as they were not part of the analyzed urban context, pointing to a reality that is inconsistent with the context of Sustainable Development.

Keywords: Water resources. Environmental Certifications. Sustainable development. Sustainable Cities. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama do metabolismo urbano	24
Figura 2 - Diagrama dos 7 componentes de uma Comunidade Sustentável	26
Figura 3 - Pirâmide de Informações	30
Figura 4 - Propriedades dos indicadores - critérios de seleção.....	31
Figura 5 - Classificação BREEAM.....	35
Figura 6 - Gráfico do percentual de pontos por categoria BREEAM NC	36
Figura 7 - Níveis de certificação LEED.....	38
Figura 8 - Gráfico do percentual de pontos por categoria LEED BD+C	38
Figura 9 - Variáveis de aplicação do SITES.....	40
Figura 10 - Gráfico SITES	41
Figura 11 - Símbolo do processo AQUA-HQE	42
Figura 12 - Gráfico do percentual de pontos por categoria AQUA-HQE	43
Figura 13 - Logomarcas do Selo Azul: níveis Ouro, Prata e Bronze	44
Figura 14 - Gráfico do percentual de pontos Selo Casa Azul CAIXA.....	45
Figura 15 - Invasão da várzea.....	53
Figura 17 - Exemplos de sistemas de coleta de água da chuva e cisternas	61
Figura 18 – Vala de Infiltração.....	62
Figura 19 – Modelo de Trincheira de Percolação.....	63
Figura 20 - Jardim de chuva em uma calçada.....	64
Figura 16 - Bacia de Retenção X Bacia de Detenção	65
Figura 21 - Exemplos de telhados verdes	67
Figura 22 - Exemplo de como aumentar a área permeável	69
Figura 23 - Exemplo de uso de pavimento semipermeável na rua e calçada	70
Figura 24 - Mapa dos cursos hídricos da zona urbana de Sapiranga/RS	72
Figura 25 - a) Município de Sapiranga/RS	73
Figura 26 - Área de Estudo 1: Centro.....	74
Figura 27 - Mosaico de fotos da Área de Estudo 1	74
Figura 28 - Área de Estudo 2: Bairro Centenário	75
Figura 29 - Mosaico de fotos da Área de Estudo 2	76
Figura 30 - Área de Estudo 3: Bairro Voo Livre.....	77
Figura 31 - Mosaico de fotos da Área de Estudo 3	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Índice agregado.....	32
Quadro 2 - Escalas de desempenho	33
Quadro 3 - Síntese comparativa dos critérios de avaliação	46
Quadro 4 - Classificações das ações referentes a qualificação hídrica urbana	55
Quadro 5 - Determinação do volume de descarte <i>First Flush</i>	60
Quadro 6 - Dimensionamento de cisterna.....	62
Quadro 7 - Categorias de avaliação.....	79
Quadro 8 - Coleta dos dados	82
Quadro 9 - Ficha de avaliação	86
Quadro 10 - Índice agregado ponderado	87
Quadro 11 - Exemplo de pontuação.....	88
Quadro 12 - Procedimentos matemáticos	89
Quadro 13 - Resultados parciais da Área de Estudo 1	91
Quadro 14 - Cálculo do IADH na Área de Estudo 1	92
Quadro 15 - Resultados parciais da Área de Estudo 2	94
Quadro 16 - Cálculo do IADH na Área de Estudo 2	95
Quadro 17 - Resultados parciais da Área de Estudo 3	97
Quadro 18 - Cálculo do IADH na Área de Estudo 3	98
Quadro 19 - Comparativo dos resultados da pontuação	100
Quadro 20 - Comparativo dos resultados do IADH	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da sustentabilidade	21
Tabela 2 - Ranking de classificação.....	40
Tabela 3 - Áreas temáticas e categorias do processo AQUA-HQE.....	42
Tabela 4 - Ranking de desempenho da sustentabilidade.....	87
Tabela 5 - Ranking de desempenho da Área de Estudo 1	93
Tabela 6 - Ranking de desempenho da Área de Estudo 2.....	96
Tabela 7 - Ranking de desempenho da Área de Estudo 3.....	99

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
AQUA-HQE	Avaliação da Qualidade Ambiental - <i>Haute Qualité Environnementale</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment's Environmental Assessment Method</i>
CEMEAM	Centro Municipal de Estudos Ambientais
CETRISA	Centro de Triagem de Resíduos de Saporanga
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
IADH	Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico
ICC	Índice de Certificação da Sustentabilidade em Cidades
IQA	Índice de Qualidade da Água
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
SITES	<i>Sustainable Sites Initiative</i>
TO	Taxa de Ocupação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Tema	14
1.2 Delimitação do Tema	14
1.3 Problema e Hipótese	14
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo Geral	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
1.5 Justificativa	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Conceituação	20
2.1.1 Sustentabilidade	20
2.1.2 Cidades Sustentáveis	22
2.1.3 Índice e indicadores	27
2.2 Visão sobre as Certificações Ambientais Existentes	33
2.2.1 BREEAM	34
2.2.2 LEED	36
2.2.3 SITES	39
2.2.4 HQE - AQUA	41
2.2.5 Selo Casa Azul CAIXA	44
2.2.6 Análise Comparativa dos Critérios de Avaliação	45
2.2.7 Análise Comparativa das Certificações	47
2.3 Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico	49
2.3.1 Recursos Hídricos e Cidades	50
2.3.2 Variáveis de Avaliação	53
2.3.2.1 Macrogrupo A: Preservação ambiental	56
2.3.2.2 Macrogrupo B: Saneamento Básico	58
2.3.2.3 Macrogrupo C: Controle do Escoamento Superficial	59
2.3.2.4 Macrogrupo D: Controle da Impermeabilização do Solo	67
3 METODOLOGIA	71
3.1 Objeto de Estudo	71
3.1.1 Área 1 - Centro	73
3.1.2 Área 2 - Bairro Centenário	75

3.1.3 Área 3 - Bairro Voo Livre	76
3.2 Procedimentos Técnicos	78
4 RESULTADOS.....	90
4.1 Resultado da Área de Estudo 1 - Centro	90
4.2 Resultado da Área de Estudo 2 - Bairro Centenário	93
4.3 Resultado da Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre.....	96
4.4 Análise Comparativa dos Resultados	99
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERÊNCIAS.....	106
APÊNDICE A – LEVANTAMENTOS DO MACROGRUPO A.....	111
APÊNDICE B – LEVANTAMENTOS DO MACROGRUPO B.....	114
APÊNDICE C – LEVANTAMENTOS DO MACROGRUPO C.....	116
APÊNDICE D – LEVANTAMENTOS DO MACROGRUPO D.....	117

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema

Gestão sustentável da água em centros urbanos.

1.2 Delimitação do Tema

A delimitação do tema da pesquisa refere-se ao levantamento de indicadores presentes nas Certificações Ambientais existentes e literatura relacionada ao tema para a concepção do Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico - IADH com vistas ao desenvolvimento de Cidades Sustentáveis, tendo como referência a zona urbana do município de Sapiranga/RS.

1.3 Problema e Hipótese

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a existência de vida no planeta, sendo tratada como infinita até um passado recente. Atualmente, devido a redução das reservas de água potável ocasionada pelo mau uso e a crescente demanda do consumo, especialistas do mundo inteiro estão alertas para a possibilidade de seu esgotamento. De acordo com Gonçalves et al. (2006) há pouca disponibilidade de água potável no mundo, o que acentua o desequilíbrio no abastecimento. Os autores ainda lembram que, em virtude de interferências antrópicas, o ciclo natural da água encontra-se alterado, acarretando em distúrbios hídricos.

Em termos históricos, é importante frisar que as urbanizações sempre ocorreram nas imediações dos rios, usufruindo de seus benefícios em prol do desenvolvimento. Com o crescimento demasiado e desordenado das cidades, houve uma ruptura do equilíbrio entre meio urbano e recursos hídricos. A instabilidade ocasionada em função desta ruptura, resulta atualmente, em inundações, degradação e descaracterização dos cursos naturais dos rios, problemas no abastecimento, poluição e proliferação de doenças (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Como afirmam Gonçalves et al. (2006), a priorização do atendimento das necessidades humanas em detrimento das prioridades ambientais, resultou em

obstáculo ao próprio desenvolvimento das cidades. Neste contexto, Miguez, Veról e Rezende (2016), descrevem uma rotina cíclica, a qual consiste na degradação dos cursos hídricos pela ação do homem, sendo que os rios, em contrapartida ocasionam transtornos à sociedade. Neste sentido, as cidades são afetadas pelas próprias ações antrópicas, resultando em perdas econômicas, ambientais e redução da qualidade de vida da população urbana.

Este cenário conflitante entre urbanismo e cursos hídricos é comum em diversas cidades do mundo inteiro. Nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, a condição é intensificada pela precariedade no saneamento básico. Situações de lançamento indevido de águas servidas nos corpos hídricos, destinação inadequada dos resíduos sólidos, ineficiência dos sistemas de drenagem e desperdício de água potável, são alguns dos problemas enfrentados em cidades onde há falhas nas políticas públicas e a conscientização ambiental da população é insuficiente (VICTORINO, 2007).

Além disso, com a remoção da cobertura vegetal do solo nas áreas urbanas, houve aumento da erosão, o que prejudica o escoamento das águas e favorece os alagamentos, principalmente em comunidades cuja ocupação decorre irregularmente em várzeas inundáveis. O volume de água que antes escoava de forma lenta e parte dele ficava retido pela vegetação, diante do exposto, passa a escoar com mais rapidez, resultando em enchentes (SNSA, 2005). Soluções arquitetônicas as quais impermeabilizam o solo, como calçadas, construções e pavimentações, também são responsáveis pela aceleração da vazão das águas pluviais, resultando em seu rápido acúmulo á jusante (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; VICTORINO, 2007). Telles et al. (2007) ainda argumentam que as regiões atingidas por enchentes, sofrem desvalorização comercial em decorrência dos prejuízos á infraestrutura e mobilidade urbana. Diante das circunstâncias, Edwards (2005) reforça a necessidade de levar em consideração soluções urbanísticas as quais permitem a gestão sustentável das águas, permitindo o desenvolvimento das cidades, porém sem prejuízos ao meio ambiente.

Neste contexto, as Certificações Ambientais tem se tornado uma alternativa interessante para a qualificação ambiental dos empreendimentos. Entretanto, mesmo existindo selos específicos para bairros, como é o caso do LEED *Neighborhood*, BREEAM *Communities* e AQUA Bairros e Loteamentos, a certificação de empreendimentos deste tipo é pouco recorrente e não aborda as

questões referente ao desempenho hídrico das cidades de maneira efetiva. Isto pois, os critérios de avaliação referentes a água, em geral, não detém a maior quantidade de pontos e por vezes, nem possuem uma categoria própria, havendo apenas alguns critérios intrínsecos em outras categorias. Silva (2015) também menciona carência de critérios de avaliação relativos a qualidade, eficiência e sustentabilidade urbana, no que se refere a questões energéticas, ambientais, sociais e econômicas, específicas para a realidade brasileira, uma vez que a maioria das certificações tem origem estrangeira. Ou seja, as mesmas não são totalmente adequadas, uma vez que se baseiam em normas internacionais, cujos parâmetros nem sempre são possíveis de adaptar ao contexto nacional.

No Brasil, as certificações BREEAM, LEED, SITES, AQUA-HQE e Selo Azul Caixa são as mais difundidas, sendo que o LEED possui o maior número de empreendimentos certificados, com a maioria para edificações novas. Estas certificações mostram-se limitadas quanto a garantia de eficiência nos quesitos avaliados, pois para um empreendimento conseguir um certificado ambiental, basta atender a uma quantidade de critérios, de modo a atender a pontuação mínima exigida. Assim, uma edificação pode, por exemplo, ter um excelente desempenho energética, porém ter um desempenho apenas razoável em relação à economia de água (FARR, 2013). Gonçalves e Bode (2015) destacam ainda que, em geral, os empreendedores atendem a todos os requisitos obrigatórios e ademais buscam atender aos critérios que permitem uma pontuação maior e mais rápida, afim de garantir o selo em uma categoria mais alta.

Portanto, busca-se reunir informações com o propósito de responder a seguinte questão de pesquisa: como avaliar a eficiência do desempenho hídrico no meio urbano, visando o desenvolvimento das cidades de modo sustentável, baseando-se nos critérios de avaliação das certificações ambientais existentes?

Em hipótese, acredita-se que a necessidade de haver uma ferramenta de avaliação, a qual trata prioritariamente das questões hídricas no meio urbano, pode ser atendida por meio da elaboração do IADH, baseado em critérios de avaliação extraídos das Certificações Ambientais existentes e literatura pertinente. Estes critérios devem ser baseados em indicadores ambientais e técnico-construtivos, cujo preceito de escolha, deve considerar a relevância, abrangência, simplicidade de aplicação e entendimento, assim como a existência de embasamento científico, de modo a viabilizar a sua utilização.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Elaborar o Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico - IADH baseado nas Certificações Ambientais existentes, com vistas ao desenvolvimento de Cidades Sustentáveis.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analisar as Certificações Ambientais existentes e mais difundidas no Brasil de modo a assimilar os seus critérios e categorias de avaliação, bem como os sistemas de pontuação;
- Verificar quais são os critérios de avaliação referentes a gestão sustentável dos recursos hídricos em zonas urbanizadas de modo a identificar os mais utilizados nas Certificações Ambientais e também os mais citados pelos pesquisadores em geral;
- Desenvolver o IADH, estruturando a metodologia de avaliação baseada nas Certificações Ambientais existentes sobre o tema;
- Averiguar os resultados da avaliação do estudo de caso, afim de determinar se a área em estudo atende aos critérios estabelecidos pelo IADH.

1.5 Justificativa

Diante da atual busca pelo desenvolvimento sustentável das cidades, a elaboração de métodos e critérios de avaliação para mensurar o nível de sustentabilidade são necessidades emergentes. De acordo com Miklailova (2004), esta demanda é respaldada pela carência de dados ambientais. Conforme Leite (2012), indicadores para avaliação da sustentabilidade vem sendo desenvolvidos em várias cidades ao redor do mundo, almejando a qualificação ambiental urbana.

Miguez, Veról e Rezende (2016) reforçam a ideia de que drenagem urbana sustentável, a qual abrange ações como a proteção dos cursos naturais dos rios e escoamento natural das águas, contribui para a melhoria da qualidade ambiental no

meio urbano. Do mesmo modo, a preservação da vegetação ciliar, preservação dos limites das cotas de inundação e controle da impermeabilidade do solo são medidas cautelares aos transtornos ocasionados pelos altos índices pluviométricos nas cidades (EDWARDS, 2005). Conseqüentemente, ações neste sentido estimulam a biodiversidade em áreas urbanas e contribuem com a melhoria do conforto térmico e qualidade do ar. Neste sentido, o desenvolvimento do IADH é relevante pois o mesmo incorpora indicadores cujo objetivo é a preservação dos recursos hídricos e a redução dos efeitos danosos da urbanização sobre o meio ambiente.

Além disso, conforme Leite (2012), o desenvolvimento de Índices, baseados em indicadores é fundamental, uma vez que pode servir para melhor estruturar os investimentos públicos, orientados ao desenvolvimento sustentável. Da mesma forma, Silva (2015) afirma que os gestores públicos podem usufruir das certificações como instrumentos para oportunizar e otimizar a tomada de decisões. Por conseguinte, utilizando-se os dados obtidos por meio das avaliações de sustentabilidade hídrica como parâmetros para os investimentos públicos, há uma probabilidade maior de designação dos recursos aonde estes realmente se fazem necessários. Também ocorre a redução do dispêndio de recursos com obras de infraestrutura, bem como reparação de danos após os infortúnios. Ou seja, atender de modo satisfatório às necessidades básicas de uma população, em todos os quesitos referentes à água, apresenta-se como rumo para o desenvolvimento de uma sociedade saudável e com qualidade de vida (TELLES et al., 2007).

Nesta conjuntura, apesar de as Certificações Ambientais serem importantes ferramentas de avaliação da sustentabilidade e a difusão de conhecimento em relação às mesmas estar se intensificando nos últimos anos, a sua aplicabilidade no Brasil apresenta certa complexidade, dado que os parâmetros de avaliação são embasados por normas internacionais as quais nem sempre são aplicáveis ao contexto local. Neste sentido, a compilação de indicadores e critérios de avaliação condizentes com a realidade brasileira se faz necessária, pois viabiliza a realização de avaliações. Além disso, também possibilita vislumbrar o panorama atual da relação das cidades com suas águas de forma objetiva e específica.

Magalhães Júnior (2014) elenca alguns dos temas mais abordados pelos indicadores no Brasil. Dentre estes, está a conservação da cobertura vegetal do solo, pressões demográficas e urbanas, qualidade e demandas de consumo de água e dados pluviométricos. Entretanto, apesar de haver divulgação de dados diários

pela Agência Nacional das Águas (ANA), referentes às condições fluviométricas e pluviométricas das bacias hidrográficas do país, o estudo globalizado das condições hídricas das cidades ainda é recente e os indicadores são selecionados de modo a atender objetivos setoriais, em vez de realizar as avaliações de modo integrado. Por consequência, diferente de outros países, no Brasil os esforços ainda se concentram nos serviços de saneamento básico, quando já deveriam ser direcionados para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014).

De acordo com o relatório de avaliação da sustentabilidade hídrica em cidades, concebido pelo *Arcadis Water Index*, as cidades brasileiras as quais foram avaliadas, mostraram resultados insatisfatórios, com São Paulo na 33ª posição e Rio de Janeiro na 44ª em um ranking de 50 cidades (ARCADIS, 2018). Isto evidencia que existem diversas deficiências enfrentadas atualmente pelas cidades brasileiras na gestão de suas águas e que ações no sentido de reverter este panorama de insustentabilidade hídrica precisam ser executadas. Destaca-se também a necessidade de seguir novas linhas de pesquisa para que o Brasil dê um passo à frente na busca pela sustentabilidade de suas cidades.

Logo, a realização desta pesquisa é justificada com o propósito de facilitar o processo de avaliação da gestão sustentável dos recursos hídricos em áreas urbanizadas para auxiliar na tomada de decisões por parte dos gestores públicos e contribuir para o desenvolvimento urbano sustentável. O estudo também é relevante pois serve de embasamento técnico-científico para a constituição de estudos acadêmicos, contribuindo com a elaboração de produção científica a fim de estimar o nível do desenvolvimento sustentável, o qual passou a ser abordado com frequência após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, mais conhecida como Rio-92 (MIKHAILOVA, 2004).

Para tanto, foi realizado um estudo de caso na zona urbana do município de Sapiranga/RS, baseado no levantamento de dados, com o objetivo de desenvolver o Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico - IADH, com vistas ao desenvolvimento de Cidades Sustentáveis. A fim de viabilizar a avaliação, foi feita a delimitação de 03 setores urbanos, os quais localizam-se junto aos cursos hídricos e apresentam características morfológicas e sociais distintas, possibilitando a realização de uma análise comparativa. Ao final, os resultados de cada área delimitada foram apurados a fim de constatar o atendimento aos objetivos desta pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceituação

2.1.1 Sustentabilidade

Grande parte da população mundial vive em cidades e tem acesso restrito à natureza, sendo este, muitas vezes limitado a passeios em parques ou zoológicos. Pelo fato de não ter contato frequente com ambientes naturais, a população urbana não sabe de onde vem a água que sai da torneira de sua casa, a energia que acende as lâmpadas e o alimento que está em sua mesa. Em função disto, as pessoas não percebem o quanto seu estilo de vida pode ser danoso ao meio ambiente (FARR, 2013). Edwards (2005) também corrobora algumas características importantes sobre a sustentabilidade, dando destaque ao fato de que a humanidade nunca foi sustentável e que é necessária uma recuperação de longo prazo para danos causados em curto prazo.

Neste contexto, abordar a sustentabilidade para reverter o cenário insustentável das cidades é emergencial. Vale lembrar que o tema é frequentemente debatido desde a década de 1970, quando encontros de autoridades mundiais e organizações passaram a ocorrer para discutir questões que se relacionam principalmente com a sustentabilidade energética e ambiental. Dentre estes encontros, merece destaque a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1984 a qual elaborou o Relatório de Brundland em 1987. Neste relatório, surgiu a expressão “desenvolvimento sustentável”, sendo definido como “aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas necessidades e aspirações” (BOFF, 2015, p. 34).

Na sequência, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento do Rio de Janeiro em 1992, mais conhecida como a Cúpula da Terra e que resultou na Agenda 21. Em 2002 outro encontro de lideranças mundiais ocorreu em Joanesburgo, sendo que em 2012, no Rio de Janeiro, realizou-se a Rio+20, abordando temáticas como economia verde, sustentabilidade e governança global do ambiente (BOFF, 2015). Na Agenda 21, desenvolvida durante a Cúpula da Terra, foram instauradas algumas variações do

conceito de sustentabilidade, aplicando-a em diferentes contextos, como é possível observar na Tabela 1:

Tabela 1 - Classificação da sustentabilidade

CONCEITO	INTERPRETAÇÃO
Sustentabilidade Ecológica	Preservação dos recursos naturais
Sustentabilidade Ambiental	Recomposição dos ecossistemas, mediante as interferências antrópicas
Sustentabilidade Social	Melhoria da qualidade de vida e equidade social
Sustentabilidade Política	Participação popular e democrática no desenvolvimento da cidadania
Sustentabilidade Econômica	Gestão eficiente de recursos

Fonte: Adaptado de Sachs (1993) apud Barbosa (2008, p. 8).

Edwards (2005) define a sustentabilidade como um conjunto de ideais, o qual se baseia na ética da responsabilidade ambiental. Conforme o autor, na década de 1990 houve a ampliação da abrangência do conceito, até então focado no aquecimento global e crise energética. Passou-se a tratar a sustentabilidade como conceito que engloba questões relativas as condições das cidades, o meio ambiente, preservação dos recursos naturais e ecologia. Neste contexto, o autor determina três vértices do projeto sustentável: social, tecnológico e ambiental, os quais, através do conceito de sustentabilidade, revitalizam a arquitetura, introduzindo novas diretrizes de projeto, dando nova forma estética e cultural à paisagem.

Além disso, a sustentabilidade ainda é abordada de forma transcultural, ou seja, as diferenças culturais e regionais devem ser consideradas no desenvolvimento sustentável, sendo defendido o aprimoramento de práticas construtivas locais como meio para alcançar a sustentabilidade na arquitetura. Isto induz arquitetos e demais profissionais da área construtiva, a adotarem técnicas construtivas não usuais. Com isso, estão sendo inseridos nos projetos os conceitos de reuso, reciclagem, preservação ambiental, uso de materiais alternativos, além da preocupação com a saúde e bem estar, tanto dos trabalhadores da obra, quanto dos futuros usuários do empreendimento (EDWARDS, 2005).

Por outro lado, Telles et al. (2007, p. 300) conceituam a sustentabilidade como sendo “o equilíbrio entre ‘entradas’ ou ‘saídas’, de modo que uma dada realidade possa manter-se continuamente com suas características essenciais.” Os autores defendem que os recursos naturais apenas podem ser utilizados caso haja

reposição ou substituição, permitindo que os ecossistemas permaneçam iguais, estabelecendo, assim, um equilíbrio entre recursos, produção e consumo. Esta presunção vai de encontro ao conceito abordado por Mikhailova (2004, p. 25), o qual afirma que "uma atividade sustentável é aquela que pode ser mantida para sempre".

Diferente da definição anterior de Edwards (2005) sobre o conceito de sustentabilidade, a qual é mais abrangente e engloba a recuperação ambiental e revigoramento social, a visão de Telles et al. (2007) e Mikhailova (2004) se dá no sentido primordial da preservação. Entretanto, é válido ressaltar duas passagens importantes trazidos por estes autores. Edwards (2005, p. 20) enfatiza que "o maior desafio para o arquiteto será criar mais beleza com a menor intervenção possível". Mikhailova (2004, p. 39), por sua vez, lembra que "até hoje não existe um conceito único de desenvolvimento sustentável", o que explica a variada gama de conceitos, voltados ao atendimento dos interesses de cada grupo da sociedade.

De modo complementar aos conceitos apresentados, Barbosa (2008) traz colocações importantes sobre a efetivação de medidas sustentáveis para as cidades. O autor relata que para a sustentabilidade urbana devem ser implementadas ações no sentido de preservar os recursos naturais, promover o uso racional, viabilizar uma ambiência urbana satisfatória e restringir aos máximo as agressões ao meio ambiente.

Nesta conjuntura conceitual, é possível afirmar que o conceito de sustentabilidade se refere à redução dos impactos ambientais de modo a permitir o usufruto dos recursos naturais às gerações futuras, aliado a equidade social. Nesta pesquisa, o termo é utilizado no sentido de articular a melhoria da ambiência urbana e a interação das pessoas com a natureza, promovendo a preservação do meio ambiente e condições de vida satisfatórias.

2.1.2 Cidades Sustentáveis

Antes de abordar o conceito de Cidades Sustentáveis, é importante expor algumas premissas do **Urbanismo Sustentável**, as quais servem de embasamento para o mesmo. O Urbanismo Sustentável é um movimento de reforma, o qual deriva

dos ideais do Novo Urbanismo¹ e ressalta as conveniências da integração do urbanismo com espaços naturais, enfatizando a compacidade e a biofilia. Além disso, também incita o crescimento urbano inteligente, desenvolvimento de infraestrutura de alto desempenho, práticas de construções sustentáveis e melhoria da gestão hídrica das cidades (FARR, 2013).

Dentre os objetivos do Urbanismo Sustentável, está a redução dos danos ambientais e melhoria da qualidade de vida. Para atingir estes propósitos, Farr (2013) explana que é importante conectar as pessoas com a natureza, por meio de projetos que tornem visível a responsabilidade individual para com a preservação ambiental, em prol de benefícios coletivos. "A possibilidade de ver e sentir onde os recursos são produzidos e para onde vão depois de serem usados promove um estilo de vida mais integrado com os sistemas naturais" (FAAR, 2013, p. 37).

De acordo com as colocações de Farr (2013), o bairro sustentável, caracterizado pelo respeito ao pedestre, limites definidos, uso misto e densidade compacta, é o elemento mais marcante do Urbanismo Sustentável. Contudo, o mesmo também estende-se a distritos, como campus universitários ou parques industriais e corredores, os quais, conforme a ideologia do movimento, constituem-se dos espaços entre os bairros, ou seja, das vias que interligam uma comunidade a outra.

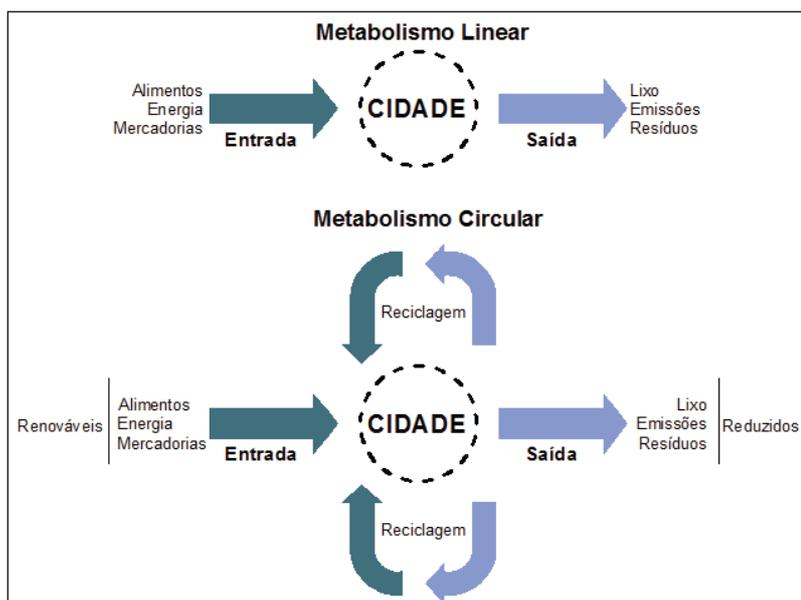
Após a abordagem do conceito de Urbanismo Sustentável, é possível discorrer sobre a definição para **Cidades Sustentáveis**. Para Rogers (2001), as cidades para se tornarem sustentáveis devem buscar a equidade social, explorando novas tecnologias e administrando a complexa dinâmica urbana. O autor também lembra que devem ser construídas cidades que potencializem a relação entre os habitantes e o meio ambiente, sendo que no planejamento das mesmas, devem ser consideradas demandas como a população e cultura local, disponibilidade de recursos como água e energia, transporte e tecnologia. As Cidades Sustentáveis, sobretudo, devem estar relacionadas com as necessidades econômicas, físicas e sociais da comunidade em questão.

Rogers (2001) também defende que as Cidades Sustentáveis devem alterar o seu modo de funcionar, o qual, segundo o autor, atualmente se dá de modo linear.

¹ Segundo Farr (2013, p. 319), o Novo Urbanismo consiste em uma "tendência de desenho de bairros usada para promover o senso de comunidade e a qualidade de vida". Ainda de acordo com o autor, o conceito é caracterizado por projetos urbanos compactos e vias projetadas prioritariamente para pedestres.

Ou seja, as cidades consomem recursos naturais e geram resíduos. O mesmo explica que para ser sustentável, uma cidade deve adotar um sistema circular de funcionamento, no qual há um equilíbrio entre o volume de recursos consumidos e os resíduos gerados. Isto ocorre através de técnicas como reciclagem e reuso, as quais acarretam na redução de sedimentos e permitem que a natureza se regenere. Este raciocínio pode ser melhor compreendido na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama do metabolismo urbano



Fonte: Adaptado de Rogers (2001, p. 31).

Em contraponto, Zapata et al. (2016) defende que uma cidade, para ser sustentável, deve desenvolver políticas públicas as quais reduzem a desigualdade social e aumentam a qualidade de vida por meio da boa interação entre indivíduos e natureza. Os autores ainda ressaltam que as condições ambientais são determinantes neste processo, entretanto, o desenvolvimento destas condições deve acontecer de modo que não comprometa o meio ambiente em prejuízo ao futuro da sociedade. Além disso, deve haver a participação ativa da comunidade na construção das Cidades Sustentáveis.

A partir destes conceitos, depara-se com a denominação de **Unidade de Vizinhaça**, a qual surgiu no início do Século XX e trata de questões referentes a autossuficiência das comunidades que fazem parte de grandes núcleos urbanos. Segundo Barcellos (2001), estas comunidades, de uso residencial, devem dispor de autonomia relativa a serviços e itens de consumo regulares, proporcionando a recuperação de valores culturais e interação social local, de modo a estabelecer

limites determinados pelo raio de abrangência dos equipamentos de consumo. Além disso, para ser considerada uma Unidade de Vizinhança, a comunidade deve atender algumas características específicas, como:

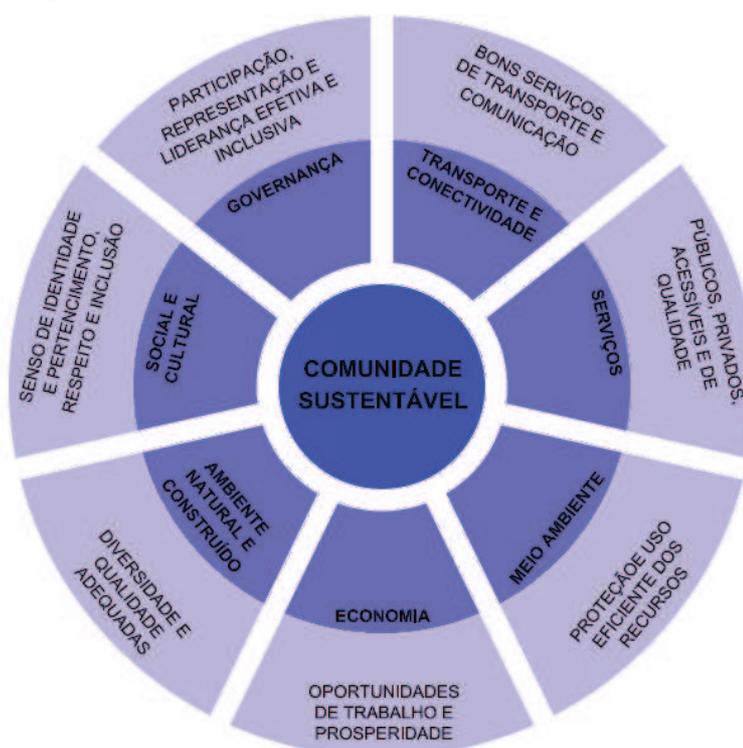
- **Tamanho** - a quantidade de pessoas deve ser proporcional a capacidade de atendimento dos serviços;
- **Limites** - geralmente dado por ruas largas as quais absorvem o tráfego de passagem com fluxo mais intenso;
- **Espaços públicos** - podem ser praças, parques ou outros espaços para recreação e convívio social;
- **Áreas institucionais** - espaços destinados para escolas, postos de saúde e outras instituições;
- **Comércio local** - cada comunidade deve ter no mínimo um estabelecimento comercial que atenda as necessidades básicas dos moradores;
- **Sistema de ruas** - deve ser adequado de modo a facilitar a circulação, porém sem estimular o tráfego intenso (OLIVEIRA; SZÜCS, 2006).

No Brasil, a difusão do conceito de Unidade de Vizinhança aplicado aos projetos de urbanismo se deu a partir da década de 1940. Como exemplo, pode-se citar as super quadras de Brasília, as quais são compostas de núcleos residenciais atendidos pelos quesitos mencionados anteriormente (OLIVEIRA; SÜCS, 2006; BARCELLOS, 2001). No entanto, apesar dos esforços por parte dos projetistas, na prática, estes locais se mostram deficitários em relação a aspectos como a socialização entre os moradores e a subsistência dos estabelecimentos comerciais. Pode-se dizer que, em parte isto se deve a ampla oferta de produtos e serviços e facilidade de acesso aos mesmos fora do perímetro das super quadras. Além disso, as variadas opções de lazer externas, assim como horários específicos na rotina particular dos moradores, desestimulam o convívio social dentro das mesmas.

Prosseguindo por este raciocínio, surgem as **Comunidades Sustentáveis**, as quais apresentam características semelhantes às Cidades Sustentáveis, porém em escala menor, aproximando-se das Unidades de Vizinhança. Pode-se dizer que as mesmas constituem-se de uma mescla dos atributos de ambos os conceitos, aplicados a um contexto dinâmico e multifuncional, porém, sem perder as peculiaridades corriqueiras das áreas residenciais. Egan (2004), reforça que acima

de tudo, as pessoas querem viver em locais seguros, limpos, amigáveis, com espaços abertos e clima agradável, os quais oferecem emprego e boa educação. Para o autor, as mesmas devem dispor de infraestrutura capaz de atender as necessidades dos moradores atuais e futuros, usuários e visitantes, proporcionando qualidade de vida por meio do uso efetivo dos recursos naturais e melhorando o meio ambiente. Desta forma, é possível promover a coesão, inclusão e prosperidade econômica. Para facilitar a compreensão das características de uma Comunidade Sustentável, Egan (2004) desenvolveu um diagrama no qual são correlacionados 7 componentes que, segundo o autor, devem estar presentes neste tipo de agrupamento (Figura 2).

Figura 2 - Diagrama dos 7 componentes de uma Comunidade Sustentável



Fonte: Adaptado de Egan (2004, p. 19).

Em geral, estas comunidades procuram realçar os impactos favoráveis de suas ações e estilo de vida e em contrapartida, minimizar os impactos negativos sobre o meio em que vivem (JOHN; PRADO, 2010). Vale ressaltar que não há uma ordem hierárquica entre os componentes e nem é obrigatório que a comunidade possua todos, no entanto, a longo prazo é importante que todos os itens sejam implementados. Também não há uma extensão física e limite de população definidos, pois um local, para ser denominado como Comunidade Sustentável depende de várias outras variáveis, sendo que por vezes, a mesma pode se

constituir de um loteamento, um bairro ou até mesmo uma cidade inteira. Também é importante frisar que as mesmas são difíceis de serem concebidas por projetos, uma vez que diversos aspectos precisam ser trabalhados e implementados em conjunto com a população (EGAN, 2004).

Neste estudo, portanto, parte-se da premissa de que uma Cidade Sustentável, não precisa necessariamente ser composta por Comunidades ou Bairros Sustentáveis. É importante, entretanto, que as mesmas tenham setores os quais adotam medidas sustentáveis ou que apresentem viabilidade para tal. Desta forma, a partir de setores que se diferenciam dos demais em relação a interação entre urbanismo e natureza, aos poucos a cidade pode se tornar sustentável. Vale frisar, que a implementação de tais medidas normalmente ocorre a longo prazo em cidades já existentes e deve partir de iniciativas públicas e privadas. Além disso, também são considerados importantes aspectos como o sentimento de identidade e pertencimento, a interação social e a disponibilidade e acessibilidade a serviços básicos, como mercados, padarias, farmácias e outros.

2.1.3 Índice e indicadores

O uso de indicadores para fins de avaliação da sustentabilidade é bastante recorrente. Por meio destes, é possível comparar os aspectos de determinado objeto de estudo e suas variações no tempo e espaço, além de transmitir ideias e avaliar situações de estado (MARANHÃO, 2007). Em termos históricos, os indicadores alcançaram relevância a partir da década de 1940, quando o PIB (Produto Interno Bruto) passou a ser difundido como indicador de progresso econômico. Ademais, o estudo de indicadores para outros segmentos, como o social e ambiental se deu de forma mais intensa a partir da década de 1980, motivado pela busca do desenvolvimento sustentável (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014).

Referente ao significado da terminologia **Indicador**, há várias conceituações, abordadas por diferente autores. Magalhães Júnior (2014, p. 171) descreve os indicadores como “informações de caráter quantitativo resultantes do cruzamento de pelo menos duas variáveis primárias (informações espaciais, temporais, ambientais, etc.)” O autor também esclarece que a palavra se origina do latim *indicare*, que quer dizer revelação, sendo que os indicadores podem ser considerados ferramentas que contribuem para a tomada de decisões e monitoramento de dada realidade.

Para Maranhão (2007), os indicadores são sinônimos de medida, atuando como ferramentas de avaliação quantitativa ou qualitativa, as quais fornecem uma visão abrangente do todo, permitindo comparações, fiscalização e previsão de tendências. Desta forma, os tomadores de decisões podem se basear nos resultados das avaliações a fim de embasar a necessidade de intervenções orientadas ao progresso. Deponti, Eckert e Azambuja (2002) também abordam os indicadores como instrumentos que permitem a mensuração de dados. Entretanto, os autores ressaltam que é necessário determinar limites idealizados, como forma de medida, os quais determinam as condições exemplares do objeto de estudo, sendo estes limites denominados de parâmetros. Ou seja, os resultados abaixo do limite estipulado pelo parâmetro geralmente são considerados insatisfatórios e os resultados acima, satisfatórios. Também é importante lembrar que estes não são universais, estáticos e nem imutáveis, de modo que refletem os interesses do avaliador naquele momento, referente ao que se considera como ideal.

A Fundação Vanzolini (2011, p. 69), por sua vez, define indicador como um “resumo de informações complexas que torna possível o diálogo entre diferentes atores (cientistas, gestores, políticos e cidadãos).” Também salienta a importância dos indicadores refletirem a realidade de forma clara, simples e objetiva. Isso porque, em geral, os indicadores são utilizados para avaliar o resultado de políticas públicas, desenvolvimento urbano, impactos ambientais, desenvolvimento econômico e implementação de projetos, sendo imprescindível a fácil compreensão e disponibilidade dos dados (MARANHÃO, 2007).

Outra questão importante referente aos indicadores, é a quantificação dos dados com o uso de unidades de medida, como tempo, área e volume, por exemplo, a fim de orientar a sua interpretação. Nos casos em que não é possível quantificar as informações ou comparar dados com unidades diferentes, aceita-se o uso de variáveis booleanas, ou seja, admite-se o uso de apenas dois valores: 0 ou 1, sim ou não, falso ou verdadeiro (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014). Independente destas variações quanto a quantificação dos dados, a escolha dos indicadores dependerá das circunstâncias e necessidades locais, de modo que para a seleção dos mesmo é importante considerar questões como o por que da avaliação, como esta se dará e o que está sendo avaliado (DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002).

É necessário salientar que o sucesso da aplicação de um indicador depende da sua adequação ao contexto em que está sendo utilizado. A justificativa quanto a

escolha deve abranger itens como simplicidade, nível de acessibilidade quanto a compreensão pelos diferentes atores da sociedade, objetividade, relevância, embasamento técnico e versatilidade. Quando não está totalmente apropriado, é aceitável que o mesmo seja adaptado e modificado, adequando-o à conjuntura da avaliação (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014).

Além disso, os indicadores são agrupados em classes, segundo a natureza dos objetivos, devido a sua ampla abrangência temática. Dentre estas classes, Magalhães Júnior (2014) apresenta os indicadores ecológicos, ambientais, hidrológicos e de desenvolvimento sustentável. Maranhão (2007) por sua vez, expõe a classificação dos indicadores como demográficos, econômicos, sociais e de sustentabilidade. De modo específico, no que se refere a indicadores alusivos aos recursos hídricos, o autor menciona que a função destes é avaliar as condições dos mesmos em uma determinada bacia hidrológica ou região distinta, bem como as transformações que ocorrem no local.

Sob outra perspectiva, a Fundação Vanzolini (2011) designa os indicadores como de pressão ou impacto, estado e resposta. No primeiro grupo, encontram-se aqueles que descrevem as alterações de um sistema, como por exemplo, as interferências antrópicas no meio natural, consumo de energia e poluição. Já os indicadores de estado, por sua vez, são aqueles que permitem a realização de medidas temporais ou cíclicas, de modo a compará-las com medições anteriores ou identificar tendências, como por exemplo, a medição das áreas de desmatamento. Já os de resposta, consistem em dados de monitoramento e acompanhamento da evolução de ações.

Entretanto, é necessário mencionar que um único indicador nem sempre é capaz de caracterizar todos os aspectos do sistema. Por isso, é comum ocorrer a agregação de vários indicadores em um **Índice**. Este pode ser do tipo **Agregado**, o qual é composto por indicadores ou **Sintético**, o qual abrange uma gama mais simples de informações, podendo ainda haver uma mescla entre ambos (MARANHÃO, 2007). O autor ainda define o Índice como um sistema de valores escalares, com a agregação de dados obtidos por meio dos indicadores, resultando, desta forma, em informações compactas e objetivas. Por outro lado, Siche et al. (2007) o descreve como ferramenta capaz de interpretar a realidade de um sistema, através da análise agregada de indicadores e variáveis.

Em termos práticos, para aliar os dados, é importante atentar-se a alguns detalhes, como a pertinência dos indicadores em relação ao objeto de estudo, a disponibilidade das informações e a possibilidade de ponderação dos mesmos (JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012). Para isto, deve ser realizada a conversão dos dados para que as unidades de medidas sejam iguais. Para facilitar a compreensão deste processo, é possível representá-lo por meio de uma pirâmide de informações, cuja base é constituída pelo levantamento dos dados primários e indicadores, os quais são compostos por variáveis. É significativo mencionar que as variáveis constituem-se de elementos capazes de alterar os resultados conforme são manipuladas, podendo ser de naturezas diversas como tempo ou quantidade (MARANHÃO, 2007). Na sequência, vem as ponderações e por fim, no topo da pirâmide, encontra-se o Índice.

Como é possível observar na Figura 3, na medida em que aumenta o nível de agregação das informações, a quantidade e diversidade de dados é reduzida. Sistemáticamente, a pirâmide de informações pode ser dividida em dois grandes blocos: o de tratamento dos dados e o de interpretação dos resultados. O primeiro equivale aos trabalhos técnico-científicos e o segundo, serve de embasamento e divulgação de uma dada realidade para gestores e público em geral (MARANHÃO, 2007).

Figura 3 - Pirâmide de Informações



Fonte: Adaptado de Maranhão (2007, p. 44).

Vale lembrar que para o processo de seleção dos indicadores, é preciso atentar-se para não haver superposição e repetição de parâmetros de avaliação. Deponti, Eckert e Azambuja (2002) sugerem que a escolha dos indicadores seja dada por meio da análise geral do sistema, com escolha dos mais repetidos. Maranhão (2007) também propõe que alguns aspectos devem ser observados no

momento de escolher quais indicadores utilizar para a composição de um Índice. Conforme o autor, devem ser verificadas características como a relevância, acessibilidade, embasamento científico e tempestividade. Além destas, o autor ainda menciona outros atributos que podem ser observadas na Figura 4:

Figura 4 - Propriedades dos indicadores - critérios de seleção



Fonte: Adaptado de Maranhão (2007, p. 81).

Além da observância dos critérios de seleção, a composição do Índice por vezes exige uma diferenciação do grau de importância atribuído para cada indicador. Isso é feito por meio da delegação de pesos maiores aos dados considerados mais importantes na hora da ponderação, com base em critérios e técnicas variadas. No entanto, este processo não é totalmente neutro e necessariamente, envolve um certo nível de arbítrio por parte do avaliador (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014). O autor ainda traz exemplos de técnicas que podem ser utilizadas para o processo de agregação e conversão dos indicadores em Índice. Por exemplo, nos casos em que os indicadores são considerados de igual importância, pode-se aplicar a média aritmética. Por outro lado, quando as importâncias são diferenciadas, deve haver ponderação seguida por média aritmética. Nestes casos, pode ocorrer a priorização e supervalorização dos indicadores considerados mais importantes.

Neste contexto, é válido mencionar que para a construção de um Índice, são recomendadas algumas etapas para o desenvolvimento do mesmo. Conforme Juwana, Muttill e Perera (2012) há 5 estágios que devem ser obedecidas: 1) seleção dos indicadores e variáveis; 2) normalização (atribuição de pesos); 3) ponderação; 4) agregação dos dados; 5) análise da robustez do Índice. Magalhães Júnior (2014) traz um método semelhante e destaca que a Escala de desempenho é uma das técnicas de construção de índices mais simples. Esta consiste na padronização das

unidades de medida dos indicadores, com a atribuição de valores escalonados variando entre limites mínimos e máximos. A delegação destes valores pode ser baseada em diferentes referências, conforme os objetivos propostos, sendo, em geral, utilizadas variações entre 0 e 1. De acordo com este método, a construção do Índice se dá por meio do somatório dos valores ponderados dos indicadores integrantes, podendo ser expresso pela equação do Quadro 1.

Quadro 1 - Índice agregado

$$\text{Índice agregado} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i q_i$$

Onde:

n = número de indicadores

w_i = peso do indicador (0 a 1)

q_i = valor do indicador (0 a 1)

Fonte: Magalhães Júnior (2014, p. 485).

Por sua vez, Juwana, Muttill e Perera (2012) explanam sobre a Escalação categórica, a qual consiste no escalonamento dos indicadores em diferentes categorias, com base na definição de critérios. Segundo este método, as categorias podem ser de diferentes naturezas, como por exemplo, numérica (com valores de 1 a 5) ou qualitativa (com a denominação de adjetivos como insuficiente, regular, bom, muito bom ou excelente). Ogata (2014), apresenta um método semelhante, porém o chama de Redimensionamento contínuo, com variações entre 0 e 100 e limites inferiores e superiores para a classificação das informações. Estes limites, segundo o autor, devem ser embasados em valores dados por órgãos oficiais ou trabalhos acadêmicos. De modo suplementar, é importante expor as Escalas de desempenho lançadas por Prescott-Allen (1996) apud Magalhães Júnior (2014), as quais são uma mescla dos dois métodos apresentados, como mostra o Quadro 2. Vale lembrar que a maioria das Certificações Ambientais possui seu método de avaliação baseado neste sistema.

Quadro 2 - Escalas de desempenho

ESCALA	DESEMPENHO	LIMITE
Bom	Sustentável	80 a 100
Regular	Quase sustentável	60 a 80
Médio	-	40 a 60
Ruim	Quase insustentável	20 a 40
Muito ruim	Insustentável	<20

Fonte: adaptado de Prescott-Allen (1996) apud Magalhães Júnior (2014, p. 191).

Independentemente do sistema de escalonamento, a utilização de índices para representar fatos observados é crescente. Como exemplo, pode-se citar o Índice da Água ARCADIS (*ARCADIS Water Index*), o qual é voltado especificamente para a avaliação do desempenho das cidades em função de sua relação com as águas. Este Índice, deriva do Índice de Cidades Sustentáveis, sendo concebido pelos mesmos idealizadores, e examina o nível de sustentabilidade hídrica de 50 cidades de 31 países de diferentes continentes. Para fins de avaliação, utilizam-se critérios com base em três eixos distintos: resiliência, eficiência e qualidade (ARCADIS, 2018).

Além do ARCADIS, pode-se citar outros Índices, como o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, o Índice de Qualidade da Água - IQA (MAGALHÃES JÚNIOR, 2014) e o Índice de Certificação da Sustentabilidade em Cidades - ICC (SILVA, 2015). Estes índices, em particular, quando aplicados a um determinado contexto, são capazes de mensurar dados importantes e retratar realidades as quais muitas vezes passam despercebidas. Em conjunto, possibilitam a transformação da realidade urbana no que diz respeito a interação entre pessoas, cidade e água.

2.2 Visão sobre as Certificações Ambientais Existentes

A difusão de informações a respeito das Certificações Ambientais é crescente e o uso das mesmas para melhorar a qualidade e o desempenho ambiental dos empreendimentos é cada vez mais comum. Existem diversas certificações criadas em diferentes países ao redor do mundo, sendo que no Brasil as mais difundidas são o BREEAM (*Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*) e o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), do qual deriva

o selo de avaliação da paisagem urbana SITES (*Sustainable Sites Initiative*). O selo AQUA-HQE (Avaliação da Qualidade Ambiental - *Haute Qualité Environnementale*) também é bastante disseminado e em 2010 a Caixa Econômica Federal lançou um selo próprio no Brasil, o Selo Casa Azul.

Estas certificações abordam diferentes critérios de avaliação ambiental e há vários empreendimentos certificados no país. Neste sentido, é importante que os critérios de avaliação estejam de acordo com as prioridades regionais brasileiras, principalmente no que se refere aos recursos hídricos, dadas as frequentes crises no abastecimento e transtornos ocasionados pela água em áreas urbanas. Deste modo, com a finalidade de averiguar a relevância dada às questões referentes à água, foi realizado um levantamento dos critérios de avaliação utilizados pelas certificações BREEAM, LEED, SITES, AQUA-HQE e Selo Casa Azul CAIXA. Também foi realizada uma breve descrição sobre cada certificação e feita uma análise dos sistemas de pontuação, cujos resultados serviram como embasamento para a construção do Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico - IADH.

2.2.1 BREEAM

O grupo BRE (*Building Research Establishment*) é um órgão do Reino Unido o qual oferece certificação de produtos, almejando a sustentabilidade e preservação do meio ambiente. Com a intenção de desenvolver um método de avaliação que fosse referência mundial, o grupo desenvolveu na década de 1990 o BREEAM (*Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*). Trata-se de um sistema de avaliação do desempenho ambiental de ambientes construídos, que possibilita a avaliação tanto na fase de projeto, quanto na de construção e operação das edificações (BREEAM NC, 2016).

O objetivo principal do BREEAM é a redução dos impactos causados ao meio ambiente pelo ciclo de vida das edificações. Ademais, busca também a conscientização ambiental, o reconhecimento de imóveis certificados como de baixo impacto ambiental e incentiva a inovação tecnológica. Para permitir sua difusão internacional, o método de avaliação traz alguns parâmetros que permitem o embasamento em normas locais, possibilitando que empreendimentos de diferentes regiões com particularidades específicas, como as condições climáticas, por exemplo, possam receber o selo de certificação ambiental (BREEAM NC, 2016).

O BREEAM é o sistema de certificação pioneiro e mais difundido no mundo, estando presente atualmente em mais de 78 países. Ao todo, são mais de 560.000 empreendimentos certificados e este número não para de crescer (BREEAM NC, 2016). No Brasil, este modelo de certificação das edificações ainda é pouco difundido, sendo que até o momento existem 7 empreendimentos certificados no país.

A fim de abranger diferentes tipologias construtivas, o BREEAM divide-se em **Communities, Infrastructure, New Construction, In-Use e Refurbishment and Fit-Out**. O **BREEAM NC (New Construction)**, o qual é objeto deste estudo, é estruturado em 10 categorias de avaliação ambiental, e estabelece critérios mínimos a serem atendidos e adesão opcional aos demais. Na medida em que os critérios vão sendo atendidos pelo empreendimento, os pontos são somados e ao final é feita a classificação da certificação para o empreendimento, como mostra a Figura 5.

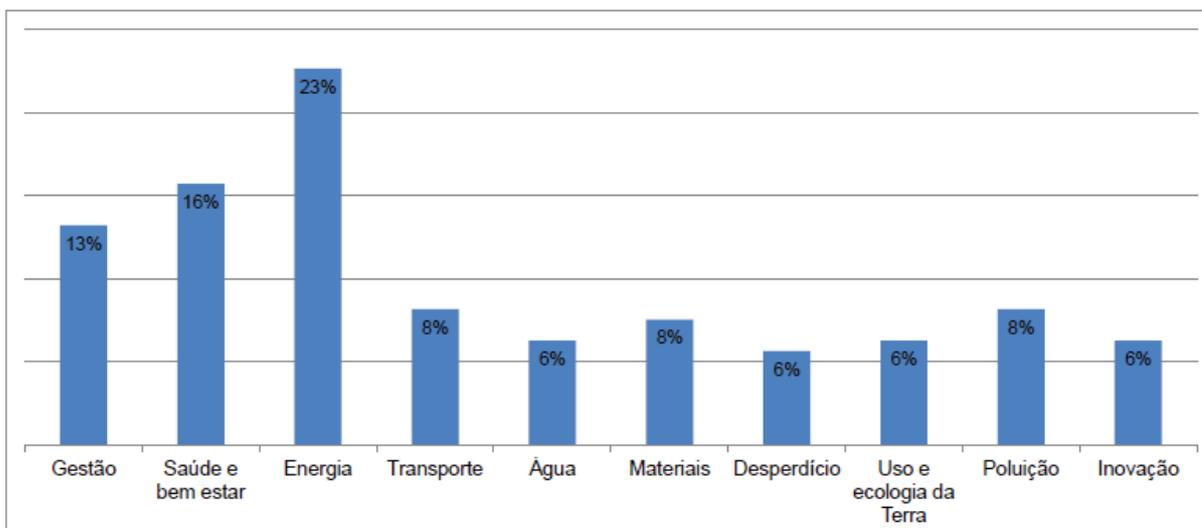
Figura 5 - Classificação BREEAM

	Avaliação BREEAM	% pontuação
	EXCEPCIONAL	≥85
	EXCELENTE	≥70
	MUITO BOM	≥55
	BOM	≥45
	CLASSIFICADO (PASSE)	≥30
	NÃO CLASSIFICADO	<30

Fonte: Adaptado de BREEAM NC (2016, p. 4 e 20).

Por serem bastante abrangentes, as categorias de avaliação são divididas em áreas temáticas, que são as seguintes: **Gestão, Saúde e bem estar, Energia, Transporte, Água, Materiais, Desperdício, Uso e ecologia da Terra, Poluição e Inovação**. A categoria referente a **Água** trata de diversas questões relativas à racionalização no consumo, no entanto, a quantidade de pontos atribuídos à esta categoria, representa apenas 6% do total da tipologia BREEAM NC (Figura 6). Já a categoria de **Energia** representa 23% deste total, evidenciando a importância dada à esta categoria em detrimento das demais.

Figura 6 - Gráfico do percentual de pontos por categoria BREEAM NC



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Apesar disso, critérios de avaliação relacionados com a água mostram-se presentes também em outras categorias, como é o caso da categoria de **Gestão**, a qual recomenda, dentre outras coisas, que seja feito o Monitoramento do uso da água durante as fases de construção, entrega e operação das edificações. Isso também ocorre na categoria de **Saúde e bem estar**, na qual deve-se atentar para a Qualidade da água, visando a redução dos riscos de contaminação. Já a categoria referente a **Poluição** ressalta a importância da implantação do empreendimento ser realizada em locais com Baixa probabilidade de inundação, de modo a permitir o escoamento das águas pluviais na mesma proporção que era anterior às obras.

O **BREEAM Communities**, por sua vez, apesar de não ter nenhuma categoria específica para tratar das questões referentes a água, traz alguns critérios de avaliação que se referem a mesma. Sendo o caso da Avaliação e gerenciamento do risco de inundação presente na categoria de **Saúde e bem estar**, Uso estratégico da água na categoria de **Recursos e energia**, bem como o controle da Poluição da água e Armazenamento da água pluvial na categoria referente ao **Uso do solo e ecologia da Terra**.

2.2.2 LEED

Após a crise energética da década de 1970, as questões relacionadas com a sustentabilidade voltaram a ser pauta nos anos 1990. Tendo em vista a possibilidade de avaliar a forma como as edificações são projetadas, construídas e operadas, o

USGBC (*United States Green Building Council*) desenvolveu de forma conjunta à um comitê formado por técnicos da área da construção civil o sistema de avaliação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) (USGBC, 2014).

O LEED ao longo dos anos vem aprimorando o seu método de avaliação, tendo em vista a constante atualização dos critérios de verificação e o incentivo ao uso de tecnologias emergentes, as quais se constituem em estratégias mais sustentáveis aplicadas à construção civil. Da mesma forma, o LEED também vem evoluindo quanto a sua estrutura e abrangência de tipologias construtivas avaliadas. Em meados de 2014 foi lançado o LEED V4, sendo este uma atualização da versão anterior, o LEED V3, o qual foi lançado em 2009. Na nova versão, houve a fusão de algumas tipologias de avaliação, as quais foram agrupadas em novas categorias, sendo que do ponto de vista da avaliação, a versão V4 mostra-se mais criteriosa em comparação com a anterior (USGBC, 2014).

Atualmente, o LEED é o sistema de certificação ambiental para edificações mais utilizado no mundo. Está presente em mais de 160 países, sendo que no Brasil é representado pelo GBC Brasil (*Green Building Council Brasil*). Com mais de 400 certificados contabilizados até meados de 2017, o LEED é o sistema de certificação ambiental dominante no país (GBC BRASIL, 2017).

Afim de viabilizar a certificação para os diversos tipos de empreendimentos, o LEED possui 4 tipologias - **LEED BD+C** (*Building Design and Construction*), **LEED ID+C** (*Interior Design and Construction*), **LEED O+M** (*Operations and Maintenance*) e **LEED ND** (*Neighborhood*), as quais são compostas por diversas variáveis de avaliação. Estas variáveis dividem-se em pré-requisitos obrigatórios e Créditos de ações opcionais para a obtenção de pontos (USGBC, 2014). O sistema de pontuação permite que sejam atingidos até 110 pontos, caso sejam cumpridas todas as ações propostas pelo LEED. A cada crédito atendido, é realizado o somatório dos pontos obtidos, os quais são pré-determinados. Além disso, o sistema permite a certificação em 4 níveis classificatórios, conforme o somatório da pontuação alcançada. A Figura 7 ilustra os níveis classificatórios e a pontuação necessária para alcançar cada um deles.

Figura 7 - Níveis de certificação LEED

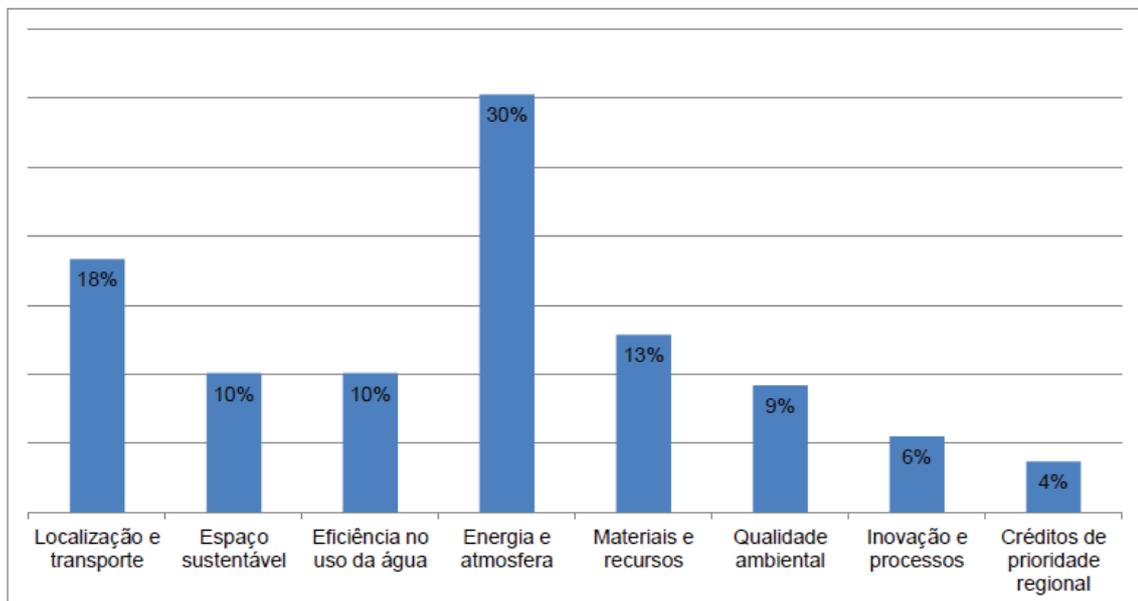


Fonte: USGBC (2018).

Dentre as tipologias de avaliação a LEED BD+C é a mais recorrente, sendo que o selo para **Novas Construções** é abundantemente requerido. Neste caso, a tipologia abrange 8 categorias de avaliação: **Localização e transporte**, **Espaço Sustentável**, **Eficiência no uso da água**, **Energia e atmosfera**, **Materiais e recursos**, **Qualidade ambiental interna**, **Inovação e processos** e **Créditos de prioridade regional** (GBC BRASIL, 2017).

A quantidade de créditos e pontos atribuídos varia em função da categoria de avaliação e do grau de importância que lhe é atribuído. A Figura 8 mostra um gráfico com o respectivo percentual de pontos que cada categoria possui.

Figura 8 - Gráfico do percentual de pontos por categoria LEED BD+C



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Observa-se que a categoria que avalia a **Eficiência no uso da água** representa 10% da pontuação possível de ser alcançada. Já a categoria referente a **Energia e atmosfera** compreende 30% do total de pontos, o que leva a entender que a categoria é considerada como a de maior importância para a tipologia **LEED BD+C**. Dentre as ações propostas pela categoria de Eficiência no uso da água estão a Redução e medição do consumo e o Reuso da água de torres de resfriamento.

No caso do **LEED ND**, não há nenhuma categoria que trata especificamente do uso da água. No entanto, algumas categorias trazem critérios de avaliação referentes a gestão hídrica, como é o caso da categoria de **Local inteligente e vínculo**, a qual traz a Conservação de zonas úmidas e corpos d'água e a Prevenção de planícies de inundação como itens obrigatórios. Também possibilita a atribuição de pontos se forem atendidas as ações de Projeto do terreno para conservação do habitat ou áreas úmidas e corpos d'água, Restauração do habitat ou áreas úmidas e corpos d'água e Gestão de conservação a longo prazo do habitat ou áreas úmidas e corpos d'água. A categoria de **Infraestrutura e edifícios verdes** aponta a Redução do uso de água do interior como um dos itens obrigatórios, sendo que é possível obter pontos extras caso seja superada a redução mínima exigida para o item obrigatório. Os critérios de Redução do uso de água do exterior, Gestão de águas pluviais e Gerenciamento de águas servidas, também possibilitam a obtenção de pontos.

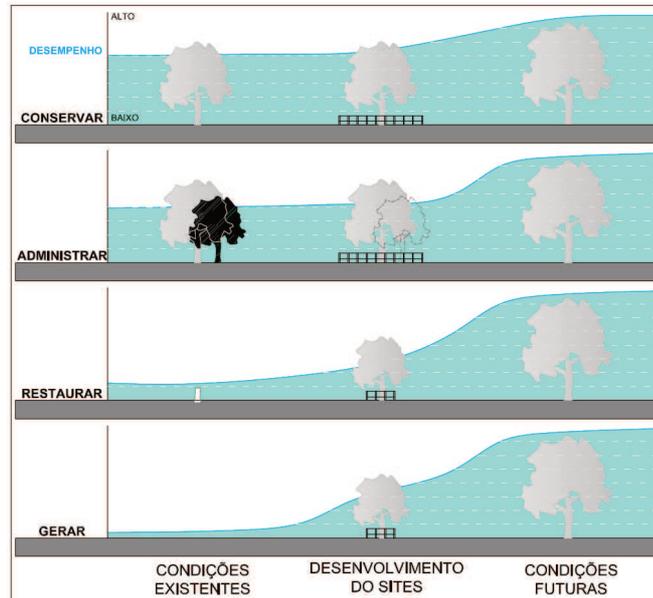
2.2.3 SITES

Com o objetivo de amenizar, evitar ou até mesmo reverter os danos causados ao meio ambiente pelas obras de urbanização, um conjunto de diretrizes e sistema de classificação do desempenho da sustentabilidade, denominado como a Iniciativa de Locais Sustentáveis (*Sustainable Sites Initiative* - SITES), foi estabelecido nos Estados Unidos em 2009. Este sistema, segue a premissa de que paisagens sustentáveis são capazes de criar comunidades ecologicamente corretas, reduzir a ocorrência de enchentes, secas e outros eventos catastróficos. Por ser desenvolvido pelos mesmos idealizadores do LEED, ambos os sistemas podem ser aplicados de modo paralelo e simultâneo no mesmo empreendimento (SITES, 2015).

Por ser voltado ao desenvolvimento de projetos urbanísticos, o SITES, leva arquitetos, paisagistas, designers e engenheiros a desenvolver propostas que protegem os ecossistemas e aprimoram a ambiência urbana, por meio de paisagens funcionais, belas e regenerativas. O sistema pode ser aplicado aos mais variados tipos de empreendimentos, como parques, praças, complexos universitários, bairros e empreendimentos de grande porte como shoppings e hospitais, desde que as construções sejam novas ou construídas a no máximo dois anos (SITES, 2015). Na Figura 9 é possível observar de modo ilustrativo como a doutrina do SITES pode ser

executada em diversos contextos, resultando sempre em benefícios ao meio ambiente.

Figura 9 - Variáveis de aplicação do SITES



Fonte: Adaptado de SITES (2015, p. 11).

Composto por 10 categorias, as quais somam um total de 200 pontos, o SITES é instituído por critérios de avaliação obrigatórios e eletivos. Cabe aos idealizadores do projeto decidir sobre quais critérios atender para atingir as pontuações mínimas para a obtenção do selo e classificação conforme Tabela 2. É importante ressaltar que, nem todos os critérios poderão ser atendidos por todos os empreendimentos que buscam a certificação, cabendo, portanto, a decisão de optar em atender a quantidade máxima dos que são possíveis de cumprir em cada caso específico.

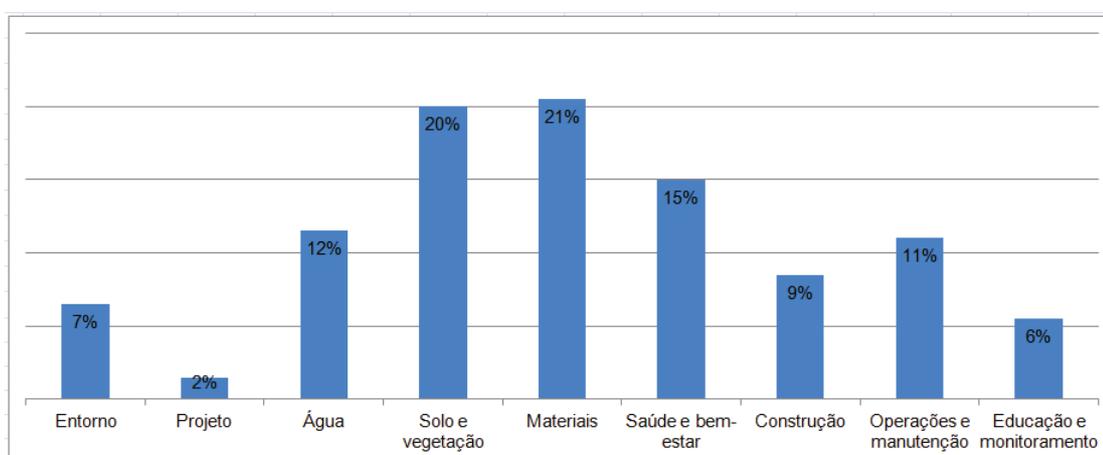
Tabela 2 - Ranking de classificação

NÍVEL DE CERTIFICAÇÃO	TOTAL DE 200 PONTOS
Certificado	70 pontos
Prata	85 pontos
Ouro	100 pontos
Platina	135 pontos

Fonte: Fonte: Adaptado de SITES (2015, p. 25).

Como é possível observar na Figura 10, o SITES possui uma categoria de avaliação específica para questões referentes a água. Esta, agrega critérios como Redução do consumo de água ao ar livre, Reuso de água pluvial, Restauração dos ecossistemas aquáticos, além dos pré-requisitos de Gestão das águas pluviais e Redução do consumo de água para irrigação. Abrangendo 12% do total de pontos disponíveis, esta categoria é a 4ª com o maior número de pontos, sendo precedida em ordem decrescente, pelas categorias de Materiais, Solo e vegetação e Saúde e bem-estar.

Figura 10 - Gráfico SITES



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Além da categoria específica para água, o tema também é abordado na categoria Entorno, pelos pré-requisitos referentes a Proteção das várzeas e Conservação dos ecossistemas aquáticos. Este conteúdo também aparece na categoria Projeto, intrínseco no critério de Demarcação de áreas de preservação.

2.2.4 HQE - AQUA

O processo AQUA-HQE (Avaliação da Qualidade Ambiental - *Haute Qualité Environnementale*) tem suas origens fixadas na França e é uma das certificações ambientais mais conhecidas no Brasil. Seu desenvolvimento se deu a partir da certificação francesa *Démarche HQE* e vem sendo aplicada no país pela Fundação Vanzolini desde 2008 (Figura 11). Dentre os objetivos almejados pela certificação está a melhoria contínua do desempenho das construções, buscando a adaptação às particularidades locais do clima, cultura e normas técnicas. Com isso, a divulgação do selo AQUA-HQE vem crescendo significativamente ao longo dos

anos, sendo que há mais de 400 edifícios novos certificados - residenciais e não residenciais - sendo estes os que representam a maior demanda atualmente (PORTAL VANZOLINI, 2015).

Figura 11 - Símbolo do processo AQUA-HQE



Fonte: Fundação Vanzolini e Cerway (2016, p. 1).

O processo AQUA-HQE também abrange 3 tipologias de empreendimentos - **Bairros e Loteamentos, Edifícios em Construção e Edifícios em Operação**, sendo que estruturalmente é composto por 4 áreas temáticas - **Meio ambiente, Energia e Economia, Conforto, Saúde e Segurança** - as quais são subdivididas em 14 categorias de avaliação, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Áreas temáticas e categorias do processo AQUA-HQE

MEIO AMBIENTE	ENERGIA E ECONOMIA	CONFORTO	SAÚDE E SEGURANÇA
Categoria 1 Edifício e seu entorno	Categoria 4 Energia	Categoria 8 Conforto higrotérmico	Categoria 12 Qualidade dos espaços
Categoria 2 Produtos, sistemas e	Categoria 5 Água	Categoria 9 Conforto acústico	Categoria 13 Qualidade do ar
Categoria 3 Canteiros de obras	Categoria 7 Manutenção	Categoria 10 Conforto visual	Categoria 14 Qualidade da água
Categoria 6 Resíduos		Categoria 11 Conforto olfativo	

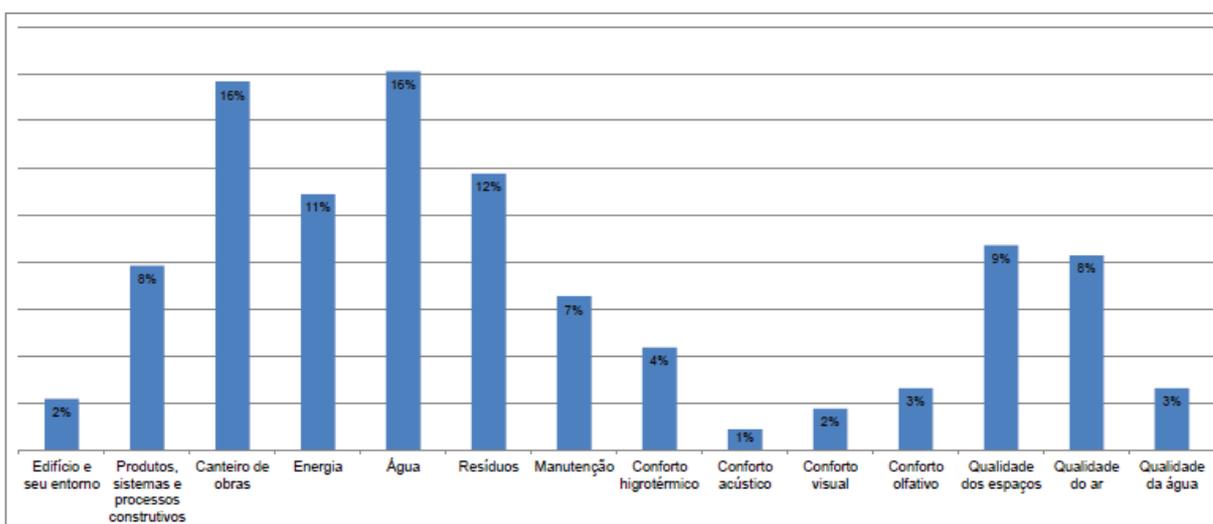
Fonte: Adaptado pela autora de Fundação Vanzolini e Cerway (2016, p. 6).

Já a avaliação se dá pela soma dos pontos obtidos nas categorias, sendo que cada uma delas possui itens que obrigatoriamente devem ser atendidos. O atendimento dos requisitos de cada categoria fica submetido ainda a classificação das ações nos níveis **Base, Boas Práticas** ou **Melhoras Práticas**. Assim, ao final é realizado o somatório dos pontos e é determinado o nível de classificação do empreendimento em *HQE Pass, HQE Good, HQE Very Good, HQE Excellent* ou *HQE Exceptional*. Para tanto, a exigência mínima para a obtenção do selo de

certificação é o atendimento a 3 categorias no nível Melhores Práticas, 4 categorias no nível Boas Práticas e 7 no nível Base (FUNDAÇÃO VANZOLINI e CERWAY, 2016).

Ao analisar as temáticas abordadas pelo Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção (FUNDAÇÃO VANZOLINI e CERWAY, 2016), nota-se que a **Categoria 5 - Água** trata exclusivamente do bom uso da água, de modo a representar 16% do total de pontos da certificação (Figura 12). Já a **Categoria 14 - Qualidade da água** representa apenas 3% da pontuação. Somadas, estas duas categorias representam 19% da pontuação máxima permitida.

Figura 12 - Gráfico do percentual de pontos por categoria AQUA-HQE



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Vale ressaltar, porém, que a temática da água também aparece em outras categorias, como é o caso da **Categoria 1 - Edifício e seu entorno** na qual é mencionada a Avaliação das redes de escoamento, Gestão das águas pluviais e Permeabilidade superficial. O mesmo ocorre na **Categoria 3 - Canteiro de Obras** quando é citada a necessidade do Monitoramento da qualidade dos efluentes lançados nas redes de coleta pluvial e o Controle do consumo de água, por meio de ações de Conscientização dos operários, sendo que na **Categoria 7 - Manutenção**, isto ocorre de modo semelhante quando a mesma se refere ao Controle do fluxo de água.

Na tipologia **AQUA Bairros e Loteamentos** há uma categoria exclusiva para a **Água**. Sendo que neste caso, são abordadas questões referentes a Redução do consumo, Medição do consumo, Aproveitamento de água de chuva e Controle de

perdas. Os Coeficientes de permeabilidade do solo, Vazão de escoamento, Tratamento dos efluentes e prevenção da Poluição da água também fazem parte dos critérios de avaliação.

2.2.5 Selo Casa Azul CAIXA

Desenvolvido prioritariamente para contribuir com a redução dos danos causados ao meio ambiente pelas ocupações irregulares, geralmente em áreas de risco, áreas de preservação ambiental e com habitações precárias, o Selo Casa Azul CAIXA é o primeiro instrumento de classificação socioambiental de projetos habitacionais elaborado no Brasil. Criado em 2010, o selo prioriza a construção de habitações de interesse social, afim de contribuir para a redução do déficit habitacional. Além disso, o mesmo também incentiva o uso racional dos recursos naturais e uma melhor qualidade para as habitações e seu entorno (JOHN; PRADO, 2010).

O Selo tem sua fundamentação firmada nos preceitos do Desenvolvimento Sustentável, o qual considera que as soluções para os problemas globais em relação a sustentabilidade devam ser abordadas de forma local. Desta forma, o mesmo foi desenvolvido de modo a atender a realidade da construção civil brasileira e possui **3 Níveis de Classificação - Ouro, Prata e Bronze** (JOHN; PRADO, 2010). Assim, na medida em que os empreendimentos cumprem os pré-requisitos dos critérios de avaliação, recebem o selo de certificação correspondente a quantidade de critérios atendidos (Figura 13). Por ser vinculado diretamente aos programas de financiamento da CAIXA, o Selo Casa Azul é bastante restritivo, sendo que atualmente há apenas 11 empreendimentos certificados pelo mesmo (SELO CASA AZUL, 2018).

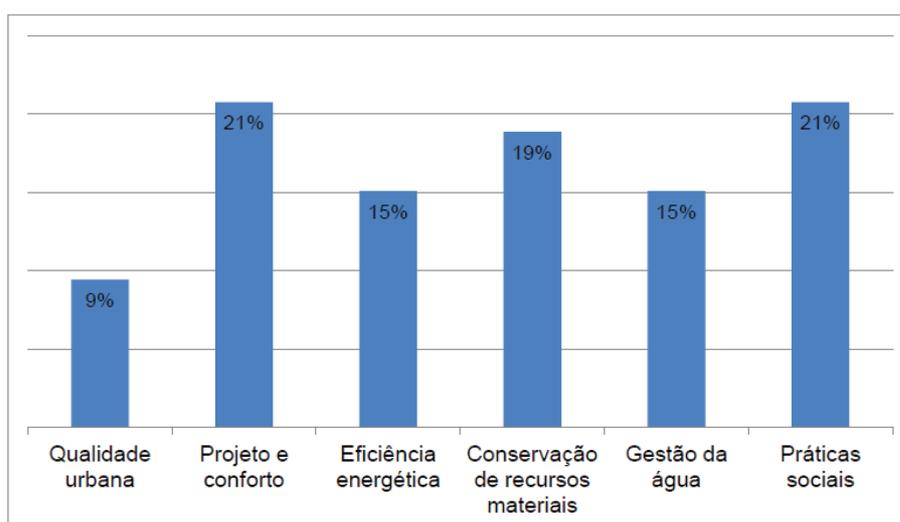
Figura 13 - Logomarcas do Selo Azul: níveis Ouro, Prata e Bronze



Fonte: John e Prado (2010, p. 21).

Com 53 critérios de avaliação, o Selo Casa Azul CAIXA é estruturado em 6 áreas temáticas - **Qualidade urbana**, **Projeto e conforto**, **Eficiência energética**, **Conservação de recursos materiais**, **Gestão da água** e **Práticas sociais**. Constituída por 8 dos 53 critérios do selo, a categoria de **Gestão da água** corresponde a 15% do total (Figura 14) e aborda questões como a Racionalização no uso de água nas edificações, Aproveitamento de águas pluviais e Priorização de áreas permeáveis. Já as categorias de **Projeto e conforto** e **Práticas sociais** são priorizadas pelo instrumento, equivalendo a 21% do total de critérios cada.

Figura 14 - Gráfico do percentual de pontos Selo Casa Azul CAIXA



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Vale mencionar, no entanto, que na categoria referente a **Qualidade urbana** a existência de rede de abastecimento de água potável é obrigatória, assim como é recomendada a instalação de Estações de Tratamento de Efluentes nos empreendimentos, Redes de drenagem e amplas Áreas permeáveis. Outra questão importante, é que o Selo Casa Azul refere-se exclusivamente a empreendimentos residenciais, sendo que até o momento não há nenhuma tipologia referente a certificação em escala de bairro.

2.2.6 Análise Comparativa dos Critérios de Avaliação

Diante do levantamento realizado sobre as categorias de avaliação das certificações ambientais mais conhecidas no Brasil, constatou-se que alguns critérios de avaliação referentes a água são contemplados em todas as certificações analisadas. Por outro lado, alguns critérios mais específicos fazem parte apenas de

uma única certificação. O Quadro 3 mostra uma síntese destes critérios e também quais fazem parte de cada certificação analisada. No intuito de otimizar a estruturação do Quadro, os critérios foram agrupados por semelhança em áreas temáticas, sendo compreendidos neste caso todos os critérios referentes a água nas seguintes modalidades das certificações: LEED BD+C, LEED ND, SITES, BREEAM NC, BREEAM *Communities*, AQUA-HQE, AQUA Bairros e Loteamentos e Selo Casa Azul CAIXA.

Quadro 3 - Síntese comparativa dos critérios de avaliação

Critérios de avaliação	Certificação				
	LEED	SITES	BREEAM	AQUA-HQE	SELO CASA AZUL
Redução do consumo	x	x	x	x	x
Monitoramento do consumo	x		x	x	x
Reuso de água não potável	x				
Retenção de água pluvial	x	x	x	x	x
Armazenamento de água pluvial	x	x	x	x	x
Aproveitamento de água pluvial	x	x	x	x	x
Controle do escoamento superficial	x	x	x	x	x
Rede de drenagem	x	x	x	x	x
Áreas permeáveis para infiltração	x	x	x	x	x
Preservação dos corpos hídricos e controle da poluição	x	x	x	x	
Controle da poluição da água	x	x	x	x	
Preservação das áreas de inundação	x	x	x		
Recuperação dos corpos hídricos	x	x			
Gestão das águas servidas	x	x		x	
Qualidade da água			x	x	
Controle de vazamentos e perdas			x	x	
Existência de rede de abastecimento de água potável					x
Sistemas de tratamento individual de esgoto ou ETE*	x				x
Educação ambiental para o bom uso da água		x			x

*ETE - Estação de Tratamento de Efluentes

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Nota-se que critérios como **Redução do consumo de água, Retenção, Armazenamento e Aproveitamento da água pluvial, Áreas permeáveis para infiltração, Redes de drenagem e Controle do escoamento superficial** estão presentes em todas as categorias referentes à água nas certificações analisadas. Por outro lado, critérios importantes como o **Tratamento de esgoto, Educação ambiental, Recuperação dos corpos hídricos e Reuso de água** não potável são menos recorrentes. Cabe ressaltar que a análise se deu prioritariamente aos referenciais para novas construções residenciais e bairros. Sendo que, deste modo, os resultados desta análise podem variar conforme as tipologias construtivas de cada certificação.

2.2.7 Análise Comparativa das Certificações

Ao realizar um levantamento dos critérios de avaliação referentes à água, utilizados pelas certificações ambientais mais difundidas no Brasil, foi possível constatar que muitos destes são comuns à todas as certificações, reforçando assim a sua relevância. Por outra lado, foi possível verificar que alguns critérios, mesmo sendo de suma importância, são pouco abordados.

O BREEAM, mesmo sendo uma das certificações mais difundidas mundialmente, trata as questões relativas a água de forma breve, limitando-se basicamente a redução do consumo. Mesmo abordando critérios referentes às questões hídricas no meio urbano no BREEAM *Communities*, os mesmos possuem pouco valor atribuído pela pontuação. Conseqüentemente, tornam-se menos interessantes aos investidores que buscam a certificação. Já o sistema de pontuação, de modo geral mostra-se eficiente pois dá maior ou menor ênfase a determinados critérios de avaliação por meio da pontuação. Ou seja, os critérios considerados mais importantes, possibilitam uma pontuação maior em relação aos demais. Desta forma, ficam evidentes as prioridades ambientais da certificação.

Do modo semelhante, o LEED também não aborda os critérios relacionados a água de forma prioritária. Apesar disso, mostra-se funcional em relação ao sistema de pontuação, sendo importante ressaltar que este método de pontuação permite que o empreendimento receba a certificação mesmo sem ter cumprido todas as ações propostas pela certificação. Ou seja, como cada categoria avaliada possui alguns pré-requisitos obrigatórios e diversos créditos opcionais, o sistema permite

que o empreendimento atinja a pontuação mínima necessária para a certificação cumprindo vários créditos em apenas algumas categorias e atendendo somente aos pré-requisitos das demais. Isto resulta em alto desempenho ambiental da edificação limitado apenas às estas determinadas categorias. Neste caso, mesmo a prioridade ambiental ficando a critério do empreendedor, uma vez que este opta pelos critérios que deseja atender no empreendimento, o mesmo fica indiretamente induzido a atender aos critérios que possibilitam uma maior pontuação. Assim, é possível atingir o mínimo de pontos necessários para obter o certificado, atendendo ao mínimo de créditos.

Por seguir esta mesma metodologia de pontuação, o SITES se mostra bastante semelhante ao LEED quanto às potencialidades e deficiências do sistema de avaliação. Outro detalhe importante é o fato de o SITES e o LEED poderem ser aplicados a um mesmo empreendimento de modo simultâneo. Desta forma, alguns critérios de avaliação são os mesmos para ambas as certificações, facilitando a obtenção dos dois selos.

Diferentemente das certificações anteriores, no sistema AQUA-HQE as questões ligadas à água são consideradas relevantes, uma vez que a certificação possui um total de 14 categorias e as duas relacionadas com a água representam quase 1/5 do total de pontos. Além disso, são asseguradas duas categorias exclusivas para a avaliação do desempenho hídrico dos empreendimentos e questões referentes à água estão presentes também em outras categorias. Apesar disso, isto não garante que o empreendimento avaliado seja amplamente eficiente quanto ao uso da água, uma vez que o empreendedor tem a livre opção de investir no atendimento das categorias que considerar mais adequadas. Outra particularidade do sistema AQUA-HQE é que em seu sistema de pontuação cada critério de avaliação pode ser classificado nos níveis Base, Boas Práticas ou Melhores Práticas, ficando a critério do empreendedor optar pelas prioridades ambientais que considerar mais adequadas. Isto é um diferencial do AQUA-HQE em relação às demais certificações, nas quais os critérios considerados mais importantes possibilitam a obtenção de mais pontos, sendo que desta forma as prioridades são impostas pelos idealizadores das mesmas.

Já o Selo Casa Azul da Caixa, mesmo não considerando a água como a categoria prioritária, mostra-se bastante promissor por abordar critérios de avaliação importantes, como a presença de ETE's (Estações de Tratamento de Efluentes), por

exemplo. O método de avaliação também se mostra equitativo, uma vez que não são atribuídos pontos aos critérios. Desta forma, basta o empreendedor optar pela adesão ou não ao mesmo. Assim, ao cumprir todos os critérios obrigatórios, mais a quantidade mínima dos opcionais, é possível obter o selo ambiental conforme o nível de classificação equivalente ao número de critérios atendidos.

Com este levantamento, foi possível constatar que as certificações ambientais mais difundidas atualmente no Brasil, são bastante abrangentes em relação aos critérios de avaliação. Ou seja, abordam diversas áreas, sendo que com isso, acabam tornando-se pouco específicas, o que dificulta o alto desempenho ambiental em todas as categorias, ficando o mesmo restrito àquelas cujo cumprimento minucioso se dá em função da disponibilidade de maior quantidade de critérios de avaliação e maior pontuação. Desta forma, a correta gestão dos recursos hídricos por meio das certificações ambientais é dificultada, uma vez que as categorias referentes a água não são tratadas como prioritárias pelas certificações analisadas. Contudo, os sistemas de pontuação mostram-se bastante eficientes, necessitando apenas, que houvesse a priorização do atendimento aos critérios referentes ao uso da água.

2.3 Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico

Em decorrência da extensa gama de indicadores e parâmetros de avaliação disponíveis, é necessário realizar uma triagem para a escolha dos mais adequados para composição do Índice, a fim de atender aos objetivos propostos. Esta escolha deve priorizar parâmetros universais, ou seja, possíveis de serem aplicados em diferentes regiões do país. É importante também que os dados estejam disponíveis e sejam de fácil acesso e compreensão para o público em geral, pois, desta forma, as probabilidades de se sucederem ações de melhoria para o contexto em estudo serão potencializadas.

Além disso, para a composição do Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico (IADH) é imprescindível que se utilizem variáveis técnicas e ambientais, as quais contemplam parâmetros de avaliação que tenham relação com a preservação dos recursos hídricos e a natureza. Na sequência serão abordados alguns aspectos referentes à gestão sustentável dos recursos hídricos nas cidades, cuja contextualização é fundamental para a composição do IADH.

2.3.1 Recursos Hídricos e Cidades

A água é um dos recursos naturais mais abundantes do planeta, de modo a cobrir cerca de 70% da superfície terrestre. No entanto, mais de 97% da água disponível no mundo encontra-se nos oceanos, cerca de 2% estão congelados nas geleiras e apenas 1% está disponível para o consumo. Deste modo, devido ao aumento populacional nas últimas décadas e a degradação dos recursos hídricos, os conflitos por água potável são cada vez mais frequentes (VICTORINO, 2007).

Por estar presente tanto no ambiente natural, quanto antrópico, a água pode ser considerada como um dos elementos naturais mais importantes (TELLES et al., 2007). Mascaró JL, Mascaró L e Freitas (2008), confirmam que a água em quantidades adequadas é determinante para a existência de vida, estando diretamente vinculada a manutenção dos ecossistemas, preservação da biodiversidade e regulação do clima. Além do mais, inúmeros usos lhe são atribuídos, tais como irrigação, limpeza, produção de energia, indústria, recreação, lazer, produção de alimentos, paisagismo e navegação (GONÇALVES et al., 2006).

Historicamente, as civilizações humanas sempre estabeleceram seus assentamentos junto aos cursos hídricos, uma vez que o seu desenvolvimento está condicionado a presença de água em quantidade suficiente para suprir as necessidades da população (MASCARÓ JL; MASCARÓ L; FREITAS, 2008). A vitalidade hídrica sempre esteve associada a prosperidade, sendo responsável pela fertilização de planícies pós-cheias, resultando em produção agrícola excedente. Do mesmo modo, também está atrelada ao transporte de mercadorias, condução de águas residuais e comércio entre cidades (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Diante do contexto da ampla utilização dos recursos hídricos, obras de infraestrutura mostraram-se necessárias. Segundo Mascaró JL, Mascaró L e Freitas (2008), as primeiras obras construídas desde a Antiguidade são as relacionadas com a distribuição inadequada da água nos assentamentos, ou seja, em casos de escassez, são construídos mecanismos para permitir a irrigação e em caso de volumes excedentes, realiza-se a drenagem do solo.

Miguez, Veról e Rezende (2016) observam que diferentes abordagens em relação ao manejo dos recursos hídricos foram concebidas ao longo dos séculos, de acordo com as necessidades de cada período. O período conhecido como Higienista foi um dos mais marcantes, uma vez que em função das aglomerações

populacionais urbanas, as condições de salubridade ficaram comprometidas. Assim, os dejetos passaram a ser conduzidos para longe dos centros urbanos, sendo que neste contexto, a água servia apenas como um meio de transporte.

O modelo introduzido durante o período Higienista ainda é amplamente utilizado na atualidade em diversos países, principalmente nos que estão em desenvolvimento. No entanto, práticas relacionadas ao manejo sustentável das águas urbanas e ações relacionadas a projetos de cidades sensíveis a presença da água estão sendo fortalecidas em discussões sobre o planejamento urbano (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Isso se dá em função da crescente preocupação em relação a disponibilidade de água potável, sendo que esta inquietação surgiu no século XX e serve de alerta para a má administração dos recursos hídricos, enfatizando a necessidade de racionalização e reutilização da água (MASCARÓ JL; MASCARÓ L; FREITAS, 2008).

Em 1968 o Conselho da Europa lançou a Carta Europeia da Água, a qual traz 12 diretrizes que se referem à proteção dos recursos hídricos. Estas diretrizes abordam questões como: a importância de preservar a qualidade da água, a cobertura vegetal, mapear os leitos hídricos, estabelecer uma gestão eficiente e sem fronteiras das águas, sendo que o cuidado para com esta é responsabilidade de todos, além de destacar que os recursos hídricos não são infinitos (ROSSA, 2006). Posterior a isto, a preservação e proteção da água tornou-se pauta constante em encontros de líderes governamentais, estudos acadêmicos e na sociedade em geral.

O Brasil, apesar de ser um dos maiores detentores de água doce disponível no mundo, teve a temática da conservação da água introduzida no meio urbano apenas na década de 1980 (GONÇALVES et al., 2006). Sendo considerado o quinto maior país em extensão, o país se destaca por possuir grande reserva de água doce em seus rios e aquíferos (TELLES et al., 2007). A Agência Nacional das Águas (2016), quantifica que cerca de 12% da água doce disponível no mundo encontra-se em solo brasileiro. a mesma traz também informações sobre a variação dos usos da água no país, sendo que o principal está relacionado com a irrigação agrícola. Além deste, também há uma grande demanda na indústria, abastecimento humano e animal, geração de energia elétrica, saneamento básico e recreação.

Entretanto, mesmo sendo rico em recursos hídricos, o Brasil faz um mal gerenciamento das águas. Problemas no abastecimento, poluição e adversidades em períodos de grandes precipitações pluviais no meio urbano são recorrentes.

Como exemplo, pode se citar Rio de Janeiro e São Paulo, as quais são as duas maiores cidades do país e apresentam sérios problemas em relação ao abastecimento de água e saneamento básico. Estas tribulações estão diretamente relacionadas ao crescimento urbano desordenado, a falta de conscientização popular e escassez de programas voltados à educação ambiental, de modo a estimular mudanças comportamentais em relação a salvaguarda dos recursos hídricos (VICTORINO, 2007).

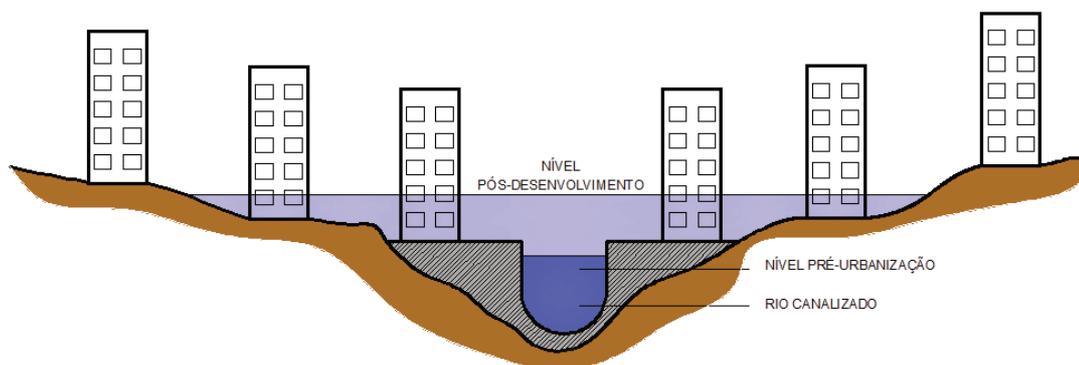
Para melhor entender a dinâmica hídrica urbana, o esclarecimento de alguns conceitos se faz necessário. Dentre estes, está o de **enchente** que, segundo o Ministério das Cidades (2007), consiste em um fenômeno natural de caráter hidrometeorológico e é ocasionado por chuvas intensas, geralmente de longa duração, acarretando no aumento da vazão e elevação do nível da água nos leitos hídricos. Já a denominação de **inundação** se dá nos casos em que a água extrapola a cota máxima da calha hídrica e transborda, espalhando-se pelas planícies de inundação ou várzeas (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007). Tucci et al. (2014) destacam que estes locais costumam ser habitados com maior densidade quando há baixa regularidade das inundações. Desta forma, as pessoas adquirem mais confiabilidade e ignoram o perigo, sendo que nestes casos, quando ocorrem eventos desta natureza, os danos e prejuízos são agravados. Santos et al. (2016) denominam estas situações como **inundações urbanas**, destacando que as mesmas afetam principalmente as populações de baixa renda, as quais costumam ocupar as áreas de risco.

De modo equivalente às inundações, os **alagamentos** também são consequência de sistema de drenagem ineficientes suscitando em acúmulo momentâneo de água. Os mesmos afetam a população exposta a situações de vulnerabilidade e estão associados a intensos volumes pluviométricos. Em contrapartida, as **enxurradas** consistem em grande volume de escoamento superficial da água com alta intensidade de força, sendo capazes de arrastar objetos e até mesmo automóveis. Em situações mais graves, as mesmas podem até mesmo danificar a estrutura de edificações e ocasionar afogamentos (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Telles e Góis (2013), explicam que os infortúnios hídricos no meio urbano afetam o desenvolvimento sustentável das cidades e ameaçam a segurança da população, sendo que estes, são em sua maioria, decorrentes das interferências

antrópicas no meio natural, conforme exemplifica a Figura 15. Dentre estas interferências, os autores citam a remoção da cobertura vegetal do solo, modificações na topografia, excesso de impermeabilização e acúmulo de resíduos sólidos no sistema de drenagem.

Figura 15 - Invasão da várzea



Fonte: Adaptado de Tucci et al. (2014, p. 646).

Vale lembrar que as condições hidrológicas responsáveis pelas enchentes e inundações pode ser de origem natural ou antrópica. De cunho natural estabelecem-se variáveis como relevo, tipo e intensidade da precipitação, cobertura vegetal e a capacidade de drenagem do solo. Já as condições antrópicas, provocadas pela interferência humana no ciclo hidrológico natural, constituem-se de desmatamento, urbanização, impermeabilização excessiva do solo, retirada da cobertura vegetal, acúmulo de resíduos sólidos e descaracterização do leito natural dos rios (TUCCI et al., 2014).

2.3.2 Variáveis de Avaliação

Transtornos no meio urbano associados a eventos pluviométricos são bastante recorrentes, especialmente nas áreas onde a urbanização é densa. Enchentes e alagamentos frequentemente são responsáveis pela paralisação parcial da cidade, com interrupção de serviços básicos como transporte e abastecimento de água potável. Avarias na infraestrutura física das edificações e mobiliário urbano, além de prejuízos econômicos também estão atrelados ao contratempo (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; TELLES; GÓIS, 2013).

Neste sentido, a busca pela amenização dos problemas relacionados com a drenagem urbana, assim como a requalificação dos corpos hídricos é desejável. Vale lembrar que, "o objetivo global da requalificação é obter um curso d'água que

seja melhor. Isso implica, naturalmente, antes de tudo, evitar o agravamento do estado atual e, sem seguida, tentar melhorá-lo, tanto quanto possível" (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016, p. 173). Também é importante estar claro que dificilmente serão restauradas as condições naturais do local, sendo que as ações devem ser no sentido de tornar o espaço o melhor possível e mais próximo da realidade preexistente. Desta maneira, é possível reestabelecer o equilíbrio entre o natural e o antrópico, agregando qualidade ambiental ao meio urbano e melhores condições de vida à população.

Para tanto, soluções que integram drenagem e programas de revitalização de áreas urbanas são ideais, uma vez que permitem a amenização dos problemas relacionados com as cheias, assim como a otimização dos recursos, pelo fato de permitir a implementação de projetos com múltiplas finalidades (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Seguindo este raciocínio, é importante frisar as palavras de Tucci et al. (2014, p. 805), quando estes se referem à drenagem urbana, esclarecendo que a mesma tem "por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável." Para os autores, a drenagem urbana alcançou os campos político, social e de gestão, não estando mais restrita à engenharia. Em termos práticos, vale mencionar a Lei Federal nº11.445 de 2007 (BRASIL, 2007) que estabelece diretrizes neste sentido, as quais abarcam desde o saneamento básico até o manejo dos resíduos sólidos.

A fim de entender melhor as questões referentes a requalificação do ambiente urbano e sua integração com os corpos hídricos é necessário abordar alguns conceitos e ações que vem sendo tomadas neste sentido. Diferentes autores abordam a classificação destas ações de formas variadas, sendo as mais comuns denominadas como Medidas Estruturais, Medidas Não Estruturais, Medidas Preventivas, Medidas de Controle, BMP's (*Best Management Practices*), LID (*Low Impact Development*), SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*) e WSUD (*Water Sensitive Urban Design*). No Quadro 4 é possível observar a conceituação de cada uma e também seus componentes. Conforme a classificação, algumas ações são mais recorrentes e se repetem em alguns casos. Também podem ser divididas em tradicionais e sustentáveis, sendo as particularidades de algumas destas técnicas, abordadas na sequência.

Quadro 4 - Classificações das ações referentes a qualificação hídrica urbana

CLASSIFICAÇÃO	CONCEITO	COMPONENTES
Medidas Estruturais	Consistem em intervenções na macrodrenagem e envolvem obras de engenharia. A função destas intervenções é controlar o escoamento superficial, adequando o volume da vazão conforme a capacidade da rede de drenagem.	<ul style="list-style-type: none"> • Canalização nos rios; • Diques e pôlderes; • Sistemas de infiltração; • Retenção da água da chuva com bacias de detenção e retenção; • Controle da erosão.
Medidas Não Estruturais	São medidas de cunho preventivo e educativo. Não envolvem obras hidráulicas, tratado-se de ações no sentido de prevenir e amenizar os infortúnios hídricos no meio urbano.	<ul style="list-style-type: none"> • Seguro enchente; • Alerta de inundação; • Regulamentação do uso e ocupação do solo; • Elaboração de mapas de inundação; • Disposição adequada dos resíduos sólidos.
Medidas Preventivas	De natureza semelhante às Medidas Não Estruturais, estas são imprescindíveis para o desenvolvimento urbano sustentável.	<ul style="list-style-type: none"> • Educação ambiental; • Regulamentação do uso e ocupação do solo; • Respeito às cotas de inundação; • Gestão do escoamento.
Medidas de Controle	Englobam as Medidas Estruturais e Não Estruturais, atuando na amenização dos danos aos recursos hídricos e à cidade.	<ul style="list-style-type: none"> • Obras hidráulicas; • Sistemas de retenção; • Regulamentação do uso e ocupação do solo.
Medidas Compensatórias	Partem do princípio de que os danos causados ao meio ambiente pelo processo de urbanização devem ser compensados, a fim de reestabelecer ao máximo possível as condições preexistentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Recomposição da vegetação ciliar; • Armazenamento e uso da água da chuva; • Telhados verdes; • Pavimentos permeáveis.
<i>Best Management Practices - BMP's</i>	Com o conceito desenvolvido nos Estados Unidos, as técnicas conhecidas como Melhores Práticas de Gerenciamento, buscam reproduzir o mais fielmente possível as condições de pré-urbanização.	<ul style="list-style-type: none"> • Valas de infiltração; • Áreas com cobertura vegetal; • Pavimentos permeáveis; • Telhados verdes; • Deposição adequada dos resíduos sólidos.
<i>Low Impact Development - LID</i>	Conhecido como Desenvolvimento de Baixo Impacto, esta terminologia abrange técnicas de planejamento urbano cujo foco é na manutenção do comportamento hidrológico natural. Em geral, estas técnicas são mais facilmente empregadas em empreendimentos novos, atuando de forma preventiva.	<ul style="list-style-type: none"> • Jardins de chuva; • Cisternas; • Recobrimento vegetal; • Pavimentos permeáveis; • Bacias de detenção; • Telhados verdes; • Zoneamento e controle do uso do solo.
<i>Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS</i>	Os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável tiveram origem no Reino Unido. Estas técnicas funcionam na atenuação do escoamento superficial e evitam o acúmulo de água a jusante, mantendo os volumes precipitados próximos à fonte para serem geridos gradativamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Valas de infiltração; • Bacias de retenção e detenção; • Trincheiras de filtração; • Pavimentos permeáveis.

(Continua)

CLASSIFICAÇÃO	CONCEITO	COMPONENTES
<i>Water Sensitive Urban Design - WSUD</i>	De modo mais abrangente, o Desenho Urbano Sensível à Água pode ser considerado como um gerenciamento holístico da interação entre cidades e recursos hídricos. Neste sistema, compreendem-se ações deste a escala do lote até a escala da bacia hidrográfica.	<ul style="list-style-type: none"> • Paisagens multifuncionais; • Parques e áreas verdes; • Regulamentação do uso e ocupação do solo; • Delimitação de áreas de proteção ambiental; • Pavimentos permeáveis.

Fonte: Adaptado de Miguez; Veról; Rezende (2016); Canholi (2014); Tucci et al. (2014) e Carvalho; Lelis (2010).

2.3.2.1 Macrogrupo A: Preservação ambiental

As situações de tribulações urbanas decorrentes de episódios de alagamentos e enchentes são corriqueiras em cidades cujo traçado é interceptado por cursos hídricos. Situações desta natureza são agravadas quando há falhas no planejamento do uso e ocupação do solo, assim como na gestão da urbanização e manutenção dos sistemas que mantêm a cidade em funcionamento.

Estes problemas são resultantes de uma urbanização vertiginosa, na qual o solo é ocupado sem respeitar as condições naturais do local. Em terrenos cujas planícies inundáveis encontram-se inseridas na cidade, a pressão social para ocupar estas áreas é intensa. Em geral, são as populações menos abastadas e atingidas pelo déficit habitacional que se apropriam destes locais, de forma irregular, em regiões cuja especulação imobiliária os impede de estabelecer-se em zonas mais nobres. O tempo de recorrência das enchentes, que pode chegar a ser de 25 anos em média, dependendo das circunstâncias, também atua como encorajador para as ocupações em áreas de risco de inundação (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; TUCCI et al., 2014).

Entretanto, boa parte dos problemas com inundações e enchentes nas cidades pode ser evitada se houver um correto planejamento do uso e ocupação do solo. Isto pode ser feito por meio de legislação específica, como o Plano Diretor, por exemplo, e deve trazer diretrizes claras quanto à delimitação das planícies alagáveis e sua respectiva proteção. Tucci et al. (2014, p. 811) define estas áreas como de "escoamento e armazenamento naturais cuja conformação foi delineada pelo próprio rio". Os mesmos também lembram que para que as várzeas inundáveis possam ser ocupadas de forma segura, se fazem necessárias grandes obras de drenagem com custos onerosos e danos ambientais irreparáveis. Segundo os autores, preservar e

manter a urbanização afastada destas áreas é a solução mais conveniente e econômica. Miguez, Veról e Rezende (2016) também defendem que as planícies alagáveis devem ser mantidas em condições naturais por meio do estabelecimento de cotas de segurança para a ocupação por edificações, de modo a preservar a biodiversidade e configurar-se em espaços para lazer integrados ao planejamento urbano. De acordo com a Lei Federal nº 6.766 de 1979 (BRASIL, 1979), a qual traça diretrizes para o uso e parcelamento do solo, não são permitidos loteamentos em áreas sujeitas à inundação. A mesma Lei também estabelece que ao longo dos cursos hídricos seja respeitada uma faixa *non aedificandi* de no mínimo 15,00m em cada lado.

Telles e Góis (2013) relacionam a água e o paisagismo urbano por meio da irrigação, drenagem e elementos decorativos, como espelhos d'água, por exemplo. Vale lembrar, que a importância da vegetação no meio urbano não se restringe apenas ao paisagismo projetado, sendo que as matas ciliares são fundamentais no processo de conservação do sistema hidrológico natural, bem como dos cursos hídricos ameaçados pela urbanização. Conforme as colocações de Canholi (2014), a preservação da vegetação ciliar é fundamental para a preservação das encostas e fundos dos rios, os quais costumam ser deteriorados pela erosão em virtude da remoção da cobertura vegetal. Miguez, Veról e Rezende (2016), também lembram que o reflorestamento de áreas degradadas é necessário, a fim de reestabelecer o balanço hidrológico. Nestes casos, a água interceptada pela vegetação ciliar, tem sua carga de poluentes reduzida, pois passa por uma filtragem natural, melhorando a qualidade da água despejada no corpo hídrico.

Além do mais, quando as superfícies lindeiras aos rios urbanos são extremamente impermeabilizadas e tem a camada de vegetação removida, os riscos de erosão aumentam. Por isso, conforme as premissas do desenvolvimento urbano sustentável, é aconselhável a preservação do curso natural dos rios, além da preservação de suas margens, fauna e flora. Ao contrário do que se pregava no sistema tradicional, quando a canalização dos leitos hídricos era intensamente utilizada, na atualidade é possível perceber que esta solução não é a ideal para resolver os problemas de estresse hídrico no meio urbano. Isso ocorre principalmente porque a geometria natural do rio é alterada, ocasionando modificações em todo o sistema hidrológico, as quais geram consequências, por vezes, desastrosas (TUCCI et al., 2014; TELLES; GÓIS, 2013).

Juntamente com as ações de preservação, a educação e conscientização ambiental da população também são imprescindíveis para o desenvolvimento sustentável das cidades. Carvalho e Lelis (2010) reforçam a ideia de que é função da administração pública promover a educação ambiental e fiscalização do uso e ocupação do solo. Estas são ações importantes, uma vez que o Brasil não carece da disponibilidade de água, mas sim de um padrão cultural o qual priorize a conservação dos recursos naturais ao invés dos interesses particulares. Neste sentido, mudanças comportamentais são necessárias para que a sustentabilidade passe a integrar-se nas cidades brasileiras (TELLES; GÓIS, 2013).

2.3.2.2 Macrogrupo B: Saneamento Básico

No contexto atual, apesar das frequentes campanhas de conscientização ambiental, é comum as águas servidas de uso doméstico serem lançadas diretamente nos rios, principalmente em ocupações urbanas irregulares (MAGALHÃES JUNIOR, 2014). Para reverter este quadro, é fundamental que a gestão pública, em conjunto com a iniciativa privada, atuem de forma a atender todas as moradias com serviços adequados de coleta e tratamento do esgoto. Além disso, o abastecimento de água potável também é imprescindível.

A oferta destes serviços e sua disponibilidade para toda a população está prevista na Lei Federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), a qual trata das diretrizes nacionais para o saneamento básico. Na prática, entretanto, estes propósitos ainda não foram totalmente implementados, sendo necessária ainda muito trabalho para que os mesmos funcionem de forma plena no país (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Também é válido mencionar que o saneamento básico possui papel relevante na preservação ambiental e qualidade das águas urbanas. Neste sentido, quanto maior o número de residências atendidas pelo saneamento básico, melhor será o desempenho sustentável da cidade. Canholi (2014) e Magalhães Junior (2014), mencionam a importância do uso de indicadores para fins de mensuração deste desempenho. Dentre estes indicadores, os autores citam índices de população atendida por coleta de esgoto e índices de população cujo esgoto é lançado diretamente no rio.

Paralelo a isto, também é importante regulamentar a coleta dos resíduos **sólidos**, os quais frequentemente são responsáveis pelo entupimento de bueiros e são lançados indevidamente nos rios. Associada à coleta regular do lixo domiciliar, devem ser realizadas campanhas de educação ambiental com a população que precisa conscientizar-se da importância de sua colaboração para o descarte correto do mesmo e conseqüente redução do risco de enchentes (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Segundo Telles e Góis (2013), com a limpeza de ruas e correto descarte dos resíduos sólido, é possível reduzir a carga de poluentes que vão para os rios em até 80%, lembrando que estas ações não são capazes de remover óleos, graxas e sedimentos finos.

2.3.2.3 Macrogrupo C: Controle do Escoamento Superficial

Como alternativa aos métodos tradicionais de drenagem urbana, cujo objetivo é conduzir as águas precipitadas para um destino final, há os métodos sustentáveis, os quais visam recuperar parte do ciclo hidrológico natural. Dentre estes métodos, os de armazenamento e infiltração são os mais comuns (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

No caso dos sistemas de armazenamento da água da chuva, estes podem ser a nível local, dentro do próprio lote, com o uso de cisternas ou reservatórios para a coleta da água dos telhados; na microdrenagem com soluções para o planejamento urbano como espelhos d'água ou lagoas integradas ao paisagismo e por último, na macrodrenagem, com lagoas de detenção e retenção. Para os sistemas de infiltração, vale citar os jardins de chuva na escala do lote, valas de infiltração e pavimentos permeáveis para a microdrenagem e preservação do recobrimentos vegetal e matas em escala maior (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; CANHOLI, 2014; CARVALHO; LELIS, 2010). É importante frisar que a quantidade de água infiltrada depende da condições do solo, tipo de vegetação, nível do lençol freático, tipo de pavimentação, entre outros (CANHOLI, 2014).

Quando se utiliza sistemas de coleta de água da chuva no lote, esta água pode ser utilizada para fins não potáveis como lavagem de pisos, irrigação e até mesmo para a descarga em sanitários. Entretanto, é necessária a instalação de tubulação independente para o uso da água pluvial, de modo que não ocorra a contaminação da água potável para consumo (CARVALHO; LELIS, 2010). A NBR

15.527/2007 trata especificamente sobre o reuso da água da chuva. No entanto, Telles e Góis (2013) esclarecem que o termo reuso não é o mais apropriado para este caso, uma vez que se refere a água que já foi utilizada anteriormente e está sendo novamente utilizada, como é o caso da água oriunda de chuveiros, lavatórios ou lavagem de roupas. Conforme os autores, o termo reaproveitamento possui significado semelhante. Portanto, o correto é denominar o processo como uso de água da chuva.

Para realizar a coleta da água da chuva, é necessário instalar calhas e dutos no telhado, os quais a direcionam para o reservatório. É importante que o volume inicial de chuva seja descartado por conter sedimentos acumulados sobre as telhas. Também não se aconselha o uso de água coletada em calçadas e ruas por conterem grande quantidade de impurezas, tornando a água imprópria, inclusive para usos não potáveis. Já o volume coletado excedente ao da capacidade da cisterna pode ser direcionado para a infiltração no próprio lote ou para a rede de drenagem urbana (TELLES; GÓIS, 2013; CARVALHO; LELIS, 2010). Para determinar o volume de água a ser descartado, Telles e Góis (2013) apresentam o sistema de descarte *First Flush* o qual pode ser calculado pela equação do Quadro 5. A NBR 15.527/2007 apresenta um cálculo similar, o denominando de sistema de descarte do escoamento inicial.

Quadro 5 - Determinação do volume de descarte *First Flush*

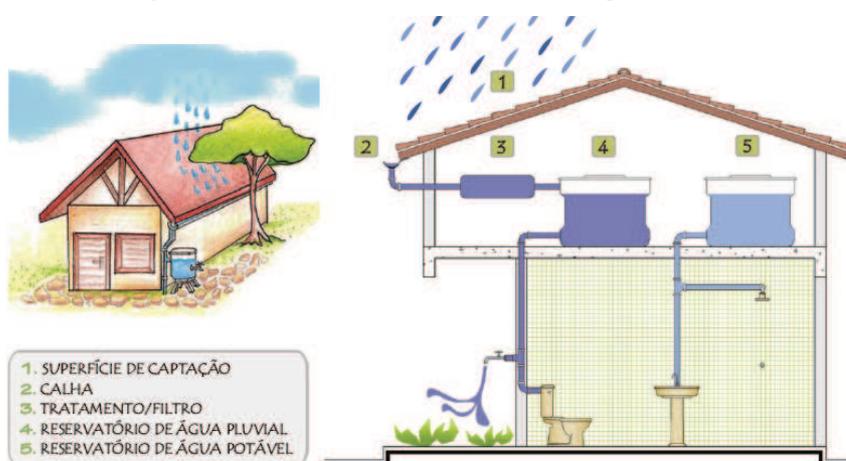
$V = P \times A \times C \times n_{\text{fator de captação}}$
<p>Onde:</p> <p>V= volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável em litros</p> <p>P= precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros</p> <p>A= área de coleta, em m²</p> <p>C - coeficiente de escoamento superficial da cobertura. Normalmente C=0,95</p> <p>n fator de captação= eficiência do sistema de captação. Este valor pode variar entre 0,50 a 0,90, sendo recomendado o uso de 0,80 quando não há dados disponíveis</p>

Fonte: TELLES; GÓIS (2013, p. 448).

Referente às cisternas, que são os reservatórios destinados ao armazenamento da água coletada, estas podem ser de diversos modelos, como enterradas, expostas, semi enterradas ou elevadas. Também podem ser de

diferentes materiais como PVC, fibra de vidro, inox ou alvenaria. Exemplos do sistema instalado e os tipos de cisterna podem ser observados na Figura 17. Porém, a disponibilidade de espaço físico é um impasse para a implantação das mesmas em regiões onde a taxa de ocupação é alta. Também deve ser feita uma análise histórica dos dados pluviométricos da região, para determinar a intensidade e a regularidades das chuvas, a fim de determinar a viabilidade de implantação do sistema e dimensionar o reservatório (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; TELLES; GÓIS, 2013).

Figura 16 - Exemplos de sistemas de coleta de água da chuva e cisternas



Fonte: CARVALHO; LELIS (2010, p. 19).

A fim de alavancar o uso de tecnologias alternativas para enfrentar os problemas hídricos urbanos, alguns municípios brasileiros vem tornando o uso obrigatório por meio de legislação específica. São Paulo, por exemplo, por meio da Lei Municipal nº 13.276/2002, obriga o uso de reservatórios para a retenção de água da chuva em terrenos cuja área impermeabilizada é maior que 500,00m². A nível de estado, a Lei Estadual nº 12.526/2007 torna a utilização de dispositivos de armazenamento de água da chuva um pré-requisito para a aprovação de projetos residenciais, comerciais ou industriais. Para o dimensionamento destes reservatórios, é recomendado o uso da fórmula expressa na equação do Quadro 6. Neste caso, em uma área impermeabilizada de 500,00m², é obrigatória a retenção de 4,50m³ de água da chuva. Ainda de acordo com a legislação citada, é prevista a obrigatoriedade de uma área permeável de no mínimo 30% em estacionamentos e afins (CANHOLI, 2014).

Quadro 6 - Dimensionamento de cisterna

$$V_{\text{res}} = 0,15 \cdot A_I \cdot P \cdot t$$

Onde:

V_{res} – volume do reservatório (m^3)

A_I – área impermeável do terreno (m^2)

t – duração da chuva (1h)

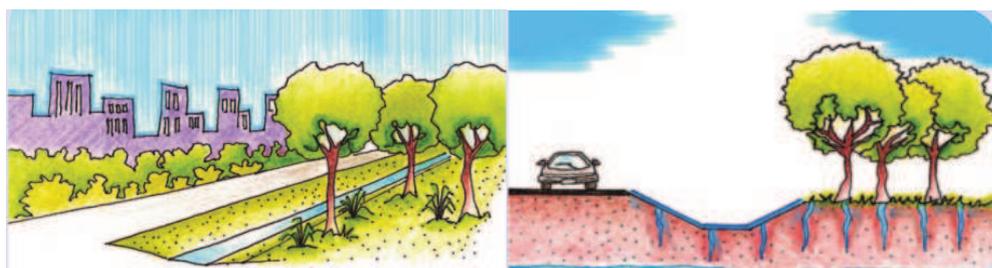
P – igual a 60mm/h (0,06m/h)

Fonte: CANHOLI (2014, p. 56).

Além de São Paulo, Porto Alegre, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Curitiba e outros municípios também vem implementando diretrizes neste sentido. Apesar do volume retido ser mínimo, se comparado aos volumes totais precipitados, medidas como estas permitem a transferência de parte da responsabilidade pela amenização dos transtornos hidrológicos oriundos da urbanização aos empreendedores, deixando de ser responsabilidade exclusiva dos órgãos públicos (CANHOLI, 2014).

Além das cisternas, as valas de infiltração também são elementos importantes na contenção do escoamento superficial. Estas consistem em estruturas lineares, geralmente ao longo de estradas, rodovias ou estacionamentos, cuja função é absorver o volume de chuva sem transbordar e permitir sua infiltração ao longo do percurso. As mesmas devem apresentar uma leve declividade, a qual favorece o escoamento lento e a infiltração. Normalmente o fundo e as laterais são revestidas por vegetação rasteira, sendo que espécies gramíneas, são as mais indicadas por reduzirem a velocidade da vazão. Quanto a forma física e dimensões, estas costumam se de 2,00m de largura, paredes laterais inclinadas e profundidade variável, conforme a necessidade de amortecimento das precipitações (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; CANHOLI, 2014; CARVALHO; LELIS, 2010). Na Figura 18 é possível visualizar um exemplo do sistema.

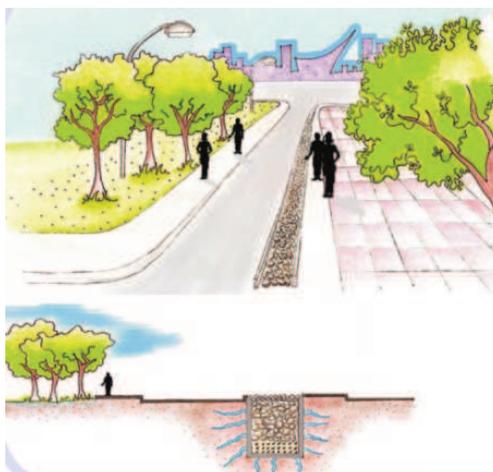
Figura 17 – Vala de Infiltração



Fonte: CARVALHO; LELIS (2010, p. 23).

As trincheiras de percolação, por sua vez, distinguindo-se das anteriores por serem preenchidas com material granular como seixos, pedras ou brita envoltas em mantas geotêxteis, o que lhe garante uma porosidade de cerca de 30% (CANHOLI, 2014). Com profundidade variando entre 1,00m e 2,00m, este sistema prioriza a retenção da água para infiltração, sendo indicado para regiões com alta densidade ocupacional e impermeabilização do solo. Indicadas para áreas residenciais, comerciais, estacionamentos e parques, as trincheiras de percolação possuem excelente valor paisagístico se bem integradas aos projetos urbanísticos (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; CARVALHO; LELIS, 2010). Na Figura 19 é apresentado um modelo de implantação do sistema no meio urbano.

Figura 18 – Modelo de Trincheira de Percolação



Fonte: CARVALHO; LELIS (2010, p. 26).

Diferente das soluções anteriores, as quais caracterizam-se pela linearidade, os jardins de chuva são elementos isolados na calçada, no interior dos lotes ou até mesmo em canteiros centrais ou praças. Estes constituem-se de pequenas muretas de alvenaria com cerca de 10 cm de altura, as quais possuem uma abertura lateral que permite que a água precipitada escoar para o seu interior. Com o perímetro semi fechado, a água entra por um lado e fica armazenada até infiltrar no solo. É comum que estes espaços sejam preenchidos com vegetação, sendo os mesmos bastante indicados para projetos paisagísticos. A Figura 20 traz um exemplo de jardim de chuva aplicado em uma calçada de rua. Além da função de retenção do escoamento superficial, este método também proporciona economia com as regas das plantas. Para que o sistema funcione corretamente, é interessante que a superfície interna seja rebaixada e coberta com materiais permeáveis como areia ou seixos. Em solos

muito argilosos, os quais não facilitam a infiltração, o funcionamento do sistema pode ser comprometido (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Figura 19 - Jardim de chuva em uma calçada



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

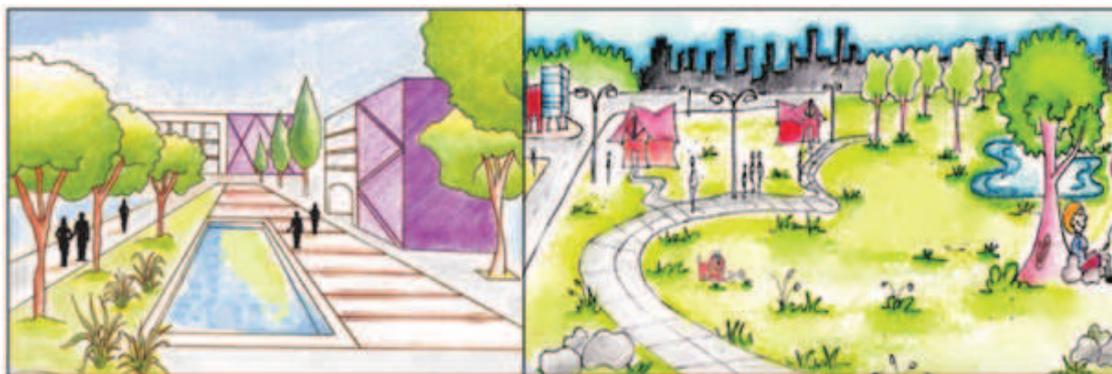
Neste contexto, também é válido mencionar as paisagens multifuncionais, as quais, segundo Miguez, Veról e Rezende (2016) ao serem integradas ao ambiente urbano de forma harmoniosa, funcionam como espaços de lazer e em períodos de chuva, atuam na retenção dos volumes precipitados. Estas paisagens atuam na conjuntura ecológica, econômica, social e estética. Como exemplos, podem ser citadas praças, campos de futebol, auditórios ao ar livre, etc., desde que corretamente projetados para armazenar a água pluvial e gradativamente permitir o seu escoamento, infiltração e evaporação. De acordo com os autores, a revitalização de espaços urbanos, aliados com a correta gestão hídrica, acarreta em valorização destas áreas, além de possibilitar um melhor aproveitamento dos recursos financeiros por parte do poder público, uma vez que os investimentos são direcionados para obras com múltiplas funções.

Na conjuntura das paisagens funcionais merecem destaque as bacias de retenção e de detenção, também conhecidas como lagoas ou reservatórios. As bacias de retenção são caracterizadas por uma lâmina permanente de água e paredes impermeabilizadas, também chamadas de espelhos d'água. As mesmas também podem ser dotadas de fauna e flora aquáticas, o que contribui para o seu valor paisagístico. Este sistema, possibilita a retenção do escoamento superficial, sendo que acontece a sedimentação dos resíduos e em alguns casos a decomposição biológica da matéria orgânica. Após a sedimentação, o volume de água excedente escoada gradativamente por extravasores projetados para este fim. A bacia também deve passar por limpezas periódicas a fim de evitar o acúmulo de resíduos, mau cheiro e crescimento de algas. Este sistema possui alto valor

paisagístico e se configura em elemento importante para manutenção da umidade relativa do ar em espaços urbanos. Além disso, também podem ser utilizados para recreação quando a profundidade do lago for maior (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; CARVALHO; LELIS, 2010).

Por sua vez, as bacias de retenção ficam secas em períodos não chuvosos e podem ser projetadas de modo a contemplar usos diversos, além da redução do escoamento superficial. Em geral, são projetadas quadras esportivas, praças, praças secas ou parques. A função destas bacias é deter a água por um curto período de tempo e permitir a infiltração e evaporação. Após os eventos de cheia, é importante a realização de limpeza no local para viabilizar o uso para recreação, lazer ou esportes. Tanto as bacias de retenção, quanto as de detenção necessitam de grande espaço físico e nem sempre a sua implantação é viável, principalmente em áreas já urbanizadas ou quando as condições do relevo não são favoráveis. Para as regiões a serem desenvolvidas, é recomendado que estes dispositivos sejam localizados em depressões naturais ou parques existentes (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Na Figura 16 é possível observar exemplos de ambos os sistemas.

Figura 20 - Bacia de Retenção X Bacia de Detenção



Fonte: CARVALHO; LELIS (2010, p. 28-29).

Internacionalmente este tipo de projeto urbano já é bastante difundido, principalmente nos países mais desenvolvidos. No Brasil sua implementação vem sendo implementada gradativamente em algumas regiões e municípios, como é o caso de São Paulo, o qual conta com projetos para a restauração das margens dos cursos hídricos e a criação de parques lineares (CANHOLI, 2014). Entretanto, nem sempre os aspectos do urbanismo sustentável são considerados nos projetos, o que leva a uma repetição do modelo tradicional e insustentável para a construção das cidades.

Além dos sistemas de infiltração já mencionados, os telhados verdes também são medidas importantes para conter o escoamento superficial e permitir a retenção das águas pluviais, reduzindo as probabilidades de inundações. De forma sucinta, esta técnica constitui-se de uma camada de vegetação sobre a cobertura de edificações, cuja função é atuar como regulador térmico da temperatura interna dos ambientes e auxiliar na ampliação dos índices de áreas verdes em centros urbanos. Estes espaços são de suma importância uma vez que, segundo Miguez, Veról e Rezende (2016) possibilitam o desenvolvimento da biodiversidade, além de serem essenciais para a composição paisagística da cidade.

No entanto, a função dos telhados verdes não se restringe à apenas isto. Este sistema também permite a retenção da água da chuva, possibilitando que, em casos de grandes volumes precipitados, a água seja armazenada para uso posterior em irrigação de canteiros ou lavagem de pisos (CANHOLI, 2014). Isto ocorre porque uma parte da água é interceptada pela vegetação que a retém em suas folhas e caules. Outra parte fica retida nas camadas de substrato aos quais são porosas e possibilitam a infiltração para posterior evaporação. O restante é direcionado para as calhas e dutos de drenagem. Desta forma, reduz-se a velocidade e o volume do escoamento, reduzindo, conseqüentemente, a probabilidade de extrapolação da capacidade de vazão do sistema de drenagem convencional. Esta técnica mostra-se uma importante aliada aos métodos convencionais de retenção de água da chuva e pode ser uma boa alternativa para centros urbanos densamente ocupados (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Com algumas variações em relação às técnicas construtivas, os telhados verdes consistem basicamente em camadas de material impermeabilizante, drenagem, substrato e vegetação. Sendo a primeira, responsável por proteger a estrutura do telhado contra a umidade. A segunda, atua como reguladora da umidade, retendo a quantidade de água necessária para as plantas, sendo que o restante é conduzido para as calhas e posterior deságue. Já a camada de substrato é imprescindível para o desenvolvimento da vegetação e sua profundidade deve estar adequada a espécie utilizada. Vale ressaltar que nem todas as espécies são adequadas para este sistema, sendo as gramíneas as mais indicadas pois são de porte rasteiro e exigem pouca manutenção. Além disso, também é preciso atentar-se quanto as variações climáticas e manutenções periódicas para limpeza e retirada de

resíduos (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Na Figura 21 é possível observar um exemplo de telhado verde em uma edificação na Alemanha.

Figura 21 - Exemplos de telhados verdes



Fonte: Acervo da autora (2016).

Canholi (2014) entretanto faz algumas ressalvas quanto a adoção do sistema, no que se refere à estrutura física do telhado. O autor alerta que para a sustentação de camadas de substrato e vegetação, cujo peso é considerável, é necessário que haja reforços no madeiramento de sustentação e também na estrutura em geral. O volume adicional de água retida também contribui para a sobrecarga do sistema, devendo, portanto, o mesmo ser adaptado em edificações que recebem reforços na estrutura ou edificações novas, já projetadas para receber estas cargas adicionais. Porém, é importante salientar que estes reforços acarretam em custos mais elevados para a construção. Em contrapartida, o sistema propicia a valorização monetária, ambiental e paisagística do imóvel (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.3.2.4 Macrogrupo D: Controle da Impermeabilização do Solo

Outra questão importante a ser observada quando se trata de infiltração e controle do escoamento, é a preservação da cobertura vegetal do solo com espécies rasteiras e de médio ou grande porte. Conforme Telles e Góis (2013), a presença de cobertura vegetal sobre o solo é fundamental para impedir a desagregação do solo e a posterior erosão, atuando como uma espécie de manta protetora. Como vantagens, os autores também citam o aumento da capacidade de infiltração, retenção da água pelas raízes e matéria orgânica presente na superfície, redução da velocidade de escoamento e do impacto direto das gotas de chuva no solo.

Além da infiltração, parte do volume precipitado evapora, pois fica retida nas folhas, caule, tronco e raízes da planta. Neste sentido, é importante frisar que a

capacidade de interceptação das gotas de chuva e retenção das mesmas, depende do tipo de vegetação, porte, densidade da copa, rugosidade do tronco, quantidade e formato das raízes expostas, fatores sazonais (perda das folhas no inverno), entre outros (TUCCI et al., 2014). Além das características físicas da vegetação, as particularidades da precipitação, como intensidade, frequência e duração também são importantes no momento de estimar os volumes retidos. Como exemplo, Telles e Góis (2013) citam um volume precipitado de 0,3 mm em uma área com arborização densa, a qual é capaz de reter até 40% da água pluvial.

Como as áreas recobertas por vegetação podem ser localizadas em diferentes lugares dentro da cidade, como praças, avenidas, canteiros ou jardins públicos, a incorporação das mesmas na paisagem urbana é crescente em virtude da atual situação de estresse hídrico nas áreas densamente ocupadas (TELLES; GÓIS, 2013). A presença de vegetação pode alterar significativamente o microclima urbano, com benefícios para a saúde humana, melhoria na qualidade do ar, regulação da temperatura e variáveis hidrológicas (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

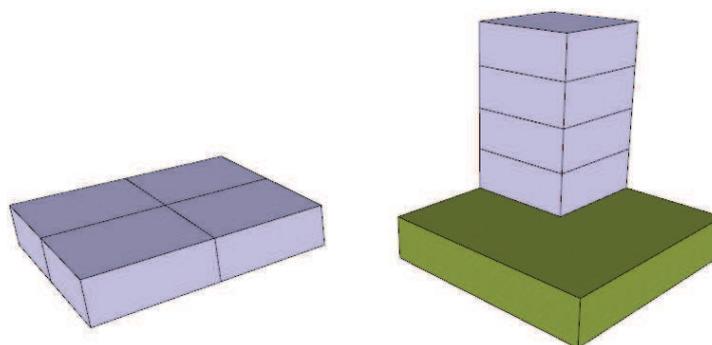
Além do recobrimento vegetal, o controle da Taxa de Ocupação (TO) também é importante para evitar a excessiva impermeabilização do solo. Telles e Góis (2013) afirmam que um bom Plano Diretor, com regras claras a respeito do zoneamento e ocupação do solo, são importantes para a redução da carga de poluentes que escoam para os corpos hídricos, assim como auxiliam na redução do escoamento superficial em si. Conforme as colocações de Miguez, Veról e Rezende (2016), é necessário encontrar um ponto de equilíbrio entre o desenvolvimento da cidade e a gestão urbana, através de infraestruturas adaptáveis e conhecendo os limites da própria bacia hidrográfica.

Referente ao controle da TO no zoneamento urbano, Carvalho e Lelis (2010) esclarecem a importância desta medida pelo fato de que com a construção de novas edificações, aumenta a área impermeável do terreno e conseqüentemente reduz a capacidade de infiltração. Como solução, sugere-se o estabelecimento de limites máximos de TO e áreas mínimas permeáveis, além da limitação de calçadas e pisos, sendo que estes, de preferência, também devem ser permeáveis. Conforme os autores, estes limites mínimos e máximos podem variar conforme o zoneamento da cidade, desde que seja estabelecido um equilíbrio em sistema de compensação. Ou seja, em determinadas áreas podem ser permitidas TO maiores, desde que em

contrapartida, hajam espaços permeáveis em outras áreas como praças, canteiros centrais ou rótulas.

Com o estabelecimento de limites para a TO, é possível que parte do terreno permaneça com recobrimento vegetal, permitindo, assim, a infiltração e evitando a sobrecarga do sistema de drenagem. Telles e Góis (2013) ressaltam que deve-se reduzir ao máximo as áreas impermeáveis dentro das cidades, pois estas, conforme Tucci et al., (2014) são as principais responsáveis pelos alagamentos urbanos. Na Figura 22 é possível observar um exemplo comparativo referente a ocupação do lote e TO, na qual é possível obter um área permeável de até 75% quando se opta por uma construção vertical ao invés de horizontal.

Figura 22 - Exemplo de como aumentar a área permeável



Fonte: Adaptado de Telles e Góis (2013, p. 444).

Além de incentivar a redução da TO nas áreas urbanas, a qual pode ser determinada por meio de legislação específica, como o Código de Obras, por exemplo, estabelecer diretrizes para com os tipos de pavimentação recomendados para facilitar a infiltração também é essencial. Nestes casos, os mais indicados são os pavimentos porosos, conhecidos como pavimentos permeáveis ou semipermeáveis, os quais possuem vazios internos, não sendo totalmente sólidos, o que facilitam a passagem da água (TUCCI et al., 2014). Na Figura 23 é possível ver um exemplo de pavimentação semipermeável implantada na rua e calçada, sendo ambas separadas por uma vala de percolação, também do mesmo material.

Figura 23 - Exemplo de uso de pavimento semipermeável na rua e calçada



Fonte: Acervo pessoal da autora (2016).

Além disso, a penetração da água também é facilitada pois não há selagem das juntas entres os blocos, sendo os mesmos assentados apenas com um lastro de areia ou pó de brita. Este tipo de pavimentação substitui as calçadas tradicionais, geralmente feitas com concreto e peças cerâmicas, passeios e pisos de praças. Também pode ser usado em substituição ao asfalto na execução de estacionamentos, pavimentação de vias, ciclovias, áreas de carga e descarga, entre outros (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; CANHOLI, 2014; CARVALHO; LELIS, 2010).

3 METODOLOGIA

Para atender ao objetivo geral desta pesquisa, o qual consiste no desenvolvimento do Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico (IADH) como ferramenta de avaliação da relação entre cidades e rios, foi elaborado um estudo exploratório-descritivo. Este estudo, por meio da análise atual de um determinado cenário urbano, apontou os aspectos de interesse à esta investigação. Segundo Cervo, Bervian e Silva (2007), as pesquisas exploratórias consistem na descrição de determinadas situações e das inter-relações entre os componentes avaliados. Para Gil (2008), estes estudos servem para permitir o conhecimento geral sobre os fatos estudados. Por sua vez, as pesquisas descritivas, cujo objetivo é interpretar, classificar e analisar os dados observados, são realizadas sem a interferência do pesquisador (ANDRADE, 2010).

Neste âmbito, se fez necessária a realização de pesquisa bibliográfica sobre os diferentes aspectos que podem interferir na relação entre cidades e rios. Em seguida, foi feito um Estudo de caso, o qual conforme Gil (2008, p. 57) consiste no "estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetivos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado." De acordo com o autor, esta técnica de pesquisa deve caracterizar e descrever o objeto de estudo. Desta maneira, o estudo proposto visa averiguar a hipótese levantada, que compreende a elaboração do IADH, o qual consiste em uma ferramenta de avaliação que aborda as questões hídricas no meio urbano.

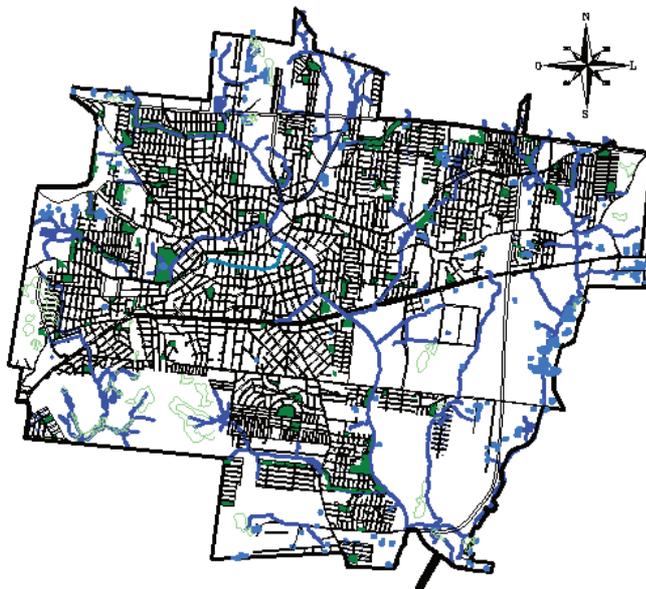
Para esquematizar as etapas de execução deste estudo, é apresentada, na sequência, a área na qual foi realizado o mesmo. Também serão abordados os procedimentos técnicos utilizados para a realização das análises e composição do IADH, bem como os resultados obtidos.

3.1 Objeto de Estudo

O estudo de caso referente à esta pesquisa foi realizado na área urbana do município de Sapiranga/RS. A escolha por esta cidade se dá em função de suas características morfológicas que vão de encontro aos critérios necessários para a realização dos levantamentos. Dentre estas características está a interceptação da zona urbana por rios (Figura 24), existência de áreas de risco de inundação e

condições socioeconômicas distintas nos bairros. Além disso, pesquisas em cidades de pequeno e médio porte são promissoras, dado que geralmente as mesmas se restringem às regiões metropolitanas.

Figura 24 - Mapa dos cursos hídricos da zona urbana de Sapiranga/RS



Fonte: Adaptado pela autora de Sapiranga (2018).

Com o intuito de caracterizar a área de estudo, é importante citar dados referentes ao município de Sapiranga/RS cuja população estimada em 2017 foi de 80.311 habitantes (IBGE, 2018). Já as principais atividades econômicas consistem na produção agrícola, com cultivo de arroz, aipim e hortifruticultura e produção industrial de calçados. Formado por comunidades de colonização de origem alemã, o município faz parte do Vale do Sinos e fica a 59 km de distância de Porto Alegre/RS, fazendo divisa com os seguintes municípios: Campo Bom, Novo Hamburgo, Dois Irmãos, Araricá, Nova Hartz, Santa Maria do Herval e Morro Reuter (Figura 25). Também é conhecida como Cidade das Rosas e do Voo Livre, com destaque para o Morro Ferrabrás que é cartão postal do mesmo (SAPIRANGA, 2018).

Figura 25 - a) Município de Sapiranga/RS



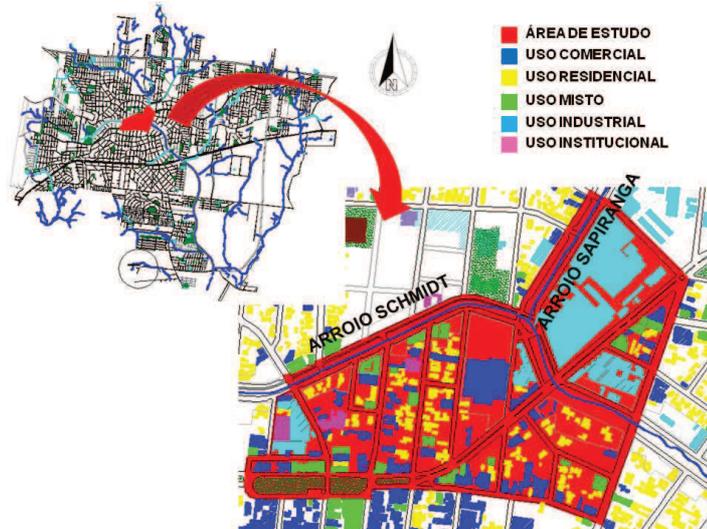
Fonte: Google Maps (2018).

Quanto a delimitação das áreas de estudo, esta se dá por meio de recortes em setores da zona urbana do município, os quais serviram de amostra para o estudo, uma vez que a avaliação de toda a malha urbana é inviável. A escolha destes setores se deu com base na premissa de que a área deve ser interceptada por um curso hídrico, ter risco de alagamentos e por representarem condições socioeconômicas distintas. Já os limites destas áreas se dão a partir de elementos físicos como rios, avenidas ou vias estruturais e divisões políticas como limites de bairros ou loteamentos. Na sequência serão apresentadas as áreas nas quais foram realizados os estudos de caso.

3.1.1 Área 1 - Centro

Restringe-se a uma parte da área central do município de acordo com o zoneamento oficial. A área caracteriza-se pelo uso predominantemente comercial, com intensa impermeabilização do solo devido a pavimentação das vias e ocupação do solo. A área ainda contempla a Praça das Rosas e abrange parte de uma área instituída como Zona Industrial Consolidada, a qual é composta por indústrias do setor calçadista. Limita-se ao norte com os arroios Sapiranga e Schmidt. Ao leste a área de estudo é limitada pela Avenida João Correa e ao sul com parte da Avenida 20 de Setembro e a Rua 15 de Novembro (Figura 26).

Figura 26 - Área de Estudo 1: Centro



Fonte: Adaptado pela autora de Sapiranga (2018).

Na Figura 27 é possível observar um mosaico com fotos da área de estudo em questão. Nota-se que a região, por ter grandes áreas ocupadas por indústrias, não apresenta tráfego intenso de veículos nem pedestres, apesar do seu potencial para lazer e recreação junto às áreas verdes. Entretanto, nas áreas onde há predomínio de estabelecimentos comerciais a movimentação de pessoas é intensa e o fluxo de veículos é constante.

Figura 27 - Mosaico de fotos da Área de Estudo 1

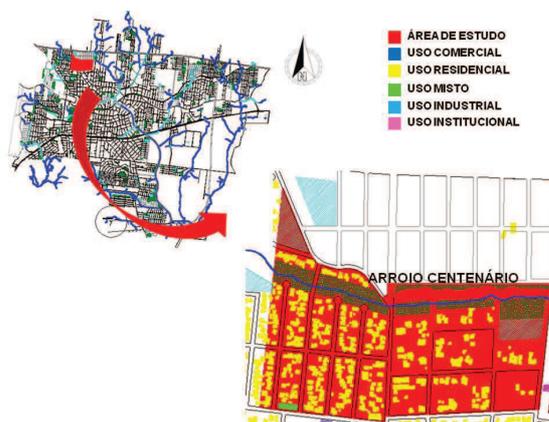


Fonte: Acervo da autora (2018).

3.1.2 Área 2 - Bairro Centenário

Localiza-se em uma das regiões mais antigas da cidade e é considerado um bairro nobre. A área é predominantemente residencial com padrão construtivo de médio a alto. É composta pelos loteamentos Itapema e Sulina, os quais localizam-se junto a via coletora Rua Duque de Caxias, permitindo o fácil acesso ao centro da cidade. Limita-se ao norte com o arroio Centenário, ao sul com Rua Carmem Miranda, a leste com a Rua Walter Saenger e a oeste com a Rua Ilhéus (Figura 28). Este setor apresenta arborização em algumas vias e é constituído por mata nativa junto ao rio. Além disso, no local há uso misto de pavimentação asfáltica e paralelepípedos de basalto.

Figura 28 - Área de Estudo 2: Bairro Centenário



Fonte: Adaptado pela autora de Saporanga (2018).

Apesar de ser apontada como uma das melhores áreas do município e ter uma considerável densidade ocupacional, a mesma é desprovida de estabelecimentos comerciais. A Figura 29 retrata a paisagem da região e evidencia a pouca movimentação de pessoas e veículos na região. Além disso, o loteamento Sulina ainda possui diversos lotes baldios, indicando que a urbanização ainda está em desenvolvimento no local.

Figura 29 - Mosaico de fotos da Área de Estudo 2

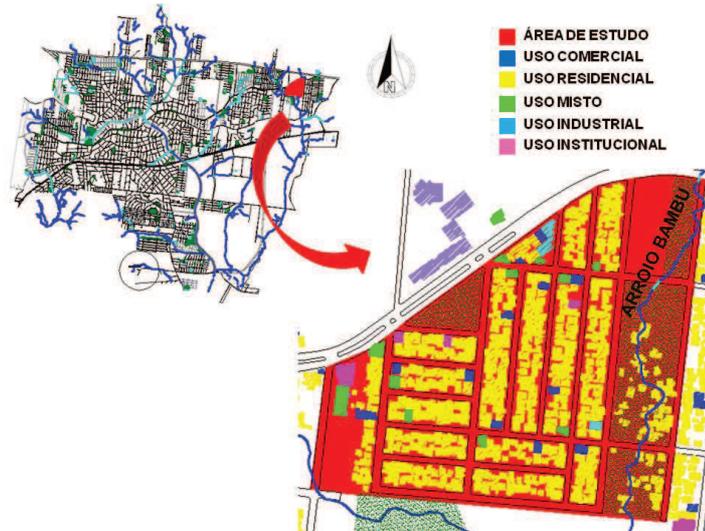


Fonte: Acervo da autora (2018).

3.1.3 Área 3 - Bairro Voo Livre

Esta área é composta pelo loteamento João Goulart, cuja situação está regularizada, porém os loteamentos circundantes encontram-se em situação irregular. A região é considerada como uma das mais pobres do município, caracterizada pela intensa ocupação residencial, com diversas moradias irregulares e invasões em áreas públicas e Áreas de Preservação Permanente (APP). É interceptada pelo arroio Bambu e limita-se ao norte com a Avenida Vinte de Setembro. Ao leste limita-se com a Rua Deputado Lauro Rodrigues, a oeste com a Rua Musa e ao sul com a Rua São Lourenço (Figura 30).

Figura 30 - Área de Estudo 3: Bairro Voo Livre



Fonte: Adaptado pela autora de Sapiranga (2018).

É possível observar nas fotos da Figura 31, que as construções deste região são precárias, o que evidencia o baixo poder aquisitivo dos moradores, sendo que a fonte de renda de diversas famílias é restrita às atividades de coleta de materiais recicláveis. O lugar também é caracterizado pela intensa vitalidade urbana, sendo que o logradouro público é tratado como uma extensão das residências e é ocupado pelos moradores. Em virtude disso, várias residências invadem o recuo frontal e alguns elementos construtivos invadem, inclusive, o passeio público. Além disso, as áreas de APP apresentam-se bastante degradadas, sendo comum a derrubada de árvores no local.

Figura 31 - Mosaico de fotos da Área de Estudo 3



Fonte: Acervo da autora (2018).

3.2 Procedimentos Técnicos

A construção do IADH é baseada em um índice sintético, o qual, segundo Maranhão (2007), constitui-se de uma gama mais simples de informações, não sendo composto por indicadores inalteráveis. Para a composição do mesmo, foram utilizados indicadores relacionados aos recursos hídricos, extraídos das Certificações Ambientais apresentadas e citadas pelo autores abordados na revisão bibliográfica. Como critério de escolha, adotou-se a recomendação dada por Deponti, Eckert e Azambuja (2002), a qual ordena a escolha dos que se repetem com mais frequência nas literaturas estudadas. Além disso, priorizou-se o uso de critérios condizentes com a realidade brasileira, favorecendo a avaliação.

Na sequência, são apresentadas as categorias de avaliação que compõe o IADH, bem como sua respectiva pontuação (Quadro 7). Magalhães Júnior (2014), lembra que os critérios de avaliação podem ser adaptados ao contexto. Portanto, a estrutura e formas de avaliação citadas nas Certificações Ambientais não são reproduzidos na íntegra, sendo os mesmos adaptados de modo a simplificar a coleta dos dados e a compreensão do procedimento pela comunidade em geral. Para facilitar as análises, as categorias de avaliação são agrupadas em macrogrupos

temáticos. Cada categoria possui uma escalação categórica, baseada na proposta de Juwana, Muttill e Perera (2012), de forma que a pontuação varia de 1 a 4 pontos para cada critério analisado. Além dos pontos, cada item também possui um valor proporcional agregado que varia de 25 a 100, conforme o método para elaboração de um Índice, apresentado por Gil (2008).

Quadro 7 - Categorias de avaliação

MACROGRUPO	CRITÉRIO	AVALIAÇÃO	FONTE	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL		
A	Preservação ambiental	1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado	LEED, SITES, BREEAM, AQUA-HQE	20-40% da área é preservada	1	25	
				41-60% da área é preservada	2	50	
				61-80% da área é preservada	3	75	
				81-100% da área é preservada	4	100	
		2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras de infraestrutura	LEED, SITES, BREEAM, AQUA-HQE	20-40% do comprimento linear do rio é preservado	1	25	
				41-60% do comprimento linear do rio é preservado	2	50	
				61-80% do comprimento linear do rio é preservado	3	75	
				81-100% do comprimento linear do rio é preservado	4	100	
	3) Os lotes estão fora da área de alagamentos	LEED, SITES, BREEAM	Não	0	0		
			Sim	4	100		
	4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos	SITES, Selo Casa Azul, CAIXA	Realizadas a cada 4 anos	1	25		
			Realizada a cada 3 anos	2	50		
			Realizadas a cada 2 anos	3	75		
			Realizadas anualmente	4	100		
	B	Saneamento básico	1) Abastecimento de água potável	Selo Casa Azul, CAIXA	20-40% das ruas são atendidas	1	25
					41-60% das ruas são atendidas	2	50
61-80% das ruas são atendidas					3	75	
81-100% das ruas são atendidas					4	100	
2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual			LEED, SITES, BREEAM, AQUA-HQE, Selo Casa Azul, CAIXA	20-40% das edificações são atendidas	1	25	
				41-60% das edificações são atendidas	2	50	
				61-80% das edificações são atendidas	3	75	
				81-100% das edificações são atendidas	4	100	
		61-80% das ruas são atendidas		3	75		
		81-100% das ruas são atendidas		4	100 (Continua)		

MACROGRUPO		CRITÉRIO	AVALIAÇÃO	FONTE	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL
B	Saneamento básico	3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos	20-40% das ruas são atendidas	LEED, BREEAM AQUA-HQE	1	25
			41-60% das ruas são atendidas		2	50
			61-80% das ruas são atendidas		3	75
			81-100% das ruas são atendidas		4	100
		4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico	Sim	LEED, SITES, BREEAM AQUA-HQE	0	0
			Não		4	100
C	Controle do escoamento superficial	1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas	20-40% das edificações possuem	LEED, SITES, BREEAM AQUA-HQE, Selo Casa Azul CAIXA	1	25
			41-60% das edificações possuem		2	50
			61-80% das edificações possuem		3	75
			81-100% das edificações possuem		4	100
		2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento	20-40% das ruas possuem algum sistema	LEED, SITES, BREEAM AQUA-HQE, Selo Casa Azul CAIXA	1	25
			41-60% das ruas possuem algum sistema		2	50
			61-80% das ruas possuem algum sistema		3	75
			81-100% das ruas possuem algum sistema		4	100
		3) Sistemas de retenção como Bacias de retenção, Bacias de detenção ou Paisagens multifuncionais	Não existe	LEED, SITES, BREEAM AQUA-HQE, Selo Casa Azul CAIXA	0	0
			Existe		4	100
		4) Existência de telhados verdes	20-40% das edificações possuem	LEED, SITES, BREEAM AQUA-HQE, Selo Casa Azul CAIXA	1	25
			41-60% das edificações possuem		2	50
			61-80% das edificações possuem		3	75
			81-100% das edificações possuem		4	100 (Continua)

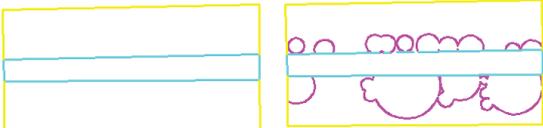
MACROGRUPO	CRITÉRIO	AVALIAÇÃO	FONTE	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL	
D	Controle da impermeabilização do solo	1) Recobrimento vegetal do solo em áreas públicas	10-20% da área possui	LEED, SITES, BREEAM AQUA-HQE, Selo Casa Azul CAIXA	1	25
			21-30% da área possui		2	50
			31-40% da área possui		3	75
			41-50% da área possui		4	100
		2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)	10-15% da área do lote não pode ser edificada	AQUA-HQE, Selo Casa Azul CAIXA	1	25
			16-20% da área do lote não pode ser edificada		2	50
			21-25% da área do lote não pode ser edificada		3	75
			25-30% da área do lote não pode ser edificada		4	100
		3) Pavimentos permeáveis nas ruas	20-40% da área das ruas possui	LEED, SITES, BREEAM AQUA-HQE, Selo Casa Azul CAIXA	1	25
			41-60% do comprimento linear das ruas possui		2	50
			61-80% do comprimento linear das ruas possui		3	75
			81-100% do comprimento linear das ruas possui		4	100
		4) Pavimentos permeáveis nas calçadas	20-40% do comprimento linear das calçadas possui	LEED, SITES, BREEAM AQUA-HQE, Selo Casa Azul CAIXA	1	25
			41-60% do comprimento linear das calçadas possui		2	50
			61-80% do comprimento linear das calçadas possui		3	75
			81-100% do comprimento linear das calçadas possui		4	100

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

É possível notar que todos os macrogrupos possuem a mesma quantidade de critérios de avaliação. Isto ocorre pois objetiva-se realizar uma análise imparcial, ou seja, sem dar maior ou menor importância à determinada categoria ou critério, como é comum nas certificações ambientais existentes. Desta forma, a análise transcorre de forma democrática, estimulando a busca pelo máximo de pontos em todas as categorias de avaliação. Optou-se por um número reduzido de critérios de avaliação para que a realização das análises não se torne exaustiva, não desmerecendo, porém, a relevância dos mesmos na busca pela gestão sustentável dos recursos hídricos no meio urbano.

Os critérios para a coleta dos dados, por sua vez, são apresentados no Quadro 8. Neste quadro, é possível verificar os métodos para a coleta, registro e comprovação dos dados levantados, objetivando a quantificação das informações para determinar a pontuação equivalente.

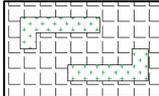
Quadro 8 - Coleta dos dados

MACROGRUPO	CRITÉRIO	LEVANTAMENTO
<p>A</p> <p>Preservação ambiental</p>	<p>1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado</p>	<p>O cálculo da área de vegetação ciliar preservada abrange vegetação de médio e grande porte, calculada pela área coberta pela projeção das copas sobre a largura dos 15,00m de área de preservação em cada lado do rio. As medições são feitas com base em imagens aéreas em alta resolução e desenhos feitos com auxílio de software específico. Segue o exemplo com o passo a passo dos procedimentos:</p>  <p>_____ Rio _____ Faixa 15,00m _____ Copas das árvores</p> <p>a) Inserir a imagem no Auto CAD ou outro software de desenho e formatar o tamanho da mesma em metros b) Desenhar a largura e comprimento do rio e traçar a projeção dos 15,00m de área de preservação para cada lado c) Desenhar círculos de modo a contornar a copa das árvores d) Calcular as áreas subtraindo as projeções sobre o rio e fora do perímetro de 15,00m</p>  <p>e) Calcular a % de vegetação ciliar preservada</p>
	<p>2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras infraestrutura</p>	<p>a) Com o uso de imagens aéreas de alta resolução e mapas temáticos fornecidos pela prefeitura municipal ou órgãos competentes, desenhar uma linha contínua no eixo do rio utilizando o Auto CAD ou software similar. Desenhar linhas auxiliares a do eixo central, demarcando os trechos em que há canalização do rio ou outro tipo de obra que descaracteriza o leito natural do rio, como pontes e passarelas</p>  <p>_____ Rio _____ Canalização</p> <p>b) Com o comando Lengthen realizar a medição do comprimento do rio, canalizações e obras de infraestrutura c) Calcular a % de obras de infraestrutura e canalizações</p>

(Continua)

MACROGRUPO		CRITÉRIO	LEVANTAMENTO
A	Preservação ambiental	3) Os lotes estão fora da área de alagamentos	a) Com o uso de mapas temáticos fornecidos pela prefeitura municipal ou órgãos competentes, verificar se as áreas de inundação não atingem os lotes
		4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos	a) Verificar a periodicidade das campanhas junto á prefeitura municipal e órgãos competentes
B	Saneamento Básico	1) Abastecimento de água potável	a) Inserir imagens de alta resolução no Auto CAD ou software similar, formatando-as na escala para metros e desenhar uma linha no eixo das ruas b) Contabilizar o comprimento linear total das ruas c) Contabilizar o comprimento linear dos trechos que possuem rede de abastecimento de água potável. Para tanto, verificar esta informação junto aos órgãos competentes d) Calcular a % dos trechos de ruas com abastecimento de água potável
		2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual	a) Contabilizar o número de ruas inseridas na área de estudo b) Verificar junto aos órgãos competentes quais ruas possuem rede de coleta de esgoto cloacal ou se na área de estudo há Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e se a mesma atende a demanda total. Ou, na ausência destes, verificar junto aos órgãos competentes se as edificações possuem sistema de tratamento individual do esgoto d) Calcular a % ruas atendidas
		3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos	a) Verificar junto aos órgãos competentes em quais ruas há coleta seletiva de lixo regularmente b) calcular a % de ruas atendidas
		4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico	a) Verificar se ao longo do curso hídrico existe algum ponto de despejo de esgoto doméstico ou industrial sem tratamento prévio b) Os dados devem ser comprovados por meio de relatórios fotográficos e escritos
C	Controle do escoamento superficial	1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas	a) Contabilizar o número de edificações b) Contabilizar o número de edificações que possuem cisterna, independente da capacidade, com base em visitas ao local, imagens aéreas e projetos protocolados na prefeitura municipal c) Calcular a % de edificações com cisterna
		2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento	a) Contabilizar o número de ruas b) Verificar a existência de no mínimo 01 dispositivo em cada rua para a infiltração e redução do escoamento superficial, como valas de infiltração, trincheiras de percolação ou jardins de chuva c) Calcular a % de ruas que atendem ao critério

(Continua)

MACROGRUPO	CRITÉRIO	LEVANTAMENTO
C	Controle do escoamento superficial	<p>3) Sistemas de retenção como Bacias de retenção, Bacias de detenção ou Paisagens multifuncionais</p> <p>a) Verificar a presença de no mínimo 01 dos itens listados na área de estudo por meio de entrevistas, visitas ao local e consulta em projetos da prefeitura municipal</p> <p>b) Os dados devem ser comprovados por meio de relatórios fotográficos e escritos</p>
	4) Existência de telhados verdes	<p>a) Contabilizar o número de edificações</p> <p>b) Contabilizar o número de edificações que possuem telhado verde, independente do tamanho com base em imagens aéreas e visitas ao local</p> <p>c) Calcular a % de edificações com telhado verde</p>
D	Controle da impermeabilização do solo	<p>1) Recobrimento vegetal do solo em áreas públicas</p> <p>a) Com o uso de imagens aéreas em alta resolução, mapas temáticos e visitas ao local, determinar a área de recobrimento com vegetação rasteira em áreas públicas, como praças, canteiros centrais, passeios e rótulas, considerando as situações abaixo para o cálculo:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>FAIXAS COM VEGETAÇÃO RASTEIRA EM PASSEIO PAVIMENTADOS</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>PASSEIOS COM RECOBRIMENTO DE VEGETAÇÃO RASTEIRA</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>CANTEIROS COM VEGETAÇÃO RASTEIRA EM PRAÇAS</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>FAIXAS COM VEGETAÇÃO RASTEIRA EM CANTEIROS CENTRAIS</p> </div> </div> <p>b) Inserir as imagens no Auto CAD ou software similar e desenhar os contornos destas áreas</p> <p>c) Calcular a área total em m²</p> <p>d) Calcular as áreas em m² com recobrimento de vegetação rasteira</p> <p>e) Calcular a % do recobrimento vegetal da área de estudo</p>
	2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)	<p>a) Consultar a legislação municipal no que se refere aos índices urbanísticos e TO</p> <p>b) Considerar como parâmetro de avaliação o índice cujo valor da TO seja o mais alto para o referido zoneamento</p>
	3) Pavimentos permeáveis nas ruas	<p>a) Com o uso de imagens aéreas em alta resolução, mapas temáticos e visitas ao local, determinar a % do comprimento linear de ruas que possuem pavimentação permeável</p> <p>b) Inserir imagens de alta resolução no Auto CAD ou software similar, formatando-as na escala para metros e desenhar uma linha no eixo das ruas</p> <div style="text-align: center;">  <p>Eixo da rua</p> </div> <p>c) Com o comando Lengthen medir o comprimento total das ruas</p> <p>d) Em visita ao local, percorrer as ruas e medir o comprimento dos trechos que possuem pavimentação permeável</p> <p>e) Calcular a % do comprimento linear de ruas que possuem pavimentos permeáveis</p>

(Continua)

MACROGRUPO	CRITÉRIO	LEVANTAMENTO
<p style="text-align: center;">D</p> <p style="text-align: center;">Controle da impermeabilização do solo</p>	<p style="text-align: center;">4) Pavimentos permeáveis nas calçadas</p>	<p>a) Com o uso de imagens aéreas em alta resolução, mapas temáticos e visitas ao local, determinar a % do comprimento linear das calçadas que possuem pavimentação permeável</p> <p>b) Inserir imagens de alta resolução no Auto CAD ou software similar, formatando-as na escala para metros e desenhar uma linha nas calçadas junto ao meio-fio</p> <p>c) Com o comando Lengthen medir o comprimento total das calçadas</p> <p>d) Em visita ao local, percorrer as calçadas e medir o comprimento dos trechos que possuem pavimentação permeável considerando os exemplos abaixo como parâmetro:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div style="width: 20%;"> <p>CALÇADAS IMPERMEÁVEIS</p>  <p>CALÇADAS SEM PAVIMENTAÇÃO PISOS IMPERMEÁVEIS SEM JUNTAS CIMENTADAS</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>CALÇADAS IMPERMEÁVEIS</p>  <p>PAVIMENTOS COM JUNTAS CIMENTADAS PAVIMENTOS CIMENTADOS</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center; margin-top: 10px;"> <div style="width: 20%;">  <p>MESCLA DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS COM VEGETAÇÃO RASTEIRA</p> </div> <div style="width: 20%;">  <p>CALÇADAS SEM PAVIMENTAÇÃO E COM SEIXOS</p> </div> <div style="width: 20%;">  <p>CALÇADAS COM REVESTIMENTO</p> </div> <div style="width: 20%;">  <p>2/3 OU MAIS DA CALÇADA E COM PISO IMPERMEÁVEL</p> </div> </div> <p>e) Calcular a % do comprimento linear de calçadas que possuem pavimentos permeáveis</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Após a coleta das informações, deve ser feita a tabulação das mesmas, preenchendo os campos da Ficha de avaliação (Quadro 9). O preenchimento desta ficha, auxilia na organização dos dados e facilita o manuseio destes na etapa seguinte, que se constitui do lançamento dos dados na fórmula do IADH. Esta ficha, assim como os quadros referentes às Categorias de avaliação e Coleta de dados devem ser impressos para que possam ser manuseados durante a realização das avaliações. Também é importante lembrar que se faz necessária a impressão de uma ficha para cada área de estudo, de modo que as informações não se misturem e ocorram equívocos durante o tratamento dos dados.

Quadro 9 - Ficha de avaliação

MACROGRUPO		CRITÉRIO	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL
A	Preservação ambiental	1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado		
		2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras de infraestrutura		
		3) Os lotes estão fora da área de alagamentos		
		4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos		
Total do item				
B	Saneamento Básico	1) Abastecimento de água potável		
		2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual		
		3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos		
		4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico		
Total do item				
C	Controle do escoamento superficial	1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas		
		2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento		
		3) Sistemas de retenção como Bacias de retenção, Bacias de detenção ou Paisagens multifuncionais		
		4) Existência de telhados verdes		
Total do item				
D	Controle da impermeabilização do solo	1) Recobrimento vegetal do solo em áreas públicas		
		2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)		
		3) Pavimentos permeáveis nas ruas		
		4) Pavimentos permeáveis nas calçadas		
Total do item				

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Após a coleta dos dados e atribuição dos respectivos pontos e valores proporcionais, é feita a ponderação com pesos atribuídos de forma igualitária, com o objetivo de equiparar o grau de importância entre os macrogrupos. Este procedimento é importante, uma vez que pretende-se analisar todos os critérios de

modo imparcial, sem atribuir maior ou menor relevância a nenhum destes. Ao final deste procedimento, o que se obtém é o IADH, fundamentado em um índice agregado ponderado. Para a realização dos cálculos, se faz uso do método aritmético, sendo o procedimento expresso pela equação do Quadro 10:

Quadro 10 - Índice agregado ponderado

$$IADH = \frac{(A \times 0,25) + (B \times 0,25) + (C \times 0,25) + (D \times 0,25)}{4}$$

Onde:
 IADH = Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico
 A = resultado parcial do Índice do macrogrupo A
 B = resultado parcial do Índice do macrogrupo B
 C = resultado parcial do Índice do macrogrupo C
 D = resultado parcial do Índice do macrogrupo D

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Por fim, o resultado do IADH é lançado no ranking de desempenho da sustentabilidade, inspirado no modelo proposto por Prescott-Allen (1996) apud Magalhães Júnior (2014). Na Tabela 4 é possível observar o modelo proposto para esta pesquisa. Com o resultado obtido no cálculo do índice, é possível traçar um panorama da realidade do local estudado em relação a interação sustentável dos recursos hídricos e as cidades.

Tabela 4 - Ranking de desempenho da sustentabilidade

VALOR	DESEMPENHO
0 - 25	Ruim
26 - 50	Regular
51 - 75	Bom
76 - 100	Ótimo

Fonte: Adaptado de Prescott-Allen (1996) apud Magalhães Júnior (2014, p. 191).

Para exemplificar a aplicação do IADH, na sequência apresenta-se um exemplo de pontuação (Quadro 11), demonstrando o preenchimento da tabela com os respectivos pontos, neste caso, obtidos de modo simbólico. Também são ilustrados os procedimentos matemáticos para a obtenção do resultado no ranking de desempenho da sustentabilidade (Quadro 12).

Quadro 11 - Exemplo de pontuação

MACROGRUPO		CRITÉRIO	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL
A	Preservação ambiental	1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado	2	50
		2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras de infraestrutura	3	75
		3) Os lotes estão fora da área de alagamentos	4	100
		4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos	1	25
Total do item			10	250
B	Saneamento Básico	1) Abastecimento de água potável	4	100
		2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual	2	50
		3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos	3	75
		4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico	0	0
Total do item			9	225
C	Controle do escoamento superficial	1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas	1	25
		2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento	0	0
		3) Sistemas de retenção como Bacias de retenção, Bacias de detenção ou Paisagens multifuncionais	2	50
		4) Existência de telhados verdes	3	75
Total do item			6	150
D	Controle da impermeabilização do solo	1) Recobrimento vegetal em áreas públicas	3	75
		2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)	4	100
		3) Pavimentos permeáveis nas ruas	2	50
		4) Pavimentos permeáveis nas calçadas	3	75
Total do item			12	300

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 12 - Procedimentos matemáticos

$$\begin{aligned}
 \text{IADH} &= \frac{(A \times 0,25) + (B \times 0,25) + (C \times 0,25) + (D \times 0,25)}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{(250 \times 0,25) + (225 \times 0,25) + (150 \times 0,25) + (300 \times 0,25)}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{62,50 + 56,25 + 37,50 + 75,00}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{231,25}{4} \\
 \text{IADH} &= \mathbf{57,81}
 \end{aligned}$$

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Ao verificar a classificação deste valor na tabela do Ranking de classificação da sustentabilidade, é possível constatar que o exemplo dado se enquadra como Bom. Ou seja, em uma situação real, o local de estudo teria um desempenho considerado desejável no que se refere à preservação dos recursos hídricos e a interação dos mesmos com o urbanismo adjacente.

4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos na avaliação de cada uma das áreas de estudo. Estes dados foram obtidos por meio dos procedimentos metodológicos apresentados anteriormente, os quais contemplam levantamentos no local, análise de dados e consulta a documentos. Com base nos dados obtidos durante o tratamento dos dados, foi possível traçar um panorama socioambiental das regiões estudadas.

Ao final destes procedimentos, os resultados obtidos em cada uma das áreas estudadas foram comparados, a fim de determinar semelhanças e discutir as diferenças entre os mesmos (ANDRADE, 2010). Esta discussão é embasada nas características físicas, sociais e morfológicas de cada uma das áreas e objetiva levantar questões para novas reflexões e estudos.

4.1 Resultado da Área de Estudo 1 - Centro

A região central da cidade, a qual é objeto deste estudo, apresenta características comuns a qualquer centro de cidade: altos índices de Taxa de Ocupação (TO), diversas ruas com pavimentação asfáltica, calçadas impermeáveis e áridas, com pouca presença de vegetação, intensa movimentação de pessoas e veículos e predomínio de atividades comerciais. Além destas características, a Área de Estudo 1, contempla dois arroios, os quais interceptam boa parte da malha urbana do município: o Arroio Sapiranga e o Arroio Schmidt.

No Quadro 13, é possível observar que a região, devido às suas características de intensa urbanização, obteve baixa pontuação no Macrogrupo A - Preservação ambiental. Isto se deve principalmente ao fato de que toda a extensão dos arroios é canalizada e a maior parte do solo é impermeabilizada, seja por construções ou pavimentações. Isto acarreta em aumento do escoamento superficial e zonas de alagamento. Além disso, os baixos índices de preservação da vegetação ciliar também contribuem para o assoreamento dos rios e pouca retenção da água da chuva. No Apêndice A é possível analisar os cálculos e análises realizadas para obter os resultados da avaliação deste macrogrupo.

Em relação ao Macrogrupo B - Saneamento básico, a Área de Estudo 1 teve um resultado bom. Apesar disso, é importante frisar que a análise se deu

unicamente em relação a existência da infraestrutura básica de saneamento, abastecimento e coleta de resíduos, não pormenorizando as questões referentes a qualidade e eficiência destes serviços. Os procedimentos técnicos e dados dos levantamentos realizados para esta avaliação podem ser observados com mais clareza no Apêndice B.

Por outro lado, no Macrogrupo C - Controle do escoamento superficial, a área de estudo apresentou um resultado preocupante, pois não atendeu a nenhum dos critérios de avaliação. Neste sentido, a necessidade de mudanças nas políticas públicas, assim como adequações nos métodos construtivos usuais é evidente. Pois, para que a cidade se torne sustentável, é inadmissível que a mesma continue a se desenvolver em moldes urbanísticos ultrapassados. No Apêndice C pode-se averiguar os dados obtidos por meio dos levantamentos, os quais explicam a ausência de pontuação nestes itens.

De modo semelhante, o Macrogrupo D - Controle da impermeabilização do solo, também apresentou resultados não satisfatórios. Isto ressalta que regiões consolidadas das cidades precisam ser remodeladas e requalificadas, a fim de atender as quesitos do Desenvolvimento Sustentável. Para avaliar os resultados deste macrogrupo, é necessário consultar o Apêndice D.

Quadro 13 - Resultados parciais da Área de Estudo 1

MACROGRUPO		CRITÉRIO	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL
A	Preservação ambiental	1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado	1	25
		2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras de infraestrutura	0	0
		3) Os lotes estão fora da área de alagamentos	0	0
		4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos	4	100
Total do item			5	125
B	Saneamento Básico	1) Abastecimento de água potável	4	100
		2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual	4	100
		3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos	4	100
		4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico	4	100
Total do item			16	400 (Continua)

C	Controle do escoamento superficial	1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas	0	0
		2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento	0	0
		3) Sistemas de retenção como Bacias de retenção, Bacias de detenção ou Paisagens multifuncionais	0	0
		4) Existência de telhados verdes	0	0
Total do item			0	0
D	Controle da impermeabilização do solo	1) Recobrimento vegetal do solo em áreas públicas	2	50
		2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)	1	25
		3) Pavimentos permeáveis nas ruas	0	0
		4) Pavimentos permeáveis nas calçadas	1	25
Total do item			4	100

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Após o somatório dos resultados parciais dos pontos e valores proporcionais, os valores obtidos foram lançadas na equação formulada para o cálculo do IADH. O Quadro 14 detalha este procedimento e apresenta o resultado final do IADH para a Área de Estudo 1.

Quadro 14 - Cálculo do IADH na Área de Estudo 1

$$\begin{aligned}
 \text{IADH} &= \frac{(A \times 0,25) + (B \times 0,25) + (C \times 0,25) + (D \times 0,25)}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{(125 \times 0,25) + (400 \times 0,25) + (0 \times 0,25) + (100 \times 0,25)}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{31,25 + 100 + 0 + 25}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{156,25}{4} \\
 \text{IADH} &= \mathbf{39,06}
 \end{aligned}$$

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com a obtenção do resultado do IADH para a área de estudo em questão, foi possível constatar que a região apresenta um desempenho Regular em relação do Desenvolvimento Sustentável, como mostra a Tabela 5. Ou seja, há diversos aspectos que precisam ser melhorados na área avaliada, para que a mesma possa ser considerada sustentável.

Tabela 5 - Ranking de desempenho da Área de Estudo 1

VALOR	DESEMPENHO
0 - 25	Ruim
26 - 50	Regular
51 - 75	Bom
76 - 100	Ótimo

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

4.2 Resultado da Área de Estudo 2 - Bairro Centenário

A Área de Estudo 2, caracterizada pela ocupação predominantemente residencial, representa o cenário característico de zonas residenciais de classe média. Com uma infraestrutura urbana completa e atendimento regular aos serviços básicos, a área encontra-se em uma região da cidade que é considerada nobre e possui acesso fácil ao centro. Limitando-se com uma área de APP junto ao Arroio Centenário, a mesma também é composta por diversas ruas sem saída.

Referente a análise avaliativa nesta área, os resultados do Macrogrupo A - Preservação ambiental foram bons (Quadro 15). Inclusive, nas vias junto à APP, há placas educativas indicando a proibição da deposição irregular de resíduos sólidos e degradação do meio ambiente. Apesar disso, parte do loteamento Sulina é afetada por inundações e alagamentos, como pode ser visto no Apêndice A.

O Macrogrupo B - Saneamento básico, por sua vez, também apresentou bons resultados na avaliação, comprovando que a infraestrutura urbana atende aos requisitos básicos e essenciais da região. Isto acarreta tanto em valorização monetária dos lotes da região quanto em qualidade de vida aos moradores. Para melhor compreender os resultados do macrogrupo, é importante consultar os dados do Apêndice B.

Em contrapartida, na análise dos itens de avaliação do Macrogrupo C - Controle do escoamento superficial, nenhum dos critérios foi atendido. Deste modo, é válido reforçar a premissa de que devem ocorrer mudanças na forma de construir e planejar as cidades. Pois, como é possível constatar no Apêndice C, é necessária uma mudança cultural do planejamento urbano para que elementos como estes façam parte da paisagem urbana.

Por conseguinte, os resultados do Macrogrupo D - Controle da impermeabilização do solo, cujo parecer de avaliação constam no Apêndice D, foram medianos. Ou seja, a área de estudo atende em parte aos critérios de avaliação. É importante mencionar que no item referente a avaliação do recobrimento vegetal nas áreas públicas, o resultado foi satisfatório pois o local tem diversos lotes baldios, nos quais ainda não foi executado o passeio público. Em outros, há edificações, porém, como a região possui pouca circulação de pessoas, principalmente nas ruas sem saída, os moradores acabam adiando a execução da pavimentação do passeio público, ficando este recoberto por grama. Além disso, boa parte das ruas possuem pavimentação com paralelepípedos ao invés de asfalto.

Quadro 15 - Resultados parciais da Área de Estudo 2

MACROGRUPO		CRITÉRIO	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL
A	Preservação ambiental	1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado	3	75
		2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras de infraestrutura	4	100
		3) Os lotes estão fora da área de alagamentos	0	0
		4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos	4	100
Total do item			11	275
B	Saneamento Básico	1) Abastecimento de água potável	4	100
		2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual	4	100
		3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos	4	100
		4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico	4	100
Total do item			16	400
C	Controle do escoamento superficial	1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas	0	0
		2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento	0	0
		3) Sistemas de retenção como Bacias de retenção, Bacias de detenção ou Paisagens multifuncionais	0	0
		4) Existência de telhados verdes	0	0
Total do item			0	0 (Continua)

MACROGRUPO	CRITÉRIO	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL
D	1) Recobrimento vegetal do solo em áreas públicas	3	75
	2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)	1	25
	3) Pavimentos permeáveis nas ruas	2	50
	4) Pavimentos permeáveis nas calçadas	1	25
Total do item		7	175

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

De posse dos resultados da avaliação, os valores obtidos a partir dos valores proporcionais foram lançadas na equação para o cálculo do IADH. Os resultados deste cálculo podem ser verificados no Quadro 16.

Quadro 16 - Cálculo do IADH na Área de Estudo 2

$$\begin{aligned}
 \text{IADH} &= \frac{(A \times 0,25) + (B \times 0,25) + (C \times 0,25) + (D \times 0,25)}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{(275 \times 0,25) + (400 \times 0,25) + (0 \times 0,25) + (175 \times 0,25)}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{68,75 + 100 + 0 + 43,75}{4} \\
 \text{IADH} &= \frac{212,50}{4} \\
 \text{IADH} &= \mathbf{53,13}
 \end{aligned}$$

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com um resultado mediano, o valor proveniente do IADH foi lançado na tabela do ranking de desempenho a qual indicou que a área de estudo apresenta um desempenho bom em relação a sustentabilidade. Entretanto, é preciso atentar-se ao fato de que os resultados satisfatórios de alguns critérios de avaliação se devem à pouca densidade populacional, o que resulta em menos ocupação do solo e menos obras de infraestrutura, como execução de calçadas, por exemplo. Apesar do resultado da avaliação ser bom, ainda há diversos itens que não foram atendidos e precisariam ser implementados para que a região possa ser considerada sustentável.

Tabela 6 - Ranking de desempenho da Área de Estudo 2

VALOR	DESEMPENHO
0 - 25	Ruim
26 - 50	Regular
51 - 75	Bom
76 - 100	Ótimo

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

4.3 Resultado da Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre

Circundada por loteamentos irregulares e ocupada principalmente por população de baixa renda, a Área de Estudo 3 é caracterizada pelo dinamismo urbano. Com ruas bastante movimentadas, a região é uma mescla de residências e pequenos estabelecimentos comerciais. Sendo considerada uma das localidades mais pobres da zona urbana do município, a região abriga diversas construções irregulares e ocupações na APP junto ao Arroio Bambu.

Ao ser realizada a análise desta área de estudo, os resultados do Macrogrupo A - Preservação ambiental foram muito bons (Quadro 17). Isto se deve ao fato de que o rio tem o seu leito natural preservado sem canalizações, apesar das construções irregulares praticamente adentrarem o mesmo. A topografia do local também é favorável e impede que ocorra o acúmulo excessivo de água, evitando, assim, os alagamentos. Porém, em função das ocupações irregulares, boa parte da vegetação ciliar foi derrubada para dar lugar às moradias precárias e desprovidas de saneamento básico. Por mais que hajam campanhas de educação ambiental no município e tenha placas espalhadas pelo loteamento, explicando sobre a importância da preservação das áreas de APP, é possível notar o descaso com a natureza. Esta avaliação pode ser verificada no Apêndice A, o qual contém os dados referentes aos levantamentos e cálculos realizados.

Apesar da precariedade das condições de vida dos moradores, a infraestrutura urbana é satisfatória e atende as questões básicas referentes ao saneamento, que faz parte dos itens avaliados no Macrogrupo B - Saneamento básico. Excedendo-se, neste caso, as construções irregulares na APP, cujo esgoto é despejado diretamente no arroio, como mostram as informações contidas no Apêndice B.

O Macrogrupo C - Controle do escoamento superficial, assim como nas demais áreas de estudo, também não teve nenhum requisito atendido, conforme explanação feita no Apêndice C. Neste caso, a ausência do uso de tecnologias construtivas alternativas, como a implementação de sistemas de aproveitamento de água da chuva com o uso de cisternas, por exemplo, pode ser justificado pelas condições econômicas limitadas da população residente. Pois em muitos casos, o orçamento familiar é restrito a alimentação e itens básicos, sendo intangível a possibilidade de investimentos deste tipo. Sendo que nestes casos, caberia ao poder público o dever de investir em melhorias visando o Desenvolvimento Sustentável da região.

Os critérios avaliados no Macrogrupo D - Controle da impermeabilização do solo mostraram resultados instigadores. O item que se refere a quantificação do recobrimento vegetal em áreas públicas, teve uma boa pontuação pois a região possui uma significativa área de APP, a qual é coberta por vegetação, salvo os casos em que a mesma foi removida para dar lugar às construções. Já o item que trata da pavimentação permeável das calçadas e ruas teve pontuação mediana, sendo que os dados dos levantamentos feitos para a avaliação destes critérios podem ser conferidos no Apêndice D.

Quadro 17 - Resultados parciais da Área de Estudo 3

MACROGRUPO		CRITÉRIO	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL
A	Preservação ambiental	1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado	1	25
		2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras de infraestrutura	4	100
		3) Os lotes estão fora da área de alagamentos	4	100
		4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos	4	100
Total do item			13	325
B	Saneamento Básico	1) Abastecimento de água potável	4	100
		2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual	4	100
		3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos	4	100
		4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico	0	0
Total do item			12	300 (Continua)

MACROGRUPO		CRITÉRIO	PONTOS	VALOR PROPORCIONAL
C	Controle do escoamento superficial	1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas	0	0
		2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento	0	0
		3) Sistemas de retenção como Bacias de retenção, Bacias de detenção ou Paisagens multifuncionais	0	0
		4) Existência de telhados verdes	0	0
Total do item			0	0
D	Controle da impermeabilização do solo	1) Recobrimento vegetal do solo em áreas públicas	4	100
		2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)	1	25
		3) Pavimentos permeáveis nas ruas	2	50
		4) Pavimentos permeáveis nas calçadas	2	50
Total do item			9	225

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Após a realização das avaliações de cada item, os resultados parciais foram somados e serviram de embasamento para o cálculo do IADH (Quadro 18). Em seguida, o resultado final permitiu a avaliação do desempenho sustentável da área de estudo.

Quadro 18 - Cálculo do IADH na Área de Estudo 3

$$\begin{aligned}
 & \text{IADH} = \frac{(A \times 0,25) + (B \times 0,25) + (C \times 0,25) + (D \times 0,25)}{4} \\
 & \text{IADH} = \frac{(325 \times 0,25) + (300 \times 0,25) + (0 \times 0,25) + (225 \times 0,25)}{4} \\
 & \text{IADH} = \frac{81,25 + 75 + 0 + 56,25}{4} \\
 & \text{IADH} = \frac{212,50}{4} \\
 & \text{IADH} = \mathbf{53,13}
 \end{aligned}$$

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Como mostra a Tabela 7, com a conclusão das avaliações, obteve-se um resultado considerado Bom no tocante ao Desenvolvimento Sustentável da

localidade. Porém, é válido mencionar que, apesar da boa pontuação em alguns critérios de avaliação, muitas coisas precisam ser melhoradas na região. Dado que as condições de vida da população residente são precárias e os bons resultados da avaliação se dão em função de questões pontuais, como a presença de uma extensa área de APP, por exemplo.

Tabela 7 - Ranking de desempenho da Área de Estudo 3

VALOR	DESEMPENHO
0 - 25	Ruim
26 - 50	Regular
51 - 75	Bom
76 - 100	Ótimo

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

4.4 Análise Comparativa dos Resultados

Após as avaliações individuais de cada uma das áreas de estudo, é válido fazer uma análise comparativa entre as mesmas, para que possam ser identificadas potencialidades, deficiências e particularidades. Pois como mostra o Quadro 19, diversos critérios de avaliação tiveram resultados semelhantes.

Ao observar o somatório dos pontos do Macrogrupo A - Preservação ambiental, é possível notar que as Áreas de Estudo 2 e 3 tiveram resultados satisfatórios, enquanto que a Área de Estudo 1 obteve uma pontuação baixa. Isto porque a região central, além de não ter preservada a vegetação ciliar nos arroios, também é atingida por alagamentos e tem extensas obras de canalização. Em contrapartida, as Áreas de Estudo 2 e 3 tem o leito do rio preservado sem canalizações e a Área de Estudo 2, em particular, mantém preservada boa parte da vegetação ciliar. O fato de a região ser monitorada e fiscalizada com a ajuda dos próprios moradores, provavelmente é um inibidor para as invasões irregulares, pois durante as visitas ao local, foi possível constatar que algumas placas de educação ambiental focam colocadas pela iniciativa privada.

O Macrogrupo B - Saneamento básico teve resultados bons em todos os critérios de avaliação em todas as áreas estudadas, exceto o item que trata sobre o despejo de esgoto nos rios. A Área de Estudo 3 não obteve pontuação neste item devido às construções irregulares, as quais possuem instalações hidrossanitárias

bastante precárias. É interessante frisar que, apesar de a área não atender em 100% aos critérios avaliados em função das ocupações irregulares, o resultado final ficou dentro da média que permite a pontuação máxima de 4 pontos.

Já a ausência de todos os requisitos de avaliação do Macrogrupo C - Controle do escoamento superficial nas Áreas de Estudo, aponta para um panorama preocupante em relação a importância que a cidade tem dado para as questões hídricas e ambientais no meio urbano. Nota-se que as ações de melhorias na urbanização não tem priorizado estes quesitos e tampouco, o setor privado tem dado a devida importância ao tema.

Os resultados medianos do Macrogrupo D - Controle da impermeabilização do solo, também mostram que a cidade não apresenta um panorama condizente com os quesitos do Desenvolvimento Sustentável. Ou seja, no critério referente ao recobrimento vegetal do solo, a pontuação foi boa pois nos bairros analisados há diversos lotes sem passeio pavimentado e a Área de Estudo 3 ainda conta com uma extensa área com vegetação rasteira próxima ao rio. O item que aborda a pavimentação permeável das ruas, por sua vez, aponta para a cultura do uso de pavimentação impermeável no centro das cidades, a qual precisa ser mudada.

Quadro 19 - Comparativo dos resultados da pontuação

MACROGRUPO	CRITÉRIO	ÁREA DE ESTUDO			
		1	2	3	
A	Preservação ambiental	1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado	1	3	1
		2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras de infraestrutura	0	4	4
		3) Os lotes estão fora da área de alagamentos	0	0	4
		4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos	4	4	4
Total do item		5	11	13	
B	Saneamento Básico	1) Abastecimento de água potável	4	4	4
		2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual	4	4	4
		3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos	4	4	4
		4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico	4	4	0
Total do item		16	16	12 (Continua)	

MACROGRUPO	CRITÉRIO	ÁREA DE ESTUDO			
		1	2	3	
C	Controle do escoamento superficial	1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas	0	0	0
		2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento	0	0	0
		3) Sistemas de retenção como Bacias de retenção, Bacias de detenção ou Paisagens multifuncionais	0	0	0
		4) Existência de telhados verdes	0	0	0
Total do item		0	0	0	
D	Controle da impermeabilização do solo	1) Recobrimento vegetal do solo em áreas públicas	2	3	4
		2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)	1	1	1
		3) Pavimentos permeáveis nas ruas	0	2	2
		4) Pavimentos permeáveis nas calçadas	1	1	2
Total do item		4	7	9	
TOTAL DE PONTOS		25	34	34	

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

No somatório total dos pontos e resultados dos cálculo do IADH, nota-se que as Áreas de Estudo 2 e 3 alcançaram o mesmo quociente (Quadro 20). Isto se explica pelo fato de que os bairros analisados, apesar das distinções sociais, apresentam características bastante semelhantes em relação a morfologia urbana. O centro, todavia, por ter peculiaridades distintas e típicas do urbanismo usual, apresentou um resultado inferior, reforçando a ideia de que a atual forma de planejar e construir as cidades deve mudar.

Quadro 20 - Comparativo dos resultados do IADH

	ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
IADH	39,06	53,13	53,13
DESEMPENHO	Regular	Bom	Bom

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Esta avaliação também conduz à uma reflexão a qual aponta que nem sempre as áreas consideradas nobres são as melhores do ponto de vista da sustentabilidade. Como exemplo, pode-se mencionar as áreas centrais, as quais, por deterem uma infraestrutura urbana bem estabelecida, são mais valorizadas.

Entretanto, como foi possível constatar neste estudo, a área central mostrou-se pouco condizente com o desenvolvimento sustentável. Isto se explica em função dos altos índices permitidos na TO, uma vez que o custo do metro quadrado de um lote nesta área é elevado e, portanto, os empreendedores buscam o seu aproveitamento máximo. Outro item bastante significativo nos resultados obtidos para este caso, é a intensa impermeabilização dos logradouros públicos, refletindo a ideia de que para permitir uma boa mobilidade, o solo precisa ser impermeável.

Já as áreas analisadas nos bairros, apesar das diferenças morfológicas e sociais, de forma casual apresentaram resultados idênticos no cálculo do IADH. Apesar disso, é importante salientar que cada uma das áreas possui particularidades distintas. No bairro Vão Livre, por exemplo, o índice de recobrimento vegetal nas áreas públicas é satisfatório, devido ao fato de existir uma APP, sendo que boa parte desta é composta por vegetação rasteira a qual permite seu uso para lazer e recreação. Além disso, também há uma praça predominantemente recoberta por grama, contendo academia ao ar livre, playground e mobiliário urbano, o que incentiva a sua apropriação pelos moradores. Entretanto, a disponibilidade de áreas de lazer junto aos espaços naturais e placas referentes a educação ambiental, por si só, não são suficientes para promover a conscientização popular sobre a importância de preservar os recursos naturais. Pois como foi possível constatar no local, a deposição irregular de lixo nas áreas de preservação e derrubada de árvores são atividade corriqueiras. Ou seja, é necessária a realização de acompanhamento constante por parte dos educadores ambientais para que ocorra uma mudança cultural.

Por outro lado, a área de estudo localizada no Bairro Centenário não possui praça e a APP é constituída por vegetação de médio e grande porte. Neste sentido, do ponto de vista ecológico, é possível constatar que os bairros considerados nobres não são, necessariamente, os que se integram melhor com a natureza. Em contrapartida, nesta área de estudo, foi possível notar uma maior conscientização ambiental por parte da população, uma vez que as áreas de APP são bem preservadas e contam, inclusive, com placas colocadas pelos próprios moradores, alertando para a proibição da deposição irregular de lixo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Á água é um dos recursos naturais mais importantes e atualmente a demanda por água potável é maior do que a oferta. Isto ocorre em função de diversos fatores, sendo que a urbanização excessiva e descontrolada junto aos cursos hídricos, é apontada com um dos principais motivos de poluição e degradação. Além disso, a alteração do ciclo natural da água tem implicado em problemas como desequilíbrio climático e inundações. Na tentativa de amenizar estas adversidades ocorrentes no meio urbano, diversos eventos com o intuito de discutir questões referentes a sustentabilidade vem ocorrendo em vários países desde a década de 1970.

Neste contexto, surgiram em meados dos anos 1990, as primeiras Certificações Ambientais, as quais, dentre outras coisas, buscam avaliar o nível de sustentabilidade de edificações e urbanizações. A difusão de informações sobre as mesmas tem se intensificado nos últimos anos e a busca por um certificado ambiental é cada vez mais comum entre os empreendedores. Entretanto, por abordar a sustentabilidade de forma ampla em seus mais variados aspectos, as Certificações Ambientais tem se revelado pouco objetivas em relação a avaliação do desempenho hídrico, especialmente em áreas urbanas.

Diante desta situação, foi elaborada a questão para a estruturação da presente pesquisa, cujo objetivo, foi formular o Índice de Avaliação do Desempenho Hídrico - IADH, com base nas Certificações Ambientais existentes, visando o desenvolvimento de Cidades Sustentáveis. Justifica-se esta temática em função da necessidade de compor uma ferramenta de avaliação, cujo propósito seja avaliar a gestão sustentável dos recursos hídricos no meio urbano. Além disso, a compilação de indicadores que permitem avaliar o Desenvolvimento Sustentável das cidades é pertinente à atual busca pela sustentabilidade. A necessidade de adoção de medidas as quais minimizem as adversidades que ocorrem em cidades interceptadas por rios, também é emergente, uma vez que as aglomerações urbanas estão em constante crescimento e o seu desenvolvimento precisa ser corretamente planejado. Desta forma, optou-se por analisar o panorama atual de alguns setores da zona urbana do município de Sapiranga/RS, a qual é banhada por diversos arroios.

A realização destes estudos de caso possibilitou o atendimento aos objetivos propostos. Entretanto, foi possível constatar que alguns itens, como o uso de

tecnologias construtivas alternativas, como telhados verdes e sistemas de aproveitamento de água da chuva ainda não são utilizados em nenhuma das regiões avaliadas. Com a realização das avaliações, constatou-se que a temática abordada no Macrogrupo C - Controle do escoamento superficial, apesar de ser frequentemente abordada na literatura e em estudos acadêmicos e ser de suma relevância para o Desenvolvimento Sustentável, ainda não condiz com a realidade brasileira. Isto se deve ao fato de que as cidades já estão consolidadas e a ampliação das mesmas acontece, em sua maioria, com base em modelos urbanísticos considerados ultrapassados.

Por outro lado, os critérios de do Macrogrupo B - Saneamento básico, obtiveram resultados satisfatórios pois tratam-se de serviços básicos e essenciais. Apesar disso, é importante frisar que alguns critérios de avaliação precisam ser revistos e abordados com mais rigor. Dentre estes, pode-se citar o item 2, cuja avaliação se dá em função da existência de rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual. Para este caso, em estudos futuros, os parâmetros de avaliação devem ser revistos, pois é importante diferenciar as situações em que há sistema de tratamento individual, composto por fossa séptica e filtro anaeróbio dos casos em que há Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Também é oportuno criar parâmetros para os contextos em que as águas servidas, após passarem por pré-tratamento em filtro anaeróbio, são ligadas diretamente na rede pluvial. Além disso, é pertinente que seja criado um critério de avaliação exclusivo para a rede de coleta de águas pluviais e outro para a conjuntura em que a ETE não funciona corretamente.

Outros critérios de avaliação, como os itens do Macrogrupo A e do Macrogrupo B mostraram-se eficientes quanto a avaliação proposta. Nestes casos, em estudos futuros e a critério do avaliador, poderiam ser feitos levantamentos mais criteriosas, considerando, por exemplo, a quantidade de pavimentos permeáveis em metros quadrados (m^2), ao invés de considerar apenas o comprimento linear em metros. Ou então, calcular a metragem quadrada de área livre nos lotes em relação à metragem quadrada das construções, considerando a Taxa de Ocupação (TO) existente no local. Além disso, estimar o volume de água retido pela vegetação ciliar ou rasteiras nas áreas públicas seria de suma importância para aferir o impacto da excessiva impermeabilização do solo e o quanto a vegetação pode contribuir na retenção da água da chuva.

Em relação à estrutura e fórmula para cálculo do IADH, constatou-se que a mesma atendeu aos propósitos da pesquisa, nos quais optou-se pela equiparação dos critérios de avaliação, atribuindo igual teor de importância à todos eles por meio da ponderação igualitária nos 04 macrogrupos propostos. Todavia, em estudos futuros, não há impedimento para a atribuição de valores ponderáveis diferenciados para as temáticas abordadas. Também não há restrição quando a complementação do Índice com mais critérios de avaliação, desde que os mesmos sejam referentes aos recursos hídricos no meio urbano e condizentes com os preceitos do Desenvolvimento Sustentável. É válido lembrar, porém, que para a consolidação da estrutura do IADH, a realização de mais estudos de casos em cidades com diferentes características e porte se faz necessária.

De modo geral, pode-se dizer que o IADH, através de uma avaliação criteriosa do desempenho hídrico no meio urbano, tem potencial para contribuir com a construção de cidades cada vez melhores para a população e o meio ambiente. Entretanto, a estrutura e composição do mesmo ainda precisa ser lapidada, a fim de garantir a sua eficiência máxima quanto às avaliações. Ademais, os estudos desenvolvidos nesta pesquisa condizem com as atuais necessidades do Desenvolvimento Urbano Sustentável e espera-se que os mesmos possam servir de embasamento para investigações futuras.

É sensato afirmar que uma mudança cultural é necessária para modificar o modo de planejar e construir as cidades, para que as mesmas se tornem sustentáveis. Do contrário, o futuro das mesmas é incerto. Sabe-se que não é possível alcançar um cenário ideal, uma vez que modificar algo que já está consolidado não é simples. No entanto, é necessário que se faça o possível para melhorar a ambiência urbana e conseqüentemente possibilitar uma melhor relação entre as cidades, pessoas e recursos hídricos. Desta forma, há benefícios tanto para o meio ambiente, quanto para a população, cujas condições de vida são melhoradas e assim, é possível garantir que as gerações futuras possam usufruir dos mesmos recursos que a geração atual, indo de encontro aos preceitos da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. 10 ed. - São Paulo: Atlas, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15527: água da chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

BARBOSA, Gisele Silva. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Visões**. Rio de Janeiro, 4 ed. v. 1, n. 4, jan/jun 2008. Disponível em: <http://files.gtsustentabilidade.webnode.com/200000055-d44dfd5476/4ed_O_Desafio_Do_Desenvolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf>. Acesso em: 22 mai 2018.

BARCELLOS, Vicente Quintella. **Unidade de vizinhança: notas sobre sua origem, desenvolvimento e introdução no Brasil**. Brasília. Disponível em: <https://serenatadenatal.files.wordpress.com/2009/10/http___www-unb.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2017.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é: o que não é**. 4 ed. - Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e para a Política Federal de Saneamento Básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 13 mar 2018.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em: 13 mar 2018.

BREEAM NC. **BREEAM International New Construction 2016, Technical Manual**. Reino Unido, 2016. Disponível em: <http://www.breeam.com/BREEAMInt2016SchemeDocument/#resources/output/nc_pdf_screen/nc_int_2016.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2017.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. - São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARVALHO, José C. de. LELIS, Ana Cláudia. **Cartilha infiltração**. Série Geotecnia. v. 2. - Brasília: UNB, 2010.

CERVO, Amado Luiz. BERVIAN, Pedro Alcino. SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6 ed. - São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DEPONTI, Cidonea Machado. ECKERT, Córdula. AZAMBUJA, José Luiz Bortoli de. Estratégias para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre, v. 3, n. 4, out/dez 2002. Disponível em:

<<http://www.ernestoamaral.com/docs/fip-112/biblio/Deponti2002.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a sustentabilidade**. 2 ed. - Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 2005.

EGAN, JOHN. Skills for Sustainable Communities. **The Egan Review**. v. 2. - London: Riba, 2004. Disponível em:

<http://ihbc.org.uk/recent_papers/docs/Egan%20Review%20Skills%20for%20sustainable%20Communities.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.

FARR, Douglas. **Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza** / Douglas Farr ; tradução: Alexandre Salvaterra. - Porto Alegre: Bookman, 2013.

FUNDAÇÃO Vanzolini e Cerway. **Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção**. São Paulo, 2016.

Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2015/11/RT_AQUA-HQE-Edifícios_residenciais-2016-04.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação: bairros e loteamentos**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2011.

GBC BRASIL. **Gráficos de crescimento no Brasil**. Barueri, 2017. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/contato.php>>. Acesso em: 24 mai. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, Joana C. Soares. BODE, Klaus. **Edifício ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GONÇALVES, Ricardo F. NOUR, Edson A. A. PHILIPPI, Luiz S. ALVES, Wolney C. JORDÃO, Eduardo P. BAZZARELLA, Bianca B. ANNECCHINI, Karla P. V. ZANELLA, Luciano. ROCHA, Adilson L. SEZERINO, Pablo H. PETERS, Madelon R. ROSTON, Denis M. **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE:**

idades@: Sapiranga: RS. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sapiranga/panorama>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

JOHN, Moacyr Vanderley. PRADO, Racine T. Araújo. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. --São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010. Disponível em:

<http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Selo_Casa_Azul.pdf>. Acesso em: 05 out. 2017.

JUWANA, I. MUTTIL, N. PERERA, B. J. C. Indicator-based Water Sustainability Assesment - A Review. **Science of the Total Environment**. v. 438, p. 357-371, set 2012. Disponível em: <<http://vuir.vu.edu.au/22225/1/Indicator->

based%20Water%20Sustainability%20Assessment%20%20A%20Review.pdf>. Acesso em: 22 jan 2018.

LEITE, Carlos. AWAD, Juliana di Cesare Marques. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano**. Porto Alegre: Bockman, 2012.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

MARANHÃO, Ney. Sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas. 2007. 422 f. **Tese** (Doutorado em Ciências e Engenharia Civil) -- Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2007.

MASCARÓ, Juan Luis. MASCARÓ, Lucia. FREITAS, Ruskin Marinho de. **Infraestrutura da Paisagem**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2008.

MIGUEZ, Marcelo G. VERÓL, Aline P. REZENDE, Osvaldo M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MIKHAILOVA, Irina. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Economia e Desenvolvimento**. Santa Maria, n. 16. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/eed/article/view/3442>>. Acesso em: 21 mai 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

OGATA, Igor Souza. Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica para a bacia hidrográfica do rio Paraíba. 2014. 83 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) -- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, 2014.

OLIVEIRA, Maria A. de Alencar. SZÜCS, Carolina Palermo. O conceito de unidade de vizinhança para a qualificação de áreas de interesse social. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído - ENTAC, 11., 2006, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3756_3765.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2017.

PORTAL VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>>. Acesso em: 30 set. 2017.

ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. 1. ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gilli, 2001.

ROSSA, Sara R. L. G. Serrasqueiro. Contribuições para um uso mais eficiente da água no ciclo urbano: poupança de água e reutilização de águas cinzentas. 2006. 177f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia do Ambiente) -- Faculdade de

Engenharia da Universidade de Porto (F.E.U.P), Porto, 2006. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12752/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2017.

SANTOS, L. B., VALÉRIO, L., JUREMA, M. C. B., LONDE, L. R., SOUZA, D. O. de, BARDINI, V., REANI, R. T., BACELAR, R. B., CARVALHO, T., SORIANO, E., TOMÁS, L. R. Desastres naturais de origem hidrológica e impactos no setor de transportes -o caso de março de 2015 em São José dos Campos-SP. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21., 2015. Brasília. **Anais Eletrônicos...** Brasília: ABRH, 2015. Disponível em: <<http://ambientemobilidade.wixsite.com/site/publicacoes>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

SAPIRANGA - RS. In: **GOOGLE MAPS**. Mountain View: Google, 2013. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

SAPIRANGA. **Lei nº 4805 de 5 de agosto de 2011**. Estabelece o Plano Diretor de Desenvolvimento Humano e Ambiental do Município de Sapiiranga. Disponível em: <http://www.sapiranga.rs.gov.br/uploads/servico/18873/Plano_Diretor.pdf>. Acesso em: 27 jun 2018.

SAPIRANGA. **Prefeitura Municipal de Sapiiranga**. Disponível em: <<http://www.sapiranga.rs.gov.br/site/home>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

SELO CASA AZUL. **CAIXA**. [S.l.], [2018]. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

SICHE, Raúl. AGOSTINHO, Feni. ORTEGA, Enrique. ROMEIRO, Ademar. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. 10, n. 2, p. 137-148, jul/dez 2007.

SILVA, André de Souza. **Índice de certificação da sustentabilidade em cidades**. Cidades Verdes. Presidente Prudente, SP. v. 03, n. 04, 2015, pp. 55-69. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/cidades_verdes/article/view/946/969>. Acesso em: 15 ago. 2016.

SILVA, G. J. A. da; ROMERO, M. A. B. Cidades sustentáveis: uma nova condição urbana a partir de estudos aplicados a Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 253-266, jul./set. 2013.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Gestão do território e manejo integrado das águas urbanas**. - Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

TELLES, Dirceu D. COSTA, Regina H. P. G. NUVOLARI, Ariolvaldo. TEIXEIRA, Elisabeth P. RIBEIRO, Flávio de M. NASCIMENTO, José E. STANGE, Karen. BASSOI, Lineu J. PAULA, Pedro N. BRESAOLA JR, Rubens. CARRARA, Silvia M. C. M. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

TELLES, Dirceu D'Alkmin (Coord.). GÓIS, Josué Souza de (Colab.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. - São Paulo: Blucher, 2013.

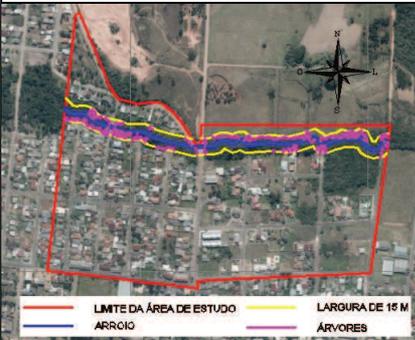
TUCCI, Carlos E. M. SILVEIRA (Coord.). André L. L. da. [et al.]. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. 6 reimp. - Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 2014.

USGBC. **LEED core concepts guide in Portuguese**. Washington, 2014. Disponível em: < <http://www.usgbc.org/resources/leed-core-concepts-guide-portuguese>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

VICTORINO, Célia J. Aito. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

ZAPATA, Leonardo S.; RÍOS, Jennifer M. López; MOLINA, Sergio Gómez; MORENO, Diego Franco; HERRERA, Martínez. Ciudades sostenibles y saludables: estrategias em busca de la calidad de vida. **Rev. Fac. Nac. Salud Pública**. Medellín, v. 34, n. 1, jan/abr. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v34n1/v34n1a13.pdf>>. Acesso em: 16 jun 2018.

APÊNDICE A – LEVANTAMENTOS DO MACROGRUPO A

1) Preservação da vegetação ciliar em pelo menos 15,00m de largura de cada lado	
Área de Estudo 1 - Centro	
	<p>Área de preservação: 32992,06m² Área com vegetação ciliar: 7748,66m²</p> $\frac{32992,06}{7748,66} \times 100\% = X$ <p>X= 23,49% da vegetação ciliar é preservada</p>
Área de Estudo 2 - Bairro Centenário	
	<p>Área de preservação: 21739,20m² Área com vegetação ciliar: 15943,90m²</p> $\frac{21739,20}{15943,90} \times 100\% = X$ <p>X= 73,34% da vegetação ciliar é preservada</p>
Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre	
	<p>Área de preservação: 15671,84m² Área com vegetação ciliar: 5184,23m²</p> $\frac{15671,84}{5184,23} \times 100\% = X$ <p>X= 33,08% da vegetação ciliar é preservada</p>
2) Preservação do leito natural do rio sem canalização ou obras de infraestrutura	
Área de Estudo 1 - Centro	
	<p>Comprimento linear do rio: 1131,67m Canalização: 1131,67m</p> <p>1131,67= 100% do rio é canalizado</p>

(Continua)

Área de Estudo 2 - Bairro Centenário



Comprimento linear do rio: 732,73m
Canalização: 34,95m

$$\begin{array}{r} 732,73 \text{ --- } 100\% \\ 34,95 \text{ --- } X \\ X = 4,77\% \end{array}$$

100% - 4,77% = **95,23% do rio não tem canalização ou obras de infraestrutura**

Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre



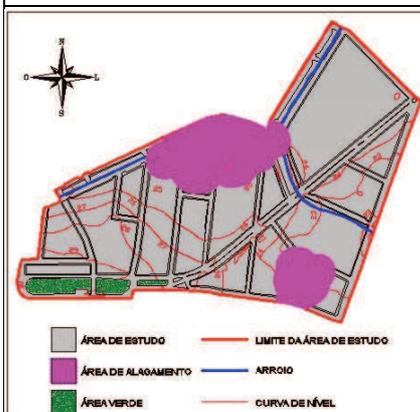
Comprimento linear do rio: 532,73m
Canalização: 33,24m

$$\begin{array}{r} 532,73 \text{ --- } 100\% \\ 33,24 \text{ --- } X \\ X = 6,24\% \end{array}$$

100% - 6,24% = **93,76% do rio não tem canalização ou obras de infraestrutura**

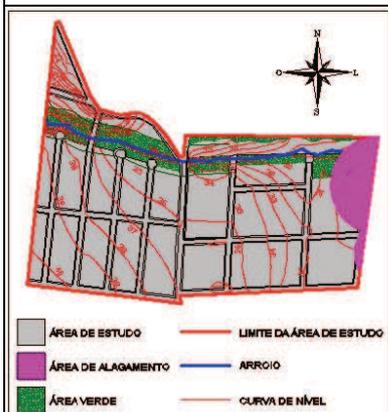
3) Os lotes estão fora da área de alagamentos

Área de Estudo 1 - Centro



Conforme informações obtidas junto a Prefeitura Municipal de Sapiranga, a cota de inundação na zona urbana do município é de 13,00m. Entretanto, como pode ser observado na imagem, na zona central existem pontos de alagamento, os quais decorrem do subdimensionamento das tubulações pluviais. Ou seja, o volume escoado é significativo e a tubulação pluvial existente não atende a demanda atual, dado que na época de sua implantação as ruas não eram impermeabilizadas e permitiam a infiltração de parte da água da chuva. Estes alagamentos ocorrem também na região onde se localiza o ponto de encontro entre os arroios Sapiranga e Schmidt, cuja velocidade de escoamento é acelerada em função da canalização do leito dos rios.

Área de Estudo 2 - Bairro Centenário



Pelo mapeamento das áreas de alagamento e inundação, realizado pela Prefeitura Municipal de Sapiranga, é possível visualizar que parte do loteamento, o qual é objeto de estudo neste trabalho, é atingido por estes contratemplos. O fato é motivado pela implantação de bueiros para permitir a travessia do rio em uma rua da região. Em momentos de grandes descargas pluviométricas, a vazão pelos bueiros não é o suficiente, pois os mesmos costumam estar parcialmente obstruídos com resíduos sólidos, galhos de árvores e vegetação. Isto acarreta no represamento da água, que consequentemente acaba alagando algumas áreas residenciais e ruas.

(Continua)

Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre



Apesar do loteamento ser interceptado por um arroyo e a região ser caracterizada por ocupações irregulares, não há registros de inundações ou alagamento da região. Isto se explica pela topografia do local, a qual não favorece infortúnios desta natureza, e também pela predominância de pavimentos permeáveis nas ruas e ausência de canalizações no rio.

4) Campanhas de educação ambiental e preservação dos recursos hídricos

Área de Estudo 1 - Centro/ Área de Estudo 2 - Bairro Centenário/ Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre

O município conta com diversas atividades relacionadas à educação ambiental, sendo que o tema é frequentemente debatido nas escolas, havendo inclusive a possibilidade de agendamento de visita ao Centro de Triagem de Resíduos de Sapiranga (CETRISA). Há também uma sede específica para atender as questões referentes a educação ambiental, denominada como Centro Municipal de Estudos Ambientais (CEMEAM). Anualmente ocorre a Semana do Meio Ambiente, a qual contempla atividades como teatro, plantio de árvores, visitas ao CEMEAM, além de trilhas e caminhadas.

Além das campanhas promovidas pelo Departamento de Meio Ambiente (DMA) do município, junto às Áreas de Preservação Permanente (APP's), é possível notar a presença de várias placas relacionadas a educação ambiental.

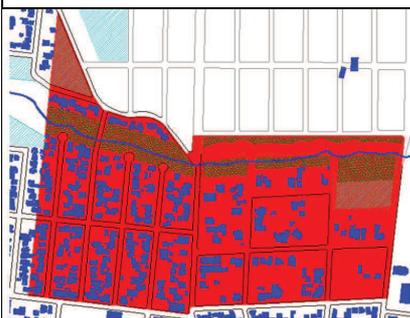


APÊNDICE B – LEVANTAMENTOS DO MACROGRUPO B

1) Abastecimento de água potável	
Área de Estudo 1 - Centro	
<p>SEM REDE DE ÁGUA COM REDE DE ÁGUA LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO</p>	<p>Segundo informações da CORSAN, mais de 90% das residências da área urbana do município são abastecidas com água potável. A área central, delimitada neste estudo, é 100% abastecida e possui tubulações de água potável em todas as ruas.</p>
Área de Estudo 2 - Bairro Centenário	
<p>SEM REDE DE ÁGUA COM REDE DE ÁGUA LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO</p>	<p>O bairro Centenário e os respectivos loteamentos Sulina e Itapema, abordados nesta pesquisa, são totalmente abastecidos com água potável, fornecida pela CORSAN.</p>
Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre	
<p>SEM REDE DE ÁGUA COM REDE DE ÁGUA LIMITE DA ÁREA DE ESTUDO</p>	<p>O loteamento João Goulart, apesar de ter rede de abastecimento de água potável em todas as áreas residenciais do loteamento, é caracterizado pelas ocupações irregulares nas APP's. Conseqüentemente, nestes locais as edificações são desprovidas de rede de abastecimento de água e os moradores improvisam ligações clandestinas. Apesar disso, não há garantias em relação a qualidade da água e continuidade do abastecimento.</p>
2) Rede de coleta de esgoto ou sistema de tratamento coletivo ou individual	
Área de Estudo 1 - Centro	
<p>ÁREA DE ESTUDO TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTO SEM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO</p>	<p>A região central da cidade não é dotada de rede de coleta de esgoto. Conforme informações da CORSAN e da Prefeitura Municipal de Sapiranga, as edificações da região contam com sistemas individuais de tratamento de esgoto, sendo comum a adoção de Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio. Estes sistemas, cuja implantação e adequação é obrigatória para obras novas e reformas, devem obedecer as recomendações especificadas por normas técnicas. A execução destes sistemas é comprovada por meio da aprovação de projetos hidrossanitários junto ao Departamento de Licenciamento da Secretaria de Planejamento do município e a apresentação de laudo técnico da execução é pré-requisito para a liberação do habite-se das construções.</p>

(Continua)

Área de Estudo 2 - Bairro Centenário



De modo semelhante a área central da cidade, o Bairro Centenário também conta com a obrigatoriedade de implantação de sistemas individuais de tratamento de esgoto.

■ ÁREA DE ESTUDO
■ TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTO
■ SEM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre



O bairro Vôo Livre, assim como a maioria dos bairros do município, não conta com rede de coleta de esgoto para tratamento coletivo. Portanto, a execução de sistemas individuais, dotados de Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio é obrigatório no local. Apesar disso, foi possível constatar nas visitas ao local, que as edificações irregulares, construídas na APP, possuem ligações clandestinas de esgoto, cujo destino final é o Arroio Bambu. Portanto, de forma dedutiva, é possível afirmar que as mesmas não possuem nenhum tipo de sistema de tratamento de esgoto, de modo a despejá-lo diretamente na natureza.

■ ÁREA DE ESTUDO
■ TRATAMENTO INDIVIDUAL DE ESGOTO
■ SEM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

3) Coleta seletiva dos resíduos sólidos

Área de Estudo 1 - Centro/ Área de Estudo 2 - Bairro Centenário/ Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre

Conforme informações disponíveis no site da prefeitura do município, a coleta seletiva de resíduos sólidos ocorre em todas as áreas do município, inclusive em partes da zona rural. Segundo os dados disponíveis no site, a coleta na Área de Estudo 1, ou seja, no centro, é de segunda-feira a sábado. Nas demais áreas, ocorre em dias intercalados, como mostra o quadro abaixo:

COLETA SELETIVA	
ÁREA 1 - CENTRO	2ª a sábado (Av. Mauá até a ERS 239)
ÁREA 2 - CENTENÁRIO	2ª, 3ª, 5ª e 6ª (em todo o bairro)
ÁREA 3 - VÔO LIVRE	4ª e sábado (Loteamento Musa até o Pinheirinhos)

4) Despejo de esgoto doméstico ou industrial em curso hídrico

Área de Estudo 1 - Centro/ Área de Estudo 2 - Bairro Centenário

Nos percursos realizados durante as visitas aos locais delimitados pela área de estudo não foi identificado nenhum ponto de despejo de esgoto nos arroios.

Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre

Nos percursos realizados durante as visitas aos locais delimitados pela área de estudo foram identificados alguns pontos de despejo de esgoto no arroio. Estes pontos situam-se junto às ocupações irregulares, cujas edificações localizam-se muito próximas às margens do rio. Nas fotos abaixo, é possível visualizar partes das tubulações que conduzem o esgoto doméstico para dentro do rio:



APÊNDICE C – LEVANTAMENTOS DO MACROGRUPO C

1) Coleta de água da chuva com o uso de cisternas
Área de Estudo 1 - Centro/ Área de Estudo 2 - Bairro Centenário/ Área de Estudo 3 - Bairro Vão Livre
De acordo com o Art. 40 da Lei Municipal nº 2393/1997, a qual institui o Código de Posturas do Município de Sapiranga/RS, não é permitido o armazenamento de água em cisternas na zona urbana. Segue o texto da Lei:
<p>Art. 40. Não serão permitidos nos prédios da zona urbana do Município, dotados de rede de abastecimento de água, a abertura ou manutenção de cisternas, ressalvados casos especiais, autorizados pelo Executivo Municipal, com observância das prescrições legais pertinentes.</p> <p>§ 1º Inexistindo rede pública de abastecimento de água, serão indicadas pela Administração Municipal as medidas a serem adotadas.</p> <p>§ 2º Os reservatórios de água deverão obedecer os seguintes requisitos:</p> <p style="margin-left: 20px;">I - vedação total, evitando o acesso de substâncias que possam contaminar a água;</p> <p style="margin-left: 20px;">II - facilidade de inspeção por parte da fiscalização sanitária;</p> <p style="margin-left: 20px;">III - tampa removível.</p> <p>§ 3º Os reservatórios de água, deverão ser limpos no mínimo 1 (uma) vez por ano.</p>
Apesar da restrição legislativa, sabe-se que atualmente o uso de cisternas para o armazenamento de água da chuva para usos não potáveis é comum. Entretanto, não há registros oficiais do uso das mesmas nas áreas de estudo do município e tampouco foram visualizadas instalações deste tipo durante as visitas no local.
2) Sistemas que permitem a infiltração e redução da vazão do escoamento
Área de Estudo 1 - Centro/ Área de Estudo 2 - Bairro Centenário/ Área de Estudo 3 - Bairro Vão Livre
Nos percursos realizados durante as visitas aos locais delimitados pelas áreas de estudo não foi identificado nenhum sistema que atenda as requisitos deste item. Nos projetos urbanísticos elaborados pela Secretaria de Planejamento do município e previsões orçamentárias, também não há registros para a implementação futura nos locais analisados.
3) Sistemas de retenção, como Bacias de Retenção, Bacias de Detenção ou Paisagens multifuncionais
Área de Estudo 1 - Centro/ Área de Estudo 2 - Bairro Centenário/ Área de Estudo 3 - Bairro Vão Livre
Nos percursos realizados durante as visitas aos locais delimitados pelas áreas de estudo não foi identificado nenhum sistema que atenda as requisitos deste item. Nos projetos urbanísticos elaborados pela Secretaria de Planejamento do município e previsões orçamentárias, também não há registros para a implementação futura nos locais analisados.
4) Existência de telhados verdes
Área de Estudo 1 - Centro/ Área de Estudo 2 - Bairro Centenário/ Área de Estudo 3 - Bairro Vão Livre
Nos percursos realizados durante as visitas aos locais delimitados pelas áreas de estudo, bem como a análise das imagens aéreas em alta resolução (ver abaixo), disponibilizadas pela Secretaria de Planejamento do município, não foi identificada nenhuma edificação com telhado verde. Também não há registros de projetos aprovados pelo Departamento de Licenciamento, os quais contemplem a técnica construtiva em questão.


APÊNDICE D – LEVANTAMENTOS DO MACROGRUPO D

1) Recobrimento vegetal do solo em áreas públicas

Área de Estudo 1 - Centro



Área pública: 43404,46m²
Recobrimento vegetal: 11137,45m²

$$\frac{43404,46}{11137,45} = \frac{100\%}{X}$$

X = 25,66% de área de recobrimento com vegetação rasteira

Fotos de algumas das áreas computadas no cálculo:



Área de Estudo 2 - Bairro Centenário

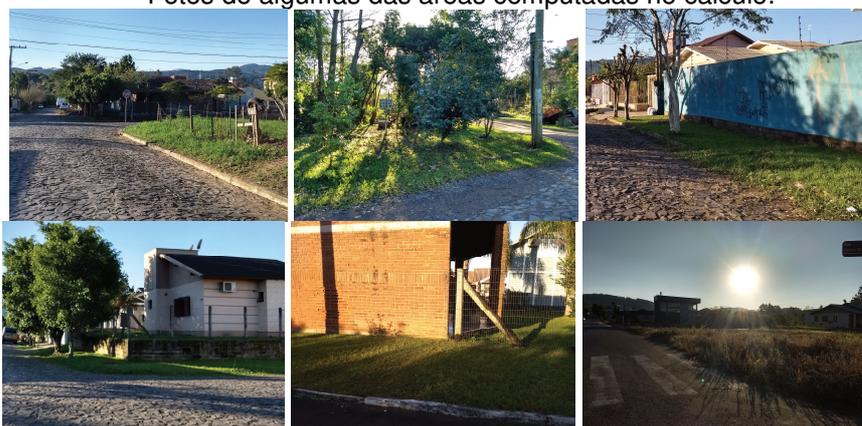


Área pública: 18209,25m²
Recobrimento vegetal: 6908,26m²

$$\frac{18209,25}{6908,26} = \frac{100\%}{X}$$

X = 37,93% de área de recobrimento com vegetação rasteira

Fotos de algumas das áreas computadas no cálculo:



Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre



Área pública: 23583,19m²
Recobrimento vegetal: 10017,50m²

$$\frac{23583,19}{10017,50} = \frac{100\%}{X}$$

X = 42,48% de área de recobrimento com vegetação rasteira

Fotos de algumas das áreas computadas no cálculo:



2) Controle da Taxa de Ocupação (TO)

Área de Estudo 1 - Centro/ Área de Estudo 2 - Bairro Centenário/ Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre

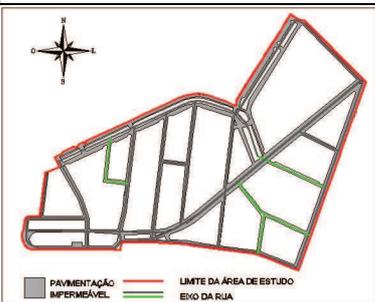
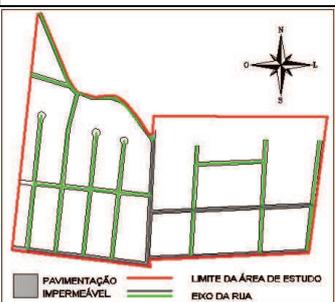
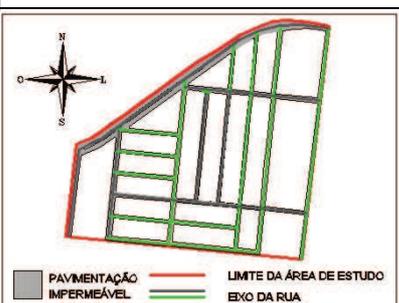


ÍNDICES URBANÍSTICOS LEI MUNICIPAL Nº 4805/2011 (PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO HUMANO E AMBIENTAL - PDDHA)		
ZONA	USO	TAXA DE OCUPAÇÃO (TO)
MISTA (ZM)	Residencial (R)	75%
	Comercial (CSD)	70%
	Industrial (IIA-M)	50%
COMERCIAL ESTRUTURAL (ZCE)	Residencial (R)	60%
	Comercial (CSD)	85%
INDUSTRIAL CONSOLIDADA (ZIC)	Industrial (IIA-M)	60%
	Residencial (R)	75%
	Comercial (CSD)	75%
COMERCIAL CENTRAL (ZCC)	Industrial (IIA-M)	75%
	Residencial (R)	70%
	Comercial (CSD)	90%
	Industrial (IIA-M)	Não permitido

Índice utilizado como parâmetro de avaliação

AVALIAÇÕES			
ÁREA DE ESTUDO	ZONA	TO	ÁREA LIVRE
1 - Centro	ZCC	90%	10%
2 - Centenário	ZCE	85%	15%
3 - Vôo Livre	ZCE	85%	15%

(Continua)

3) Pavimentos permeáveis nas ruas	
Área de Estudo 1 - Centro	
	<p>Total de ruas: 6274,91m Ruas permeáveis: 684,44m</p> $\frac{6274,91}{684,44} \frac{\quad}{\quad} 100\%$ $\frac{684,44}{\quad} \frac{\quad}{\quad} X$ <p>X= 10,91% das ruas possuem pavimentação permeável</p>
Área de Estudo 2 - Bairro Centenário	
	<p>Total de ruas: 3911,44m Ruas permeáveis: 2300,03m</p> $\frac{3911,44}{2300,03} \frac{\quad}{\quad} 100\%$ $\frac{2300,03}{\quad} \frac{\quad}{\quad} X$ <p>X= 58,80% das ruas possuem pavimentação permeável</p>
Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre	
	<p>Total de ruas: 4518,58m Ruas permeáveis: 2459,50m</p> $\frac{4518,58}{2459,50} \frac{\quad}{\quad} 100\%$ $\frac{2459,50}{\quad} \frac{\quad}{\quad} X$ <p>X= 54,43% das ruas possuem pavimentação permeável</p>
4) Pavimentos permeáveis nas calçadas	
Área de Estudo 1 - Centro	
	<p>Total de calçadas: 10525,75m Calçadas permeáveis: 2897,30m</p> $\frac{10525,75}{2897,30} \frac{\quad}{\quad} 100\%$ $\frac{2897,30}{\quad} \frac{\quad}{\quad} X$ <p>X= 27,53% das calçadas são permeáveis</p>

(Continua)

Área de Estudo 2 - Bairro Centenário



Total de calçadas: 6714,85m
 Calçadas permeáveis: 2711,35m

$$\begin{array}{r}
 6714,85 \text{ --- } 100\% \\
 2711,35 \text{ --- } X \\
 \mathbf{X=40,40\% \text{ das calçadas são permeáveis}}
 \end{array}$$

Área de Estudo 3 - Bairro Vôo Livre



Total de calçadas: 7210,60m
 Calçadas permeáveis: 2996,85m

$$\begin{array}{r}
 7210,60 \text{ --- } 100\% \\
 2996,85 \text{ --- } X \\
 \mathbf{X=41,56\% \text{ das calçadas são permeáveis}}
 \end{array}$$