

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA HÍDRICA

**A (In)Sustentabilidade dos sistemas de drenagem urbana:
Proposta de modelo de cobrança baseado em incentivo no uso de técnicas LID para
financiamento dos sistemas municipais**

Ursula Wilberg de Castro Costa

Itajubá, julho de 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA HÍDRICA

Ursula Wilberg de Castro Costa

**A (In)Sustentabilidade dos sistemas municipais de drenagem urbana:
Proposta de modelo de cobrança baseado em incentivo no uso de técnicas LID para
financiamento dos sistemas municipais**

**Dissertação submetida ao Programa de Mestrado
Profissional em Engenharia Hídrica como parte dos
requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia
Hídrica.**

Área de Concentração: Gestão de Sistemas Hídricos

Orientador: Professor Doutor Benedito Cláudio da Silva

Itajubá, julho de 2020

AGRADECIMENTOS

Neste momento de finalização de mais um ciclo desta linda trajetória chamada vida, me coloco em reflexão e em grande estado de gratidão. Agradeço à Deus, pela dádiva da vida e por me permitir viver uma vida cheia de aprendizados e conquistas.

À UNIFEI, por me proporcionar uma educação e conhecimento técnico e prático que hoje me moldam em uma profissional de completa formação. Por ter me presenteado com tantos amigos e mentores, desde a graduação, que fizeram a caminhada parecer menos árdua, mesmo tão longe da minha família.

Aos meus pais, por sempre acreditarem em mim. Por aceitarem os momentos de fraqueza, e vibrarem nos momentos de vitória e, principalmente, por permitirem e apoiarem a realização desta conquista. Ao meu irmão, por ser um porto seguro nos momentos difíceis. À minha avó, Oma, por me acalmar e me acompanhar nas meditações. À toda minha família, que mesmo espalhada mundo afora, me acompanha e torce por mim.

Aos meus companheiros do NEIRU, Andrea, Raquel, Tito, Rafa, Camila e Aloisio, por lidarem com meu estresse e me mostrarem minhas vulnerabilidades e meus pontos fortes. Pela sinceridade, ainda que doída, pela amizade e por todos os momentos que partilhamos. Ao NEIRU, por me proporcionar um aprendizado e crescimento sem tamanho, que trouxeram confiança e força para seguir adiante.

À República Maria Cuervo, pelo carinho e irmandade que levarei comigo para o resto da minha vida. Por me acolherem depois do intercâmbio e me mostrarem o que é ter uma família em Itajubá. Aos amigos que compartilharam seus conhecimentos e habilidades, Paola, Rafinha e Mauro, aliviando o cansaço e dividindo palavras de calma e consolo. À Luisa, ser de luz que a vida colocou em meu caminho em 2019, trazendo paz e alegria para o nosso apartamento no meu último ano em Itajubá.

Ao meu orientador, Professor Benedito, por acompanhar este trabalho e contribuir com seu vasto conhecimento.

Meu muito obrigada

Que possamos ser sempre luz no caminho do próximo

RESUMO

A insustentabilidade dos sistemas municipais de drenagem resulta da histórica má gestão destes serviços e pode ser observada tanto com um viés financeiro quanto com um viés ambiental. A arrecadação referente a estes sistemas é quase sempre inexistente, e quando atrelada ao IPTU não retorna a origem, em função das demais prioridades municipais. Em uma abordagem ambiental, os sistemas atualmente existentes são provenientes de perspectiva “cinza”, sem a ótica das soluções baseadas na natureza. Neste contexto, a proposição de um modelo de cobrança pela prestação do serviço de drenagem urbana atrelado a um sistema de incentivos às práticas *Low Impact Development* (LIDs) foi o objetivo desta dissertação, visando à estruturação de uma ferramenta de auxílio na gestão do sistema e na tomada de decisão por parte do prestador de serviço. Da metodologia: optou-se por um Estudo de Caso, e para fundamentá-lo, necessitou-se da realização de uma pesquisa bibliográfica e documental sobre as formas de remuneração adotadas mundo afora e sobre a eficiência das técnicas LID, de maneira a possibilitar uma proposição de um sistema de incentivos coerente com a redução do escoamento superficial gerado na propriedade. A taxa de drenagem proposta foi dada em função de um parâmetro denominado “Área Impermeável Equivalente”, que leva em consideração o tipo de solução adotada no lote para a gestão do escoamento gerado. Percebeu-se que a metodologia proposta pode adaptar-se às prioridades municipais e pode ser uma solução para o fomento a utilização das práticas LID no município, o que reduz a possibilidade de eventos de chuva gerarem prejuízos financeiros e sociais, melhora a qualidade dos corpos hídricos e as condições ambientais do território. Para o estudo realizado em Itamonte, o valor unitário de 1m² de Área Impermeável Equivalente obtido foi de R\$0,15 anuais e 90% dos lotes contribuiriam com valores inferiores a R\$70,00 ao ano. Conclui-se com este trabalho que a remuneração pelo serviço de drenagem urbana pode ser uma solução tanto para o custeio deste serviço, como para o fomento à utilização de medidas compensatórias nos lotes, trazendo sustentabilidade aos sistemas.

Palavras-chave: Soluções baseadas na natureza, taxa de drenagem urbana, práticas LIDs, gestão de águas pluviais, drenagem urbana e manejo de águas pluviais (DMAPU)

ABSTRACT

The *unsustainability* of municipal drainage systems results from the historical mismanagement of these services and can be observed with both a financial and an environmental bias. The revenue related to these systems is almost always non-existent, and when associated with the IPTU (municipal property tax) does not return to its origin, due to the other municipal priorities. In an environmental approach, the currently existing systems come from a “gray” perspective, without the perspective of nature-based solutions. In this context, the proposal of a model for the cost recovery related to the provision of urban drainage services linked to a system of incentives for the use of Low Impact Development (LIDs) practices was the goal of this dissertation, aiming at structuring a support tool in the management of the system and decision-making by the service provider. From the methodology: we opted for a Case Study, and to support it, it was necessary to carry out a bibliographic and documentary research on the forms of cost recovery adopted worldwide and on the efficiency of LID techniques, in order to enable a proposition of a system of incentives consistent with the reduction of runoff generated on the property. The stormwater fee proposed was given according to a parameter called “Equivalent Impermeable Area”, which takes into account the type of solution adopted in the property to manage the flow generated. It was realized that the proposed methodology can adapt to municipal priorities and can be a solution for promoting the use of LID practices in the municipality, which reduces the possibility of rain events generating financial and social losses, improving the quality of water bodies and the environmental conditions of the territory. For the study carried out in Itamonte, the unit value of 1m² of the “Equivalent Impermeable Area” obtained was R\$ 0.15 per year and 90% of the properties would contribute with values below R\$ 70.00 per year. It is concluded with this work that the remuneration for the urban drainage service can be a solution both for the cost recovery of this service and for the encouragement and foster of the use of compensatory measures in the properties, bringing sustainability to the systems.

Keywords: Nature-based solutions, stormwater fee, LIDs practices, stormwater management, urban drainage and stormwater management

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 – Tipo de sistema de drenagem urbana dos municípios Brasileiros</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2.2 - Municípios que realizam cobrança pelos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, segundo tipo de cobrança A – Sem cobrança, B - Inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU, C - Cobrança de contribuição de melhoria, D - Cobrança de taxa específica, E - Inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU e Cobrança de contribuição de melhoria, F – Outro, G - Inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU; Cobrança de taxa específica, H - Cobrança de taxa específica, Cobrança de contribuição de melhoria e Outro, I - Inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU, Cobrança de taxa específica e Outro.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2.3 - Etapas na criação de um utilitário.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2.4 - Distribuição espacial dos utilitários americanos.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.5 - Distribuição espacial dos utilitários canadenses.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.6 - Exemplo de cálculo de ERU no valor a ser pago mensalmente à prestadora para terrenos não residenciais.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.7 - Comparativo do conceito de canalização e o conceito de reservação.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2.8 – Comparação dos hidrogramas gerados para uma bacia natural, uma bacia urbanizada e uma bacia de urbanização sustentável após evento de chuva.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2.9 - Desconexão da tubulação de recolhimento da água de chuva coletada em telhado para área permeável e para tanque de armazenamento.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 2.10 – Jardins de Chuva.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 2.11 – Jardins de chuva urbanos.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 2.12 - Vala de Infiltração</i>	<i>41</i>
<i>Figura 2.13 - Pavimentos Permeáveis</i>	<i>42</i>
<i>Figura 2.14 – Alameda de árvores em Aachen, Alemanha</i>	<i>42</i>
<i>Figura 2.15 – Telhado Verde em Aachen, Alemanha.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 2.16 - Reservatório de retenção para áreas captadas do telhado verde, com desconexão da rede de drenagem e barril de chuva.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 2.17 – Rebaixamento da parcela permeável dos lotes.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 2.18 - Comparativo sistema de drenagem tradicional (Cenário 1) e sistema de drenagem com utilização de reservatórios de águas pluviais implantados nos lotes (Cenário 3).....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 2.19 - Comparativo do custo de capital por m³ reduzido pelo uso de LIDs</i>	<i>49</i>
<i>Figura 2.20 - Pavimentos simulados.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 2.21 - Exemplificação de cálculo fornecida pelo utilitário de Leipzig.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 2.22 – Determinação de áreas impermeáveis em Pforzheim, Alemanha.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 2.23 - Informações sobre a Quota Ambiental - Instrumento Urbanístico aplicado em São Paulo</i>	<i>62</i>
<i>Figura 3.1 - Etapas da metodologia da pesquisa</i>	<i>67</i>
<i>Figura 3.2 – Metodologia da planilha de cálculo.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 3.3 – Relação de intensidade de chuva para o escoamento em uma bacia de drenagem impermeável, de acordo com o método racional.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 3.4 - Fluxograma do algoritmo utilizado no VBA.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 3.5 – Demonstração da janela de login para acesso ao banco de dados.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 3.6 - Janela de acesso ou alteração dos dados</i>	<i>82</i>
<i>Figura 3.7 - Possíveis mensagens na tentativa de alteração no banco de dados.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 3.8 - Proposta de requerimento de alterações de dados do lote</i>	<i>84</i>
<i>Figura 3.9 - Mapa de localização de Itamonte – MG</i>	<i>85</i>
<i>Figura 4.1 – Ortofotografia aérea urbana de Itamonte – MG</i>	<i>90</i>
<i>Figura 4.2 – Área de estudo do trabalho de Costa (2017) em Itamonte – MG.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 4.3 – Processo de delimitação de lotes, áreas construídas e áreas pavimentadas em Itamonte – MG.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 4.4 – Representação de processo realizado para complementação do banco de dados</i>	<i>92</i>

<i>Figura 4.5 – Código utilizado no PgAdmin para propagação dos valores de área pavimentada e área permeável</i>	93
<i>Figura 4.6 – Lote id2551 Cenário 0</i>	95
<i>Figura 4.7 – Lote id2677 Cenário 0</i>	96
<i>Figura 4.8 – Lote id2959 Cenário 0</i>	96
<i>Figura 4.9 – Lote id3061 Cenário 0</i>	97
<i>Figura 4.10 – Cenários lote id2959</i>	98
<i>Figura 4.11 – Cenários lote id2551</i>	99
<i>Figura 4.12 – Cenários lote id3061</i>	100
<i>Figura 4.13 – Cenários lote id2677</i>	102
<i>Figura 4.14 – Curva de incidência</i>	103

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 2.1 - Informações solicitadas aos municípios pelo SNIS referentes ao tema remuneração pelo serviço de drenagem urbana</i>	<i>23</i>
<i>Quadro 2.2 - Modelos de arrecadação.....</i>	<i>29</i>
<i>Quadro 2.3 - Termos utilizados para soluções de controle na fonte.....</i>	<i>36</i>
<i>Quadro 2.4 – Vantagens e Desvantagens da utilização de soluções e dispositivos de contenção na fonte</i>	<i>39</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2.1 – Informações e Indicadores do SNIS-AP 2017</i>	<i>18</i>
<i>Tabela 2.2 - Exemplo do valor a ser pago mensalmente no município de Monroe – Carolina do Norte - EUA para terrenos residenciais.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 2.3 – REFs em West Saint Paul no estado de Minnesota, EUA</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 2.4 – Resultados das vazões máximas obtidas para a área do loteamento nas simulações dos diferentes cenários para TR de 10 anos.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 2.5 – Resultados das simulações de chuva nas superfícies simuladas</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 2.6 - Descontos na taxa de drenagem urbana residencial em Waterloo, Ontario.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 2.7 -Subsídio para instalação de soluções em lotes residenciais em área de baixa densidade.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 2.8 – Descontos na taxa de drenagem urbana residencial em Kitchener, Ontario.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabela 2.9 - Norma DIN 1986 - 100 - Sistemas de drenagem para edifícios e Propriedades</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 2.10 - Redução das áreas relevantes para as taxas de águas pluviais em Hamburgo, Alemanha</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 2.11 – Valores Pforzheim</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 2.12 - Projetos passíveis de pontuação no quesito drenagem</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 3.1 – Volume de reservatório necessário para atender áreas permeáveis de acordo com método racional</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 3.2 – Resumo dos fatores de contabilização para AIE</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 3.3 – Informações sobre DMAPU do município de Itamonte referentes ao ano de 2015 – Área de estudo</i>	<i>87</i>
<i>Tabela 4.1 – Informações do Banco de Dados e caracterização</i>	<i>94</i>
<i>Tabela 4.2 – Informações dos lotes selecionados</i>	<i>97</i>
<i>Tabela 4.3 – Cálculo da AIE e das taxas de drenagem dos lotes selecionados</i>	<i>98</i>
<i>Tabela 4.4 – Cenários lote id2959</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 4.5 – Cenários lote id2551</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 4.6 – Cenários lote id3061</i>	<i>101</i>
<i>Tabela 4.7 – Cenários lote id2677</i>	<i>102</i>
<i>Tabela 4.8 – Análise de sensibilidade custo de agência (gestão administrativa) e AIET no valor unitário da AIE</i>	<i>104</i>
<i>Tabela 4.9 – Análise de sensibilidade custo de manutenção e operação e AIET no valor unitário da AIE.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabela 4.10 – Análise de sensibilidade custo planejamento e AIET no valor unitário da AIE</i>	<i>105</i>
<i>Tabela 4.11 – Análise de sensibilidade do valor unitário da AIE e da AIET no valor arrecadado</i>	<i>106</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AH – *Hydrologycal Alternative*

AIE – Área Impermeável Equivalente

AIET – Área Impermeável Equivalente Total

BPM – *Best Management Practices*

CTM – Cadastro territorial multifinalitário

CTN – Código Tributário Nacional

DI – *Development Intensity*

DMAPU – Drenagem e Manejo das Águas Pluviais

ERU – *Equivalent Residential Unit*

IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

LID – *Low Impact Development*

PDDU – Plano Diretor de Drenagem Urbana

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

REF – *Residential Equivalent Factor*

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre saneamento

SQL – *Structured Query Language*

URE – Unidade Residencial Equivalente

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
1.3	HIPÓTESE	15
1.4	METODOLOGIA	15
1.5	COMPOSIÇÃO DA DISSERTAÇÃO	15
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	DRENAGEM URBANA	17
2.1.1	Contexto Nacional da Drenagem Urbana	17
2.1.2	Legislação aplicada à drenagem urbana	20
2.2	REMUNERAÇÃO PELOS SERVIÇOS PRESTADOS	22
2.2.1	Remuneração no contexto nacional	22
2.2.2	Modelos de cobrança	28
2.3	NOVOS CONCEITOS NA DRENAGEM URBANA	34
2.3.1	A gestão das águas urbanas na escala individual do lote à escala regional	34
2.3.2	O impacto das técnicas compensatórias	46
2.4	INCENTIVOS ÀS PRÁTICAS COMPENSATÓRIAS	51
2.4.1	Incentivos às práticas compensatórias no mundo	51
2.4.2	Incentivos às práticas compensatórias no Brasil	59
3.	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	66
3.1	DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE COBRANÇA.....	68
3.1.1	Definição dos custos anuais para prestação do serviço	70
3.1.2	Definição da unidade de cobrança.....	71
3.1.3	Definição das tipologias de superfícies vinculadas às técnicas LID a serem utilizadas no modelo	72
3.1.4	Definição dos fatores de contabilização das superfícies no cálculo da AIE.....	73
3.1.5	Levantamento das superfícies dos lotes.....	77
3.1.6	Cálculo da AIET de cada lote, AIE total municipal e valor médio por unidade de cobrança	78
3.1.7	Cálculo dos preços finais por lote	79
3.1.8	Preparação do modelo para inserção de mudanças nos dados dos lotes conforme solicitação dos proprietários e análise do prestador do serviço.....	79
3.1.9	Proposta de requerimento para alteração de dados de superfície do lote.....	83
3.1.10	Área de Estudo	85
4.	RESULTADOS	88
4.1	LEVANTAMENTO DOS CUSTOS ANUAIS PARA A PRESTAÇÃO DO SERVIÇO	88
4.2	LEVANTAMENTO DAS SUPERFÍCIES DOS LOTES	89
4.3	CÁLCULO DA AIET DE CADA LOTE, DA AIE TOTAL MUNICIPAL, DO VALOR MÉDIO POR M² AIE	95
4.4	SIMULAÇÃO DE ALTERAÇÃO DE DADOS DE LOTES.....	98
4.5	CURVA DE INCIDÊNCIA	102
4.6	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	103

5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	108
6.	CONCLUSÕES.....	112

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano acelerado a partir dos anos 1960 causou uma mudança constante no uso e ocupação do solo das cidades. A impermeabilização do solo e a supressão da vegetação nos centros urbanos ocasionam cada vez mais eventos de chuva com prejuízos financeiros e sociais, uma vez que resultam em um aumento significativo do escoamento superficial gerado nestas áreas.

Os primeiros sistemas de drenagem urbana foram pensados e projetados a partir da necessidade de se retirar o esgoto e as águas pluviais das áreas urbanas da maneira mais rápida possível, visto que os mesmos eram considerados veículos de transmissão de doenças. A maneira mais eficaz de se fazer isto era através da canalização, por meio dos denominados sistemas unitários. Esta abordagem para a drenagem urbana ficou conhecida como modelo higienista (MIGUEZ, VÉROL E REZENDE, 2016; CANHOLI, 2014).

Os sistemas de drenagem são de fato imprescindíveis para a adequada saúde pública das cidades. Podem ser, no entanto, extremamente custosos aos seus gestores, necessitando de renovações, manutenções e planejamento, além de pessoal capacitado para lidar com as questões relacionadas à gestão e prestação do serviço.

A maior parte dos municípios brasileiros não tem arrecadação vinculada aos sistemas de drenagem urbana, e quando a tem, é feita, em sua maioria, por meio da arrecadação do Imposto Predial Territorial Urbano - IPTU (BRASIL, 2018). Assim, sendo o IPTU um imposto, sua arrecadação é direcionada ao tesouro municipal e acaba destinada a outras prioridades dos gestores municipais. A drenagem urbana não é considerada prioridade política e, conforme Tasca, Assunção e Finotti (2017), só tem sua devida importância caso o município tenha passado recentemente por evento de grande intensidade de chuva com inundações. Na maioria das vezes, passada a comoção, faz-se a limpeza urbana e a drenagem volta a ser ignorada.

A sustentabilidade financeira dos sistemas de drenagem vem sendo discutida por autores como Zhao, Fonseca e Zeerak (2020), Lengler e Mendes (2013), Tasca, Assunção e Finotti (2017), Gomes, Nascimento e Baptista (2008), Tucci (2007), que defendem a implantação da taxa de drenagem como forma de financiar o sistema.

De acordo com a Política Federal de Saneamento Básico, instituída pela Lei Federal nº 11.445/07 (BRASIL, 2007) e recentemente alterada pela redação da Lei nº 14.026/20 (BRASIL, 2020a), a arrecadação referente ao serviço de drenagem deve ser feita em função da área impermeável de um lote, conforme Art. 36 da lei nº 14.026/20. Isto porque a sobrecarga de um sistema de drenagem é dada pela impermeabilização do solo urbano, que gera mais escoamento quanto maior sua área impermeável.

O financiamento do sistema de drenagem através de taxas, além de possibilitar o financiamento do sistema, propicia o incentivo para que as propriedades públicas e privadas limitem o escoamento superficial e poluição gerados, protegendo áreas naturais e instalando dispositivos de drenagem urbana sustentável que absorvam o escoamento gerado (ONTARIO, 2016).

O conceito da drenagem urbana sustentável, embora seja convergente nos seus ideais, apresenta as mais diversas nomenclaturas ao redor do mundo. Nos Estados Unidos, começou a difundir-se nos anos 80 com a denominação LID – *Low Impact Development*, ou Desenvolvimento de Baixo Impacto (Ashley *et al.*, 2013), e é o termo utilizado neste trabalho para se referir aos dispositivos de drenagem urbana sustentável.

Atualmente, as técnicas LID são aplicadas em muitas comunidades, mas ainda precisam ser difundidas mundo afora. No Brasil, os incentivos para utilização de técnicas LID são quase inexistentes. De maneira lenta, vem surgindo alguma normatização para o tema, o que se observa pelas leis existentes em cidades de maior porte como Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba, que tratam da utilização no lote de alguns dispositivos como os reservatórios de lote e os telhados verdes. No entanto, percebe-se que os projetos de lei aqui desenvolvidos não entram no tocante à fiscalização, tornando a adesão, mesmo para grandes áreas impermeabilizadas, quase que voluntária, dado que não há punição pela não instalação e não utilização dos dispositivos. O que se vislumbra é a utilização dos incentivos ligados a outros instrumentos da política urbana, como é o caso observado na Quota ambiental em São Paulo, utilizada como instrumento de ordenamento territorial, conforme Decreto nº 57.565, de 27 de dezembro de 2016 (SÃO PAULO, 2016b).

Nos Estados Unidos e Canadá, onde parte considerável dos municípios conta com um utilitário, departamento, autarquia ou concessionária responsável pela drenagem urbana municipal, taxas de remuneração pelo serviço são utilizadas (CAMPBELL, 2019).

Atreladas a elas, estão os incentivos pela utilização das técnicas LID ou financiamento para a instalação das mesmas. De maneira geral, os incentivos são dados em função do volume armazenado pelo dispositivo, que evita que o mesmo atinja a rede geral de drenagem urbana municipal. Na Alemanha, é comum observar um cálculo para as denominadas “áreas relevantes para a taxa”, que são as áreas sobre as quais se considera que há escoamento gerado. A partir delas é que a cobrança é realizada.

Assim, a criação de um mecanismo de financiamento dos sistemas de drenagem que se baseie em uma política de incentivos focada na mudança de comportamento da população usuária do sistema, a partir da permeabilização do solo e instalação e utilização de técnicas LID pode ser a solução mais adequada para a atual insustentabilidade financeira e ambiental dos sistemas de drenagem nos municípios brasileiros.

A partir desta proposta de estudo das maneiras de financiar os sistemas municipais de drenagem urbana, um modelo de cobrança é desenvolvido, sendo definidos os parâmetros de entrada e o que se pretende obter como saída ou resultado. Ademais, consideram-se as maneiras de sensibilizar e induzir a população a utilizar medidas que reduzam a pressão sobre estes sistemas, tornando-os também ambientalmente sustentáveis.

O modelo deve ter potencial de tornar-se um instrumento com capacidade de auxiliar os gestores municipais na tomada de decisão, possibilitando a simulação e estudo de cenários.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma metodologia de financiamento do serviço de drenagem urbana para municípios brasileiros, por meio de uma arrecadação coerente com os custos decorrentes da oferta do serviço.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para que se alcance o Objetivo Geral é necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as metodologias de financiamento dos sistemas de drenagem já existentes, nos âmbitos nacional e internacional;

- Estudar a eficiência das medidas compensatórias LIDs e propor, na metodologia, possibilidades de incentivo aos seus usos;
- Refinar a metodologia através da realização do Estudo de Caso em Itamonte – MG.

1.3 HIPÓTESE

Que a utilização da drenagem sustentável, associada a taxas ou tarifas de cobrança pelo serviço atenuariam o pico das cheias, reduzindo as inundações, proporcionariam redução nos custos de tratamento de água para usos nobres e melhorariam a qualidade da água nos cursos hídricos.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa, definida como pesquisa exploratória, se deu pela pesquisa bibliográfica e pesquisa documental, que resultaram na elaboração e delineamento do estudo de caso para o município de Itamonte – MG. O propósito do estudo de caso, conforme descrito por Gil (2002), é de proporcionar uma visão global do problema ou identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados, propósito este alinhado com o do presente trabalho. O estudo de caso foi realizado a partir do modelo e ferramenta propostos, que permitem análise e simulação de cenários de cobrança e proporcionam melhor compreensão da realidade financeira do sistema municipal de drenagem.

Como referencial teórico, foram pesquisadas publicações de autores brasileiros como Lengler e Mendes (2013), Tasca, Assunção e Finotti (2017), Gomes, Nascimento e Baptista (2008), Tucci (2007) e internacionais como Zhao, Fonseca e Zeerak (2020), Campbell (2019), Woods-Ballard *et. al* (2007), e como pesquisa documental foram visitadas e estudadas páginas dos prestadores de serviço de drenagem urbana nos países da Alemanha, Estados Unidos e Canadá.

1.5 COMPOSIÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta por sete capítulos, a saber: uma Introdução, quatro capítulos referentes ao desenvolvimento do trabalho e Conclusões. Ainda são apresentadas as Referências Bibliográficas.

A etapa de desenvolvimento é constituída por um capítulo onde se apresentam os objetivos do trabalho, seguido pelo capítulo que aborda a fundamentação teórica e o capítulo sobre a metodologia da pesquisa. Logo, tem-se um capítulo sobre os resultados obtidos no trabalho e finalmente, o capítulo onde se discute os resultados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DRENAGEM URBANA

2.1.1 Contexto Nacional da Drenagem Urbana

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS é o banco de dados mais robusto do País, no que tange as informações de saneamento básico, embora tenha sua confiabilidade questionada por profissionais da área, em função da sua característica auto declaratória. A coleta de dados referentes ao módulo Água e Esgoto é feita desde 1995 e ao módulo de Resíduos Sólidos Urbanos desde 2002. No entanto, somente no ano de referência de 2015 foi realizada a primeira coleta de dados relacionada à drenagem e manejo de águas pluviais. De acordo com o documento, a implantação de um sistema de informações de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas tem como objetivo subsidiar a formação de agendas públicas, a formulação de projetos e programas e a tomada de decisão sobre investimentos federais, que formam até hoje uma lacuna no campo de políticas públicas, no nível federal (BRASIL, 2018).

Segundo o documento “Diagnóstico do Manejo das Águas Pluviais Urbanas” referente ao ano de 2017, os municípios brasileiros apresentam deficiências de gestão da infraestrutura de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais - DMAPU, que geralmente são consideradas atividades secundárias, subordinadas a outros componentes da infraestrutura urbana, como por exemplo, o sistema viário. Ademais, a capacitação técnica dos agentes municipais é muitas vezes insuficiente. Com relação à delegação da prestação dos serviços, a maior parte dos municípios tem o serviço de drenagem e manejo de águas pluviais prestados pelas próprias prefeituras e os casos de regulação são extremamente raros (BRASIL, 2019a).

Na última coleta de dados, realizada em 2018, com ano de referência 2017, participaram 3.722 dos 5.570 municípios brasileiros, correspondendo a 67% dos municípios e 83,8% da população urbana (BRASIL, 2019a). Ao se realizar uma avaliação global dos sistemas de DMAPU, algumas informações e indicadores podem ser destacados, como os apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Informações e Indicadores do SNIS-AP 2017

Informação	Total
Percentual de municípios com sistema de águas pluviais exclusivos para drenagem	51,8%
Percentual de municípios com sistemas de águas pluviais unitários	23,9%
Percentual de municípios com vias públicas urbanas com canais artificiais abertos	17,2%
Percentual de municípios que possuem algum tipo de tratamento de águas pluviais	4,5%
Quantidade total de reservatórios de DMAPU	473
Quantidade de parques lineares	259
Percentual de municípios que não realizaram intervenção ou manutenção no sistema de drenagem	26,5%

Fonte: Adaptado de BRASIL (2019a)

No contexto deste trabalho, algumas destas informações são de grande relevância. O fato de existirem somente 473 reservatórios e 259 parques lineares, que são soluções de drenagem que permitem a infiltração e armazenamento temporário, em um universo de 3.722 municípios, demonstra que a drenagem cinza ainda se sobressai muito em relação à drenagem verde ou sustentável. Outro dado importante é o que se refere ao percentual de municípios que não realizaram intervenção ou manutenção no sistema de drenagem, sendo este valor de 26,5%. A vida útil de um sistema sem manutenção é fortemente reduzida, o que implica diretamente nos custos do mesmo, que deverá ser substituído em intervalos de tempo menores. Com relação aos tipos de sistema de drenagem, a Figura 2.1 apresenta os resultados obtidos na pesquisa.

Conforme Brasil (2019a), os sistemas unitários prevalecem nas regiões sul e nordeste, com respectivamente 29,4% e 32,7% do total da região. Nas regiões sudeste, centro-oeste e sul prevalecem os sistemas exclusivos de drenagem urbana, com porcentagens de 65%, 61,2% e 60,8%, respectivamente.

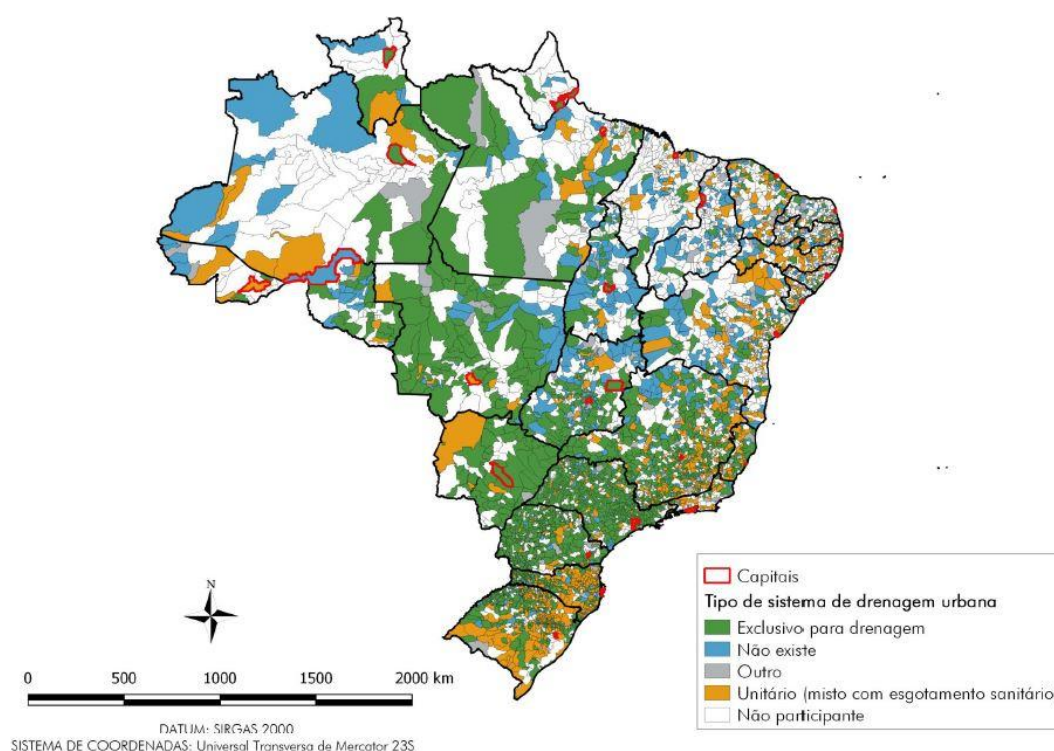


Figura 2.1 – Tipo de sistema de drenagem urbana dos municípios Brasileiros
Fonte: BRASIL (2019a)

No Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (BRASIL, 2013), são abordadas as principais macrodiretrizes e propostas visando atingir as metas e objetivos estabelecidos no documento. Dentre as diretrizes do plano, estão aquelas relativas ao investimento público e cobrança dos serviços de saneamento básico, que são vistas como fundamentais, uma vez que asseguram o fluxo estável de recursos para o setor e os mecanismos para utilização e fiscalização de modo eficiente. Dentro da diretriz de cobrança dos serviços de saneamento colocadas pelo PLANSAB (BRASIL, 2013) destacam-se as seguintes atividades:

- “- Ampliar os investimentos federais em medidas estruturantes com vistas a que estados e municípios tenham condições, dentre outros, de acessar recursos onerosos, conforme disponibilidade orçamentária;
- Avaliar e assegurar transparência aos subsídios, aos modelos tarifários praticados e à arrecadação dos prestadores de serviços.
- Conceber modelos de cobrança e incentivos para os serviços de resíduos sólidos e de drenagem urbana, à luz da legislação.”

Com relação à gestão dos sistemas de drenagem urbana, a Política Nacional de Saneamento Básico, em seu Art. 8º estabelece que os municípios sejam os titulares dos

serviços de saneamento básico. As atividades atribuídas em lei são o planejamento, a prestação, a regulação, a fiscalização e o controle social. Destes, alguns podem ser delegados, como é o caso da prestação, da regulação e da fiscalização. O planejamento deve ser realizado pelo poder municipal e conta com o desenvolvimento de um Plano Municipal de Saneamento Básico e a instituição da Política Municipal de Saneamento Básico (BRASIL, 2020a).

O Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB é um instrumento de planejamento que auxilia os municípios a identificar os problemas do setor, assim como diagnosticar demandas de expansão e melhoria dos serviços. Além disso, são estudadas as alternativas de solução, bem como estabelecidos e equacionados objetivos, metas e investimentos necessários, objetivando a universalização do acesso da população aos serviços de saneamento (SÃO PAULO, 2009). Alguns municípios apresentam também um Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU, que trata somente deste serviço.

2.1.2 Legislação aplicada à drenagem urbana

A Constituição Federal estabelece que a titularidade dos serviços de interesse local é do município (BRASIL, 1988). Entende-se que o serviço do saneamento básico é de interesse local e, portanto, de competência municipal. A Política Nacional do Saneamento Básico, em seu capítulo II, determina em seu artigo 8º que titulares dos serviços públicos de saneamento básico podem, no entanto, delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços, nos termos do art. 241 da Constituição Federal e da Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005 (BRASIL, 2007).

A Lei Federal nº 14.026/20 estabelece em seu Art. 3º as diretrizes para o saneamento básico e o define como o “conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos”. Os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais são entendidos como a limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas, instalações operacionais de estruturas de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias e serviço de tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2020a).

A Lei Federal nº 14.026/20, em seu Art. 11, define ainda que para validação dos contratos de prestação de serviços de saneamento e acesso a financiamento federal neste

setor, são exigidas a aprovação do plano municipal de saneamento básico, a existência de estudo comprovando a viabilidade técnica e econômico-financeira da prestação dos serviços, a existência de normas de regulação, incluindo a designação da entidade de regulação e de fiscalização e a realização prévia de audiência e de consulta públicas sobre o edital de licitação, no caso de concessão, e sobre a minuta do contrato (BRASIL, 2020a).

A publicação da Lei nº 14.046/20, nomeada como novo marco regulatório do saneamento básico foi realizada no dia 16 de julho de 2020. Esta lei traz algumas modificações significativas para o setor entre elas:

- uma nova atribuição regulatória para a Agência Nacional de Águas – ANA, agora denominada Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, que passará a editar normas de referência e trazer diretrizes para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2020a);
- as metas para universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, que serão de 99% e 90%, respectivamente, até 2033 (BRASIL, 2020a);
- impossibilidade da realização de novos contratos de programa, sendo necessário que sejam realizadas licitações, com a participação de empresas públicas e privadas (BRASIL, 2020a).

Ainda em relação a Lei nº 14.046/20, um ponto que deve ser aqui citado diz respeito a não exigência em lei de que o serviço de drenagem seja realizado pelo mesmo prestador do serviço de coleta e o tratamento de esgoto sanitário, embora parcela significativa dos municípios brasileiros ainda detenha sistemas unitários para a gestão das águas residuárias urbanas, o que causa confusão nas responsabilidades de manutenção destes sistemas.

Ressalta-se que, ao contrário do que ocorre na maior parte das áreas da engenharia, não há regras da ABNT para a drenagem urbana. Assim, profissionais da área não contam com normas definidas para este segmento, trazendo certa dificuldade para a padronização de dimensionamentos e também para os questionamentos dos projetos por outras partes envolvidas.

2.2 REMUNERAÇÃO PELOS SERVIÇOS PRESTADOS

2.2.1 Remuneração no contexto nacional

A Política Federal de Saneamento Básico prevê a remuneração pela cobrança dos serviços de saneamento em seu capítulo VI, referentes aos aspectos econômicos e sociais. A Lei estabelece, no Art. 29, que os serviços públicos de saneamento básico “terão a sustentabilidade econômico financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços” (BRASIL, 2020a).

Para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário a lei sugere a utilização de tarifas e outros preços públicos, podendo ser estabelecidos conjunta ou separadamente entre os dois serviços. Para os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, a lei sugere o uso de taxas ou tarifas e outros preços públicos, conforme o regime de prestação do serviço ou de suas atividades. Para o manejo de águas pluviais urbanas, sugere-se a utilização de tributos, inclusive taxas, também conforme o regime de prestação do serviço (BRASIL, 2020a).

As diretrizes definidas na Lei 14.026/20, Art. 29 § 1º, para a instituição das tarifas, preços públicos e taxas para os serviços de saneamento básico são:

- “I - prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública;
- II - ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços;
- III - geração dos recursos necessários para realização dos investimentos, objetivando o cumprimento das metas e objetivos do serviço;
- IV - inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;
- V - recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;
- VI - remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços;
- VII - estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços;
- VIII - incentivo à eficiência dos prestadores dos serviços” (BRASIL, 2020a)

Para a cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, a Lei instrui em seu Art. 36, que se leve em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva. Além destes aspectos, considera também a análise do nível de renda da população da área atendida e as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas (BRASIL, 2020a).

Como apresentado, o SNIS conta atualmente com a coleta de dados no eixo da drenagem e manejo de águas pluviais. Para o levantamento dos dados, os municípios são convidados a responder um questionário com diversas informações referentes ao sistema. Algumas das informações solicitadas, pertinentes ao tema remuneração pelo serviço, são apresentadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Informações solicitadas aos municípios pelo SNIS referentes ao tema remuneração pelo serviço de drenagem urbana

Código e informação	Explicação dos dados solicitados
CB001 - Existe alguma forma de cobrança ou de ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?	Informar se existe alguma forma de cobrança aos usuários – seja direta, por meio de tarifas ou preços públicos, taxas ou contribuição de melhoria; seja por ônus indireto, como a inclusão no cálculo do IPTU – em razão do uso efetivo ou pela disposição dos serviços (infraestrutura instalada) de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.
CB002 - Qual(is) critério(s) de cobrança ou de ônus indireto é(são) adotado(s)?	Informar qual(is) tipo(s) de cobrança direta (tarifas ou preços públicos, taxas ou contribuição de melhoria) ou de ônus indireto (inclusão no cálculo do IPTU), ou mesmo de outra possível forma de cobrança ou de ônus indireto, é(são) adotado(s) para os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Taxa específica é o valor de referência associado aos custos pelo uso efetivo ou pela disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas.
CB004 - Valor da taxa específica dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas por unidade edificada urbana:	Valor unitário mensal básico ou de referência da taxa pelo uso efetivo ou disposição dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, caso a regulação preveja esta cobrança. Corresponde ao valor básico ou de referência aplicado às unidades edificadas urbanas que estejam situadas em logradouros onde o serviço esteja à disposição. Considera-se serviço à disposição aquele cujas infraestruturas e as atividades operacionais estejam em funcionamento no logradouro onde a unidade edificada está situada. Observa-se que esta taxa pode ser fixada em valor mensal ou anual, conforme estabelecido na legislação tributária municipal, portanto, <u>deve-se considerar o valor médio mensal quando a taxa for anual.</u>
AD001 - Quantidade de pessoal próprio alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:	Quantidade de empregados do órgão municipal ou prestador de serviços, constituídos por funcionários, dirigentes ou outros, alocados para atividades-fim dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas e postos permanentemente - e com ônus - à disposição do órgão municipal ou prestador de serviços. Informar a quantidade de pessoal próprio existente no último dia do ano de referência.
AD002 - Quantidade de pessoal terceirizado alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:	Quantidade de trabalhadores contratados de forma continuada para prestar serviços relativos à Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, para o município ou prestador de serviços, dentro ou fora de suas instalações, exceto quando se tratar de energia elétrica e aluguel de máquinas e equipamentos. Informar a quantidade de pessoal terceirizado existente no último dia do ano de referência.
FN003 - Receita total do município:	Receita orçamentária total realizada pelo município no ano de referência, compreendendo as receitas correntes – aquelas compostas por arrecadação de receitas de tributos, contribuições, aplicações financeiras, receitas de atividades agropecuárias, receitas industriais e de serviços, transferências correntes e outras receitas eventuais, como doações, indenizações etc – e as receitas de capital – compostas por receitas de alienação de bens, operações de crédito, amortização de empréstimos concedidos, transferências de capital e outras eventuais.

Código e informação	Explicação dos dados solicitados
FN004 - Fontes de recursos para custeio dos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas:	Meios econômicos e financeiros que visam à realização e à manutenção dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município, no ano de referência.
FN012 - Despesa total do município:	Despesa orçamentária total realizada pelo município no ano de referência, compreendendo as despesas correntes, também conhecidas por despesas de custeio, ou seja, são as despesas que não contribuem diretamente para a formação ou aquisição de um bem de capital, mas são relativas a pessoal e encargos sociais, juros e encargos da dívida, aquisição de serviços, insumos e materiais de consumo e outras despesas destinadas à manutenção das estruturas e funcionamento das atividades; e as despesas de capital, isto é, as que contribuem diretamente para a formação ou aquisição de um bem de capital, compreendendo, entre outros, os gastos com investimentos, inversões financeiras (títulos e participações) e amortização da dívida. Fonte: Brasil (2019b)

De acordo com o diagnóstico realizado através da análise dos dados do SNIS, dos 3.733 municípios que participaram da coleta de dados em 2017, 223 deles, são equivalentes a 5,97%, e apresentam alguma forma de cobrança ou de ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU, em contraste com os 3.510 (94%) que não o fazem. A Figura 2.2 apresenta os resultados relacionados aos mecanismos de cobrança adotados no país (BRASIL, 2018).

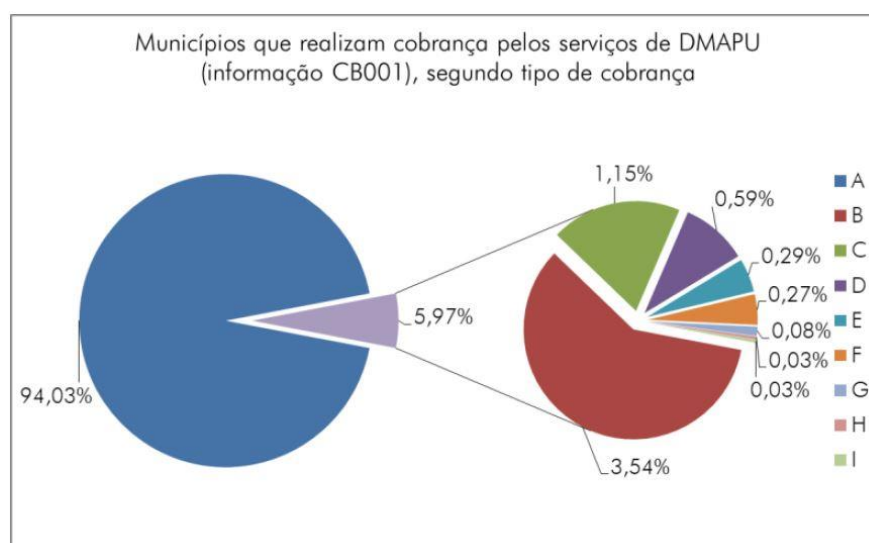


Figura 2.2 - Municípios que realizam cobrança pelos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, segundo tipo de cobrança A – Sem cobrança, B - Inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU, C - Cobrança de contribuição de melhoria, D - Cobrança de taxa específica, E - Inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU e Cobrança de contribuição de melhoria, F – Outro, G - Inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU; Cobrança de taxa específica, H - Cobrança de taxa específica, Cobrança de contribuição de melhoria e Outro, I - Inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU, Cobrança de taxa específica e Outro.

Fonte: Brasil (2018)

Observa-se que 3,54% dos municípios (B) cobram pela oferta do serviço de DMAPU por meio da cobrança do IPTU, que leva em conta o valor venal do imóvel. Outros 1,15% deles (C) cobram através da contribuição de melhoria, 0,59% por cobrança de taxa específica e 0,27% de outra forma. Os demais valores correspondem aos municípios que informaram que realizam a cobrança por meio da combinação de dois ou mais mecanismos.

O que se percebe é que a cobrança pelo serviço de DMAPU ainda é muito tímida no país. De acordo com Brasil (2018), as principais razões para isto são as dificuldades técnico-operacionais e legais para a sua aplicação. Além disso, para realizar-se a cobrança nos moldes instituídos na lei nº11445/07, com a contabilização de área impermeável do lote e levando em conta a existência de dispositivos de amortecimento ou retenção de água, é necessário que o município tenha seu Plano Diretor de Drenagem instituído, assim como, e principalmente, o Cadastro Técnico e Cadastro Territorial recentemente atualizado.

Com relação à instituição da cobrança por meio de uma taxa de drenagem, Tucci (2012) apresenta os passos necessários, sendo eles uma base de dados e série histórica de custos atualizados, um levantamento adequado das variáveis envolvidas que servirá de base para a taxa (como área impermeável, área construída ou outros), mecanismo de cobrança e a base de dados dos contribuintes.

Com relação à base de dados de custos, estes dados são, de início, muito limitados, pois as instituições não têm informações sistemáticas sobre os custos da Administração Pública e mesmo quando as tem, não são reais, pois os serviços são inadequados (TUCCI, 2012). Outro ponto importante colocado pelo autor, é que o ideal é cobrar pela drenagem urbana dentro de outra conta existente, reduzindo o custo de agência.

Uma discussão também presente entre os autores brasileiros diz respeito aos custos que devem ser cobertos no processo de implementação de uma cobrança. Enquanto alguns autores consideram que todos os custos associados à prestação do serviço devem ser contemplados no cálculo, ou seja, tanto os custos de capital como os custos de operação e manutenção do sistema, outros alegam que os custos de capital devem ser supridos de outras formas, que não a cobrança por meio de uma taxa. Lengler e Mendes (2013), Gomes, Nascimento e Baptista (2008) defendem a não inclusão dos valores de

investimentos no cálculo, enquanto Cançado, Nascimento e Cabral (2006) e Tucci (2002) têm opiniões divergentes, considerando estes custos nos cálculos.

Algumas definições tornam-se importantes para o entendimento das diferentes maneiras de se realizar uma cobrança de um serviço público. A definição de serviço público de Cretella Junior (2012) *apud* Alves (2014), é “toda atividade que o Estado exerce, direta ou indiretamente, para a satisfação do interesse público, mediante procedimento de direito público”. Meirelles (2013) *apud* Alves (2014), traz a seguinte definição: “Aquele prestado pela administração ou por seus delegados, sob normas e controles estatais, para satisfazer necessidades essenciais ou secundárias da coletividade, ou simples conveniência do Estado”.

Segundo o Código Tributário Nacional (BRASIL, 1966), um tributo é “toda prestação pecuniária compulsória, em moeda ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada”. No Artigo 5º deste código, os tributos são divididos em impostos, taxas e contribuições de melhoria.

O imposto, de acordo com o Art. 16º do Código Tributário Nacional, é o “tributo cuja obrigação tem por fato gerador uma situação independente de qualquer atividade estatal específica, relativa ao contribuinte”. Desta maneira, este tipo de tributo visa custear os variados gastos de interesse coletivo e não está diretamente ligado a prestação de um serviço, como é o caso do IPTU (BRASIL, 1966).

As taxas são pagas à contraprestação de um serviço, sendo elas, portanto, tributos vinculados. De acordo com o Art. 77 do Código Tributário Nacional, “as taxas cobradas pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal ou pelos Municípios, no âmbito de suas respectivas atribuições, têm como fato gerador o exercício regular do poder de polícia, ou a utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, prestado ao contribuinte ou posto à sua disposição”. Ainda do Código Tributário Nacional, tem-se:

“Art. 79. Os serviços públicos a que se refere o artigo 77 consideram-se:

I – utilizados pelo contribuinte:

- a) efetivamente, quando por ele usufruídos a qualquer título;
- b) potencialmente, quando, sendo de utilização compulsória, sejam postos à sua disposição mediante atividade administrativa em efetivo funcionamento;

II – específicos, quando possam ser destacados em unidades autônomas de intervenção, de unidade, ou de necessidades públicas;

III – divisíveis, quando suscetíveis de utilização, separadamente, por parte de cada um dos seus usuários.” (BRASIL, 1966)

Duarte e Bachega (2019) defendem que a instituição da taxa está sempre ligada a uma prestação estatal dirigida ao contribuinte sendo, portanto, regida pelo princípio da retributividade. Ainda segundo estes autores, a taxa é classificada em tributo de serviço (prestação de um serviço público específico e divisível) ou tributo de polícia (limitação de direitos e liberdades subjetivas do indivíduo).

Cabe também ressaltar que o cálculo da taxa não deve levar em conta a condição financeira do contribuinte; não deve ter a mesma base de cálculo dos impostos existentes; não deve gerar lucro para os cofres públicos, devendo somente suprir os gastos obtidos na oferta do serviço (DUARTE E BACHEGA, 2019).

A contribuição de melhoria, citada no Título V do Código Tributário Nacional pode ser cobrada pela União, pelo Estado ou Município e de acordo com o CTN é instituída para captação de recursos para obras públicas que resultam na valorização imobiliária, “tendo como limite total a despesa realizada e como limite individual o acréscimo de valor que da obra resultar para cada imóvel beneficiado” (BRASIL, 1966).

No contexto da contribuição de melhoria, para que haja cobrança, segundo EBRADI (2017), deve ser calculado o custo total da obra (portanto a obra já deve estar finalizada) e o pagamento deve ser realizado em uma parcela única. O recurso arrecadado é direcionado à obra em questão.

De acordo com Campos (2014), a tarifa não é classificada como um tributo, mas uma prestação pecuniária facultativa. Sua cobrança é proporcional ao uso do serviço. Oliveira e Studart (2019) colocam que a tarifa tem origem em uma relação contratual de direito privado, que se estabelece entre o poder público e empresas privadas ou públicas.

Duarte e Bachega (2019) defendem que a tarifa está relacionada a uma atividade pública, podendo ser serviço público ou obra pública, onde o Estado não é o prestador direto desta atividade, delegando-a a um terceiro. Neste caso, o lucro pode ser previsto, não sendo possível a utilização do termo “taxa”. Os autores definem a tarifa como o preço cobrado por pessoa qualquer que explore, mediante delegação, a coisa pública, e que, por isso, tem o valor controlado pela Administração, permitindo a obtenção de lucro por parte da pessoa.

2.2.2. Modelos de cobrança

• Estados Unidos

Para tornar possível a arrecadação necessária para o gerenciamento das águas urbanas, diversos municípios e comunidades americanas vêm criando as denominadas *utilities*. No contexto norte americano, um utilitário facilita o mecanismo de remuneração pelo serviço uma vez que a cobrança começa a ser feita em formato de taxas e não mais de impostos (EPA, 2014). Assim como no Brasil, a cobrança realizada por meio de impostos não tem destinação específica e, também de acordo com EPA (2014), é direcionada para o tesouro municipal e de lá segue para os setores com maior demanda, como o setor de saúde, segurança pública e educação.

De acordo com EPA (2014) a criação de uma *utility* deve levar em conta diversos aspectos como o tamanho da população, taxa de pobreza, renda média mensal da população, e características da localização do município. Além disso, um programa de créditos da *utility* é altamente defendido. Conforme Figura 2.3, em EPA (2009), as etapas na criação de uma *utility* são:

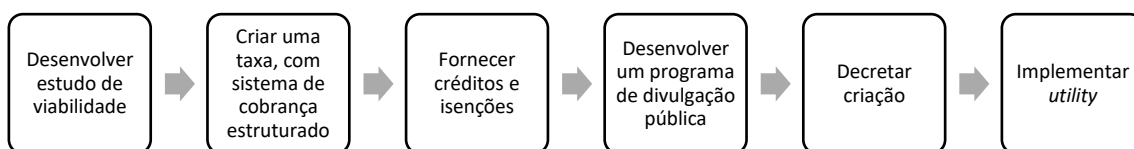


Figura 2.3 - Etapas na criação de um utilitário
Fonte: Adaptado de EPA (2009)

Idealmente, a criação de uma *utility* ocorre após a definição de um modelo de cobrança, conforme Figura 2.3. São inúmeros os modelos de cobrança utilizados por estas empresas, desde os mais simples até os mais complexos. De maneira geral, a complexidade de uma cobrança é diretamente proporcional ao seu nível de coerência e justiça com relação ao uso do serviço. Assim, modelos como o *flat fee* (taxa fixa) são mais simples, no entanto, pouco justas, uma vez que usuários com diferentes características de lotes pagam de maneira igual. Do mesmo modo, modelos como Área Hidráulica Equivalente e Alternativa Hidrológica são mais completos, mas demandam maior organização do utilitário e qualidade de dados sobre lotes. No Quadro 2.2 são apresentados os modelos implementados, adaptado de Tasca, Assunção e Finotti (2017).

Quadro 2.2 - Modelos de arrecadação

Método	Definição	Vantagens e Desvantagens
<i>Residential equivalent factor</i> (REF)	Considera o escoamento superficial gerado por diferentes tipos de usos e ocupação do solo. Uma unidade representa a quantidade de escoamento de uma única propriedade unifamiliar para uma tempestade designada.	Vantagem - Considera os processos hidrológicos, como armazenamento de interceptação e escoamento de áreas permeáveis.
		Desvantagem - A quantidade de chuva escolhida para o cálculo é arbitrária.
<i>Development Intensity</i> (DI)	A taxa se baseia no percentual de área impermeável em relação ao tamanho do lote. Se assemelha ao sistema REF. Todas as parcelas/categorias são cobradas em função da sua intensidade de desenvolvimento (vago, pouco, moderado, alto ou muito alto desenvolvimento) da área que ocupam.	Vantagem - considera o escoamento gerado na área permeável, sendo assim equitativo. Por não haver alteração do ID do lote, os registros podem ser mantidos por mais tempo, sem necessidade de constantes atualizações, mesmo com mudanças pequenas nas áreas impermeáveis.
		Desvantagem - Lotes são agrupados em amplas categorias de ID e não são faturados em proporção direta ao escoamento gerado. Pode ser um método difícil de ser implementado porque as parcelas permeáveis e impermeáveis precisam ser revistas. É complexo de ser explicado aos usuários.
<i>Equivalent hydraulic area</i> (EHA)	O valor cobrado é baseado no impacto combinado entre o escoamento gerado pelas áreas impermeáveis e permeáveis do lote. A área impermeável é cobrada em uma taxa muito maior que a área permeável.	Vantagem - Método equitativo, uma vez que considera as parcelas impermeáveis e permeáveis, inclusive lotes vagos.
		Desvantagem - Exige tempo para determinar número total de unidade de faturação. É complexo de ser explicado aos usuários.
<i>Hydrological Alternative</i> (AH)	Baseia-se nas características locais de cada lote como tipo de solo, topografia, área impermeável, uso da propriedade e existência de árvores.	Vantagem - Considerada uma taxa justa
		Desvantagem - Abordagem muito detalhada e complexa.
Incentivos/Sistemas de desconto	Visa incentivar usuários a realizarem a gestão local do escoamento gerado, fornecendo descontos na fatura de pagamento àqueles que reduzirem o escoamento pluvial para a rede geral.	Vantagem - Incentiva comportamentos mais sustentáveis e torna a cobrança mais justa. Contribui na redução da poluição da água pluvial direcionada à rede pública.
		Desvantagem - A análise da redução do escoamento para cada técnica é trabalhosa.
<i>Equivalent Residential Unit</i> (ERU)/ Unidade Residencial Equivalente (URE)/ Unidade de Águas Pluviais Equivalente (ESU)	Normalmente é a média da área impermeável dos lotes residenciais unifamiliares (ou média de todos os lotes residenciais)	Vantagem - A relação entre área impermeável e o impacto do escoamento gerado é fácil de ser explicado aos usuários (você paga o que você pavimenta). O número de unidades faturáveis pode ser determinado somente pelas áreas impermeáveis, o que reduz o tempo de trabalho. Considerado um método justo.
		Desvantagem - O impacto potencial do escoamento de águas pluviais a partir de áreas permeáveis não é analisado. Por isso, as despesas do sistema são recuperadas a partir de uma base de menor área (total de área impermeável). Necessidade de atualização com a construção de novas áreas.

Método	Definição	Vantagens e Desvantagens
		Neste modelo, a definição do valor de ERU é de extrema importância, uma vez que um valor incorreto ocasiona pagamentos desproporcionais de alguns lotes, podendo trazer questionamentos legais. (CAMPBELL, 2010)
Área Bruta do Imóvel	Considera a área bruta total do terreno	Vantagem - facilidade de cálculo
		Desvantagem - Pouco justa. Sem refinamento.
Flat Fee	Todos os usuários/propriedades pagam o mesmo valor. Rateamento.	Vantagem - Cálculo fácil.
		Desvantagem - Não individualiza o impacto de cada propriedade no sistema.
Tier	Divide os usuários em categorias definidas em função de alguma variável e cobra um valor definido para cada categoria.	Vantagem - Um valor para cada categoria. Facilidade na cobrança e cálculo.
		Desvantagem - Para propriedades multi residenciais e não residenciais a área impermeável de cada propriedade deve ser calculada. Pode ser um método trabalhoso.

Fonte: adaptado de TASCA, ASSUNÇÃO e FINOTTI (2017)

Nos Estados Unidos, a universidade *Western Kentucky University - WKU*, organiza anualmente uma pesquisa sobre os utilitários americanos, denominada *Stormwater Utility Survey*, que recolhe dados sobre os métodos de cobrança utilizados por cada utilitário. Na última pesquisa, divulgada em 2019, foram identificados 1.716 *Stormwater Utilities* nos Estados Unidos e 29 no Canadá. De acordo com o autor esse número ainda é muito baixo, considerando que 22.389 comunidades participam do Programa Nacional de Seguro contra inundações (CAMPBELL, 2019).

A distribuição dos utilitários nos Estados Unidos é apresentada na Figura 2.4. De acordo com os autores da pesquisa, o modelo de arrecadação mais utilizado é o *Equivalent Residential Unit (ERU)*(800), que equivale normalmente ao valor médio de área impermeável de um lote residencial de uma única família, enquanto os lotes não residenciais pagam proporcionalmente à razão de sua área impermeável com o valor de um ERU. O segundo modelo mais utilizado nos Estados Unidos é o *tier fee* (245), que é um modelo em camadas, no qual são estabelecidas faixas de acordo com um parâmetro definido e o pagamento é realizado em função destas faixas. Seguindo, o modelo *flat fee* (taxa fixa) é utilizado por 236 utilitários, e o modelo *Residential Equivalent Factor (REF)* por 140. A Figura 2.5 apresenta a distribuição espacial dos utilitários canadenses.

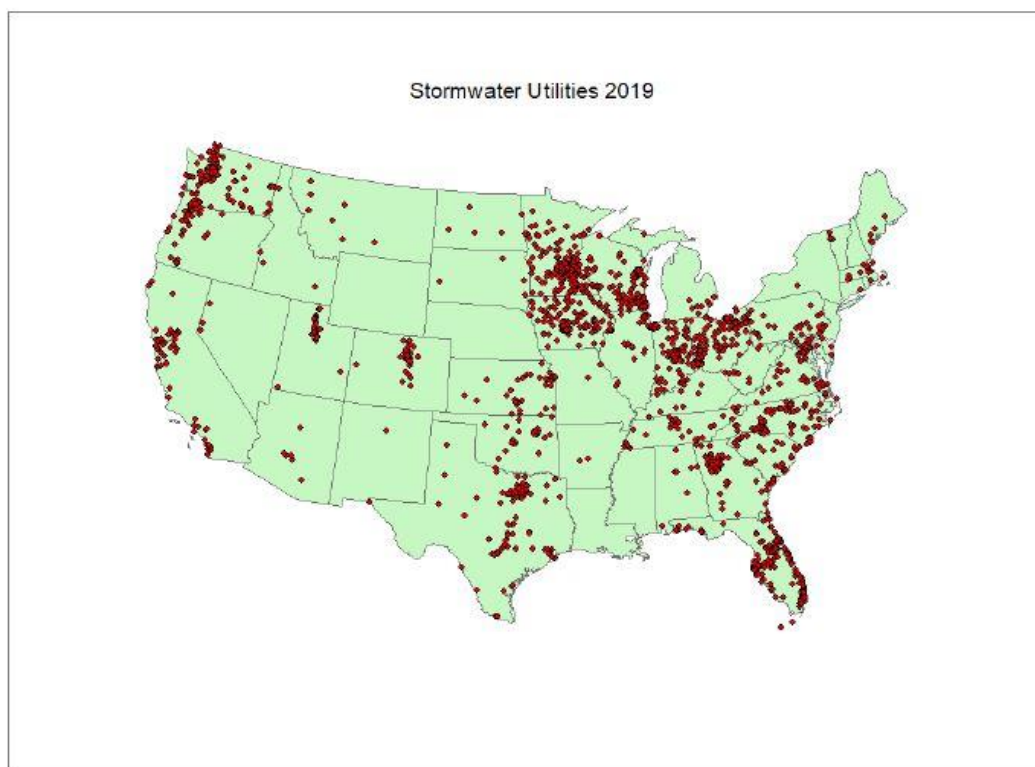


Figura 2.4 - Distribuição espacial dos utilitários americanos
Fonte: Campbell (2019)

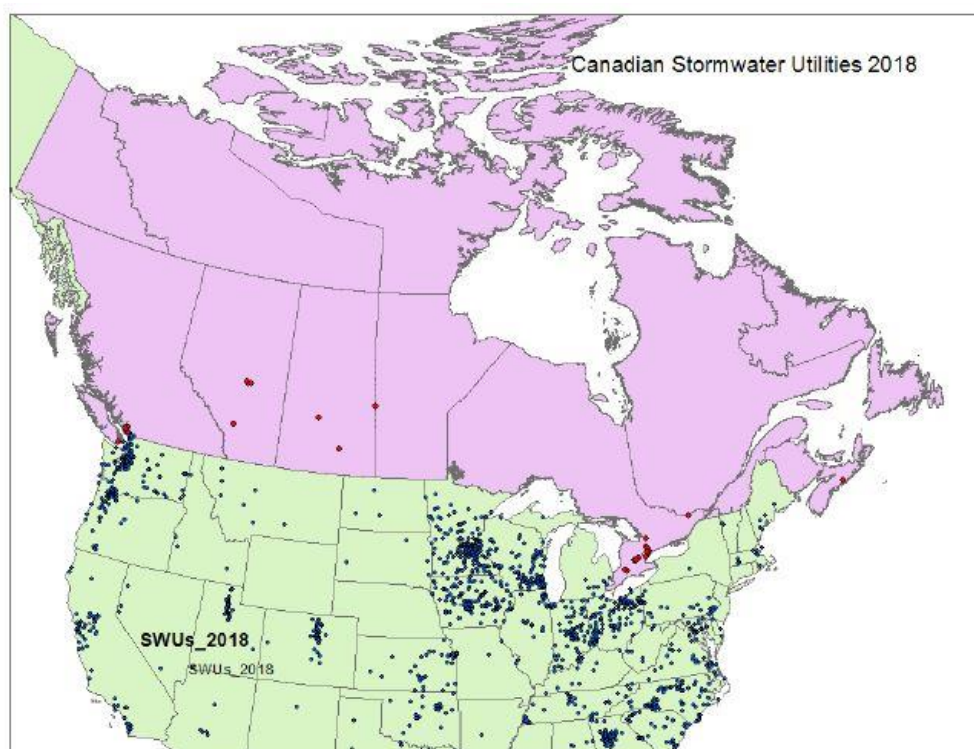


Figura 2.5 - Distribuição espacial dos utilitários canadenses
Fonte: Campbell (2019)

O utilitário do município de Monroe no estado da Carolina do Norte traz um arquivo com exemplo de cálculo, referente à Figura 2.6. Em Monroe a média da área impermeável de uma parcela residencial unifamiliar é de 2.618 pés quadrados, ou 243,22 m². Para propriedades não residenciais o cálculo é demonstrado nas (Equação 2.1)(Equação 2.2, sendo a primeira referente ao cálculo no número de ERUs por propriedade e a segunda ao cálculo da tarifa mensal por propriedade:

$$\text{Total de ERUs na propriedade} = \frac{\text{Área Impermeável}}{243,22 \text{ m}^2} \quad (\text{Equação 2.1})$$

$$\text{Tarifa mensal} = \text{US\$4,00} * \text{total de ERUs na propriedade} \quad (\text{Equação 2.2})$$



Figura 2.6 - Exemplo de cálculo de ERU no valor a ser pago mensalmente à prestadora para terrenos não residenciais

Fonte: MONROE (2019)

Exemplificando num terreno de 7669,14 m² com parcela impermeável definida, o cálculo do número de ERUs para uma propriedade não residencial é feito nas (Equação 2.3 (Equação 2.4)).

$$\text{ERUs} = \frac{7669,14 \text{ m}^2}{243,22 \text{ m}^2} = 31,5 \text{ ERUs} \quad (\text{Equação 2.3})$$

$$\text{Tarifa mensal} = 31,5 \text{ ERUs} * \text{US\$4,00} = \text{US\$126,00} \quad (\text{Equação 2.4})$$

Ainda referente ao município de Monroe, para o caso de unidades residenciais, unifamiliares ou não e condomínios, o valor a ser pago é trazido na Tabela 2.2. Esse valor é definido no sistema Tier, que divide os terrenos em grupos em função de suas áreas impermeáveis (Unifamiliar), ou em função do tipo de residência (caso de residências

multifamiliares), pagando cada grupo um valor percentual de uma ERU (MONROE, 2019).

Tabela 2.2 - Exemplo do valor a ser pago mensalmente no município de Monroe – Carolina do Norte - EUA para terrenos residenciais

Descrição	ERU	Cobrança
Unifamiliar (incluindo mobile homes)		
<i>Tier</i> - Área Impermeável (metros quadrados)		
0 a 187 m ² (0-2010 ft ²)	0,7 ERU	U\$2,80/Mês
188 a 305 m ² (2011 a 3289 ft ²)	1,0ERU	U\$4,00/Mês
mais que 305m ² (3290 ou mais ft ²)	1,4ERU	U\$5,60/Mês
Outras unidades residenciais		
Casas geminadas	0,5ERU	U\$2,00/Mês
Condomínios	0,5ERU	U\$2,00/Mês
Multifamiliares (incluindo apartamentos)	0.6ERU	U\$2,40/Mês
Propriedades não residenciais		
1 ERU por 243m ² (2618 ft ²) de área impermeável	variável	U\$4,00xERU/Mês

Fonte: MONROE (2019)

No método REF, *Residential Equivalent Factor*, fator residencial equivalente, a cobrança é baseada na comparação entre o escoamento superficial gerado por um terreno com aquele gerado por uma propriedade residencial unifamiliar típica. O escoamento é calculado usando os métodos SCS ou racional e utiliza-se normalmente um evento de 24hs com TR de 2 anos. Este método tenta considerar os diferentes tipos de uso do solo, utilizando diferentes valores do Número de Curva (Curve Number do Método do SCS – Soil Conservation Service) (CAMPBELL, 2016).

Campbell (2014) defende que este método pode ser perigoso por permitir manipulação política, dado que o valor de precipitação escolhido pode favorecer ou desfavorecer algum grupo (residencial, comercial, público etc.) e sugere por isso que os municípios utilizem a média de precipitação anual.

Em West Saint Paul, no estado de Minnesota, todos os lotes residenciais contribuem com o valor de 1 REF por trimestre. Lotes comerciais e industriais, que geram maior escoamento, contribuem proporcionalmente ao escoamento gerado (WEST SAINT PAUL, 2005). O número total de REFs no município, baseado no tipo de solo, de acordo com o utilitário é apresentado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - REFs em West Saint Paul no estado de Minnesota, EUA

Uso do Solo	REFs
Residencial Unifamiliar	4690
Residencial outro	1550
Área Pública ou Semi-pública	740
Comercial	2000
Industrial	620
Total	9600

Fonte: WEST SAINT PAUL (2005)

O valor de cada REF é dado pela (Equação 2.5).

$$\text{Taxa por REF por ano} = \frac{\text{valor total a ser arrecadado}}{\text{número total de REFs}} \quad (\text{Equação 2.5})$$

Campbell (2016) defende que a maneira correta de cálculo, independentemente do método utilizado, deve cobrir os gastos, que é o contrário do que acontece muitas vezes nos Estados Unidos. Isto, além de gerar resistência da população, não gera o montante necessário para cobrir a prestação do serviço.

2.3 NOVOS CONCEITOS NA DRENAGEM URBANA

2.3.1 A gestão das águas urbanas na escala individual do lote à escala regional

O conceito tradicional de drenagem, de acordo com Miguez, Vérol e Rezende (2016), focava em conduzir o escoamento o mais rápido possível para fora da bacia, portanto, em um modelo “higienista”. De acordo com os autores, essa prática gera uma vazão excessiva nas calhas e condutos principais e transfere problemas de alagamentos para jusante, não resolvendo o problema em questão.

Walesh (1989) faz a classificação das diretrizes gerais de projetos de drenagem urbana em “conceito de canalização” e em “conceito de reservação”. Canholi (2014) explica que a canalização, por Walesh classificada, se refere à implantação de galerias e canais de concreto, tamponamento de córregos, retificação de traçados, aumento da declividade de fundo e outras intervenções com o objetivo de promover o afastamento rápido dos escoamentos e o aproveitamento dos fundos de vale como vias de tráfego. A Figura 2.7 representa estes dois conceitos apresentados pelos autores supracitados.

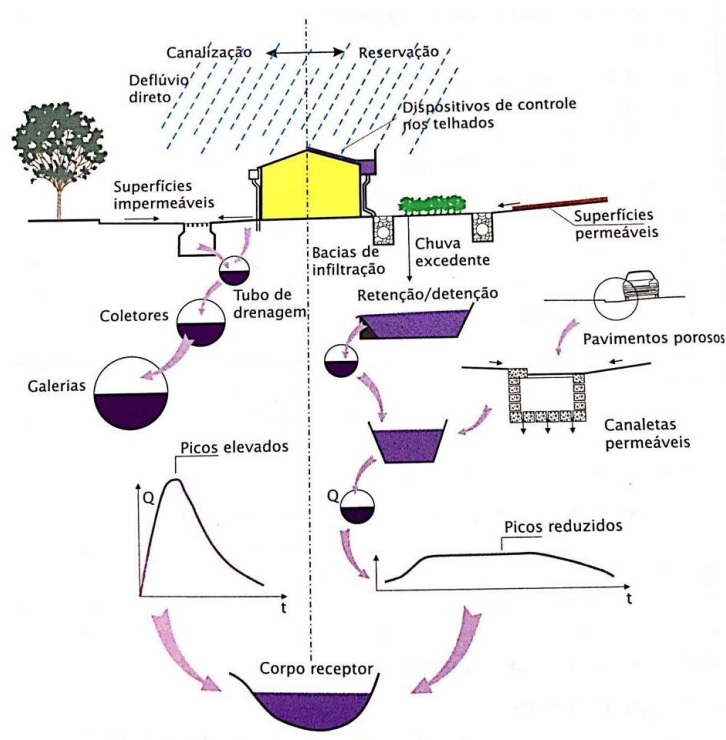


Figura 2.7 - Comparativo do conceito de canalização e o conceito de reservação
Fonte: Canholi (2014)

Canholi (2014) defende que as tecnologias de retenção podem ser aplicadas de diferentes maneiras, podendo ser realizadas no lote, no âmbito das sub-bacias ou a céu aberto. No lote, podem ser utilizados pequenos reservatórios associados a áreas permeáveis, nos pavimentos e pisos; nas sub-bacias podem ser utilizadas bacias de retenção maiores, fechadas; e a céu aberto, soluções que permitam o uso da área como área de lazer em épocas de estiagem.

Canholi (2014) diz que a contenção à jusante é feita com obras para reservação dos deflúvios a jusante, representadas pelos reservatórios destinados a controlar deflúvios provenientes de partes significantes das bacias. Por meio dessas obras, é possível se obter o amortecimento dos picos de enchente.

Assim, nas últimas décadas, novas técnicas vêm sendo trazidas para discussão e, em alguns países, vem sendo utilizadas com frequência. Conforme Baptista, Nascimento e Barraud (2011), o conceito “conservacionista” agrega preocupações de manejo sustentável das águas pluviais urbanas e integra-as com o próprio tratamento do espaço urbano, conceito esse divergente do tradicional “higienista”.

Arnold e Gibbons (1996), autores americanos, também defenderam em seu estudo que as políticas de gestão de águas urbanas têm ênfase na retirada do escoamento das comunidades para a proteção da saúde humana e das propriedades, mas não colocam prioridade na questão ambiental e de preservação do ecossistema. De acordo com estes autores, este fator foi importante inspiração para o desenvolvimento de uma nova abordagem para a gestão de águas urbanas, que tenta reduzir as áreas impermeáveis e maximizar a infiltração da chuva.

O reconhecimento da drenagem urbana, que anteriormente era somente vista como problema, agora como solução e oportunidade é apresentado por Ashley *et al.* (2013). Exemplos de oportunidades podem ser observados no suprimento adicional de água, no aumento da biodiversidade e na melhora do microclima. A partir deste reconhecimento, novas terminologias vêm surgindo, com intuito de transmitir os objetivos, abordagens e benefícios destas novas práticas mais integradas dentro da drenagem urbana (HER *et al.*, 2017).

Ashley *et al.* (2013) ainda explicam que o desenvolvimento e uso da terminologia no contexto da drenagem urbana tem um viés local e com perspectivas, entendimentos e contextos regionais, o que resulta em diferentes nomenclaturas para definir conceitos muitas vezes similares, trazendo contradições e confusões. No Quadro 2.3 são apresentados os termos utilizados para soluções de controle de escoamento na fonte.

Quadro 2.3 - Termos utilizados para soluções de controle na fonte

Termo	Uso do termo	Objetivos iniciais
Low Impact Development (LID)	Origem nos Estados Unidos. Também utilizado na Nova Zelândia e Canadá	<i>Design</i> com abordagem de natureza. Atingir a hidrologia natural através do uso do <i>layout</i> do local e controle integrado de medidas. (EPA, 2000). Reduzir o escoamento superficial gerado na fonte, o que consequentemente gera uma redução da sua velocidade, aumenta o tempo de escoamento e reduz o nível de poluição nas áreas à jusante (Her <i>et al.</i> , 2017).
Water Sensitive urban design (WSUD)	Início na Austrália. Atualmente também utilizado na Grã-Bretanha e na Nova Zelândia	Gerir o balanço de água; manter e quando possível aumentar a qualidade da água; encorajar a conservação da água; manter oportunidades ambientais e recreativas relacionadas à água (Whelans <i>et al.</i> , 1994).
Integrated urban water	-	Gerir de maneira integrada as águas urbanas, a saber água de abastecimento, águas subterrâneas, águas de chuva,

Termo	Uso do termo	Objetivos iniciais
management (IUWM)		esgotos. Conceito mais abrangente (Fletcher <i>et al.</i> , 2014).
Sustainable urban drainage systems (SUDS) ou Sustainable drainage systems (SuDS)	Origem na Grã-Bretanha	Reduzir os problemas de qualidade e quantidade quanto a maximização das oportunidades de revitalização do espaço urbano e incrementação da biodiversidade (Elliot, Trowsdale, 2007; Woods-ballard <i>et al.</i> , 2007)
Best management Practices (BPM)	Origem nos Estados Unidos. Também difundido no Canadá	Prevenir poluição. Contempla atividades estruturais e não estruturais (EPA, 2011). BPMS são projetados para reduzir o volume de águas pluviais, vazões de pico e poluição difusa (Miguez; Verol; Rezende, 2016).
Stormwater control measures (SCMs)	Estados Unidos	Veio para substituir o termo BPM (HER <i>et al.</i> , 2017)
Green Infraestructre (GIs)	Estados Unidos	Gerenciar águas pluviais através de telhados verdes, árvores, jardins de chuva e pavimentos permeáveis. Frequentemente relacionada a metas ambientais e de sustentabilidade que as cidades vêm tentando alcançar (Foster <i>et al.</i> , 2011).
Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana	Brasil	Introduzir diferentes medidas focando na infiltração e armazenamento, compensando os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico (Baptista, M.; Nascimento, N.; Barraud, S., 2011)

Fonte: adaptado de Ashley *et al.* (2013)

Observa-se que o conceito inicial da drenagem urbana, focado principalmente na condução de água e transporte para jusante, vem sendo substituído por conceitos mais abrangentes, que trabalham nas medidas de recuperação das alterações resultantes do processo de urbanização.

A Figura 2.8 demonstra o comportamento do hidrograma (vazão x tempo) resultante de um evento hidrológico para uma bacia natural (1), uma bacia urbanizada (2) e uma bacia de urbanização sustentável (3). O que se observa é um hidrograma com pico acentuado na bacia urbanizada (2), enquanto o hidrograma da bacia de urbanização sustentável (3) assemelha-se ao hidrograma da bacia natural (1).

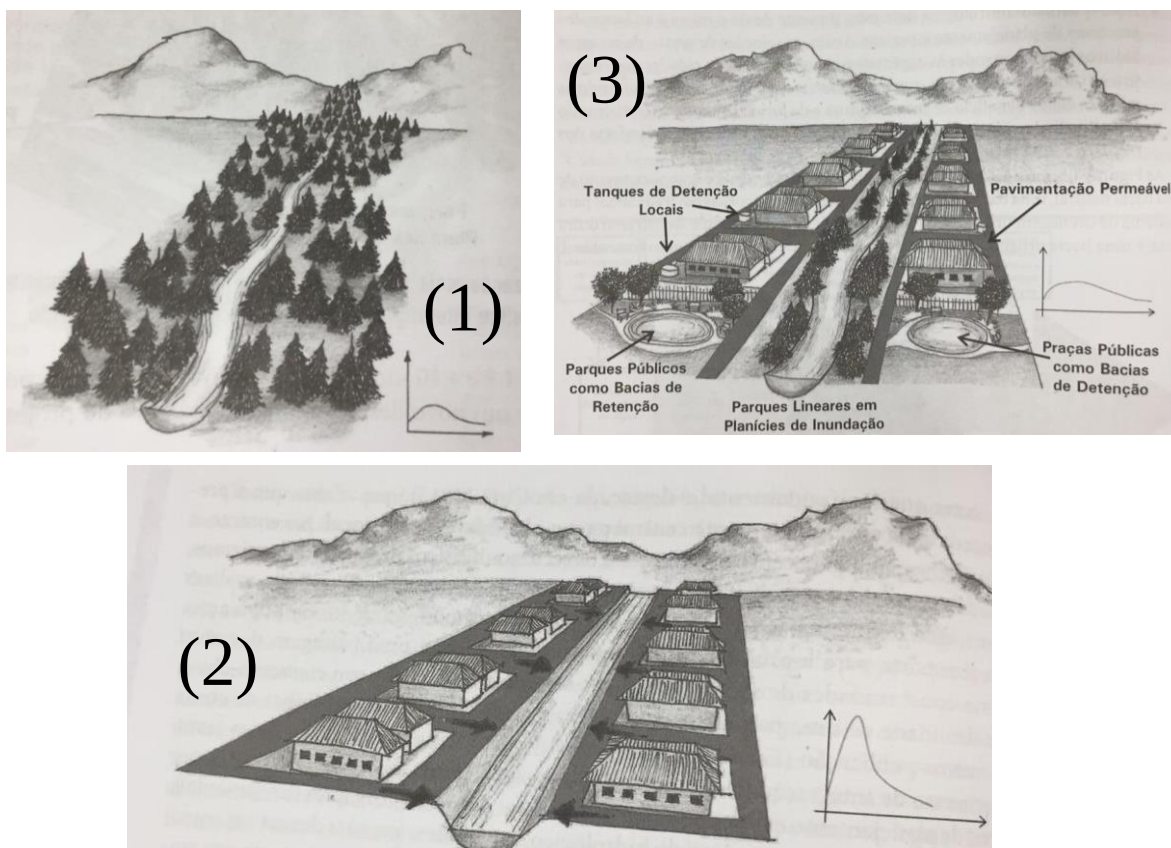


Figura 2.8 – Comparação dos hidrogramas gerados para uma bacia natural, uma bacia urbanizada e uma bacia de urbanização sustentável após evento de chuva

Fonte: Míguez, Veról e Rezende (2016)

De acordo com Andoh e Declerck (1999), as medidas de controle distribuídas têm o ônus de necessitarem de manutenção e, por vezes, operação, o que pode torná-las menos atraentes. São de pequeno porte e dispersas, controlando a geração de escoamento em sua origem. No entanto, no contexto da gestão municipal, são menos sensíveis a falhas, uma vez que a falha de um único dispositivo pode ser compensada pelos demais. Assim, em função da cobertura farta e bem distribuída, as medidas em lote têm suas vantagens. Por outro lado, a falha de um dispositivo de grande porte pode trazer consequências muito negativas. Ainda, de acordo com estes autores, com relação ao custo, as medidas de controle distribuídas ou na fonte apresentam custos menores quando comparadas aos custos de canalização. A redução de custo varia entre 25% e 80% e é mais significativa em bacias mais planas.

De acordo com os autores Urbonas e Stahre (1993) *apud* Canholi (2014), existem vantagens e desvantagens de utilizar-se o controle na fonte. Suas conclusões são apresentadas no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Vantagens e Desvantagens da utilização de soluções e dispositivos de contenção na fonte

Vantagens	Desvantagens
Maior flexibilidade para encontrar locais propícios para instalação dos dispositivos Dispositivos podem ser padronizados Aumento da eficiência de transporte de vazão nos canais existentes Melhoria da qualidade da água e da recarga dos aquíferos Valorização da água no meio urbano	Capacidade de investimento dos proprietários privados Difícil fiscalização da operação e manutenção Conflito de interesse com o uso da água de chuva Efetividade no controle de cheias na bacia como um todo

Fonte: Urbonas e Stahre, 1993 apud Canholi, 2014

Entre soluções de controle na fonte mais comumente utilizadas estão a desconexão das áreas de telhado com a rede, a coleta de água de chuva para uso posterior, os jardins de chuva, jardins urbanos (*rain gardens/planter boxes*), valas de infiltração (*infiltration trenches/bioswales*), pavimentos permeáveis, ruas ou becos verdes, estacionamentos verdes, telhados verdes e as alamedas de árvores (*urban tree canopy*) (CANHOLI, 2014).

EPA (2019) defende que a desconexão da tubulação de recolhimento de água de chuva dos telhados da rede geral, conectando-a à barris, cisternas ou áreas permeáveis é uma LID de fácil uso e pode ser utilizada para guardar a água de chuva ou para permitir que a mesma infiltre no solo. É especialmente interessante para municípios com sistema unitário (águas pluviais e esgoto coletados em mesmo sistema). A coleta de água de chuva para uso posterior é interessante para regiões mais áridas, onde o abastecimento de água possa sofrer algum tipo de limitação. Exemplos de uso são apresentados na Figura 2.9.



Figura 2.9 - Desconexão da tubulação de recolhimento da água de chuva coletada em telhado para área permeável e para tanque de armazenamento.

Fonte: EPA (2019)

Os jardins de chuva são dispositivos versáteis, pois podem ser instalados em qualquer área sem pavimentação. Também são chamados de células de bioretenção e de bioinfiltração. Basicamente são bacias vegetadas, conforme Figura 2.10, que podem receber escoamento gerado em telhados, calçadas (passeios), ruas e avenidas. Sua utilização é limitada em áreas muito perto das fundações da casa ou prédio. A EPA (2019) explica que esta prática imita a hidrologia natural a partir dos fenômenos de infiltração e evapotranspiração.



Figura 2.10 – Jardins de Chuva
Fonte: MMSD (2019)

Os jardins urbanos são jardins de chuva com paredes verticais, utilizados em área com limitação de espaço e adensadas. De acordo com Philadelphia (2018), é um dispositivo desenvolvido para coletar escoamento de calçadas e ruas, normalmente em formato retangular, com paredes de concreto funcionando como meio fio para o jardim. O dispositivo é forrado com tecido permeável, recebe cascalho ou pedras e é coberto por terra, onde se colocam as plantas e árvores. Assim como os jardins de chuvas utilizados em áreas residenciais, os jardins urbanos permitem a infiltração e evapotranspiração do escoamento coletado. O excesso do escoamento pode ser direcionado para um tubo de descarga conectado à rede geral de águas pluviais. Michigan (2008) destaca os benefícios deste dispositivo como melhoria da área onde é instalado o mesmo, melhoria do potencial da qualidade do ar e do clima e a flexibilidade de uso. Como limitação é colocado o custo de instalação do dispositivo. A Figura 2.11 traz exemplos de jardins de chuva urbanos.



Figura 2.11 – Jardins de chuva urbanos
Fonte: MMSD (2019)

As valas ou trincheiras de infiltração, em inglês *bioswales*, são valas vegetadas que promovem o tratamento e retenção da água de chuva em seu percurso, além de reduzir a velocidade do escoamento, sendo valas as depressões em terreno permeável e trincheiras as depressões escavadas no solo e preenchidas com material poroso. De acordo com Michigan (2008), estes dispositivos de infiltração podem reduzir de maneira significativa o volume de pico gerado além de melhorarem a qualidade do escoamento. Conforme EPA (2019), esses também são um tipo de jardim de chuva, e em função do seu formato linear, são indicadas para serem utilizadas acompanhando ruas ou estacionamentos, conforme apresentado na Figura 2.12.



Figura 2.12 - Vala de Infiltração
Fonte: EPA (2019)

Urbonas e Stahre (1993) apud Araújo, Tucci e Goldenfum (2000) definem os pavimentos permeáveis como dispositivos de infiltração onde o escoamento superficial é desviado para uma bacia ou reservatório de pedras, subterrâneo, através de uma superfície permeável. Para Blecken *et al.* (2017), os pavimentos permeáveis são “paisagens rígidas”

que suportam o tráfego de veículos permitindo a infiltração, tratamento e até o armazenamento da água de chuva. Existem diferentes materiais que podem ser utilizados, entre eles o concreto permeável, o asfalto poroso e os pavimentos permeáveis de encaixe. Exemplos são apresentados na Figura 2.13.



Figura 2.13 - Pavimentos Permeáveis
Fonte: BLECKEN *et al.* (2017)

As alamedas de árvores, em inglês *urban tree canopy* ou *tree trenches*, são consideradas soluções de drenagem sustentável, pois reduzem a velocidade do escoamento gerado, através da interceptação da chuva pelas folhas e galhos. De acordo com EPA (2013), o *design* da plantação e colocação das árvores no espaço urbano é muito importante. A capacidade do dispositivo será tão maior quanto maiores as árvores, por isso, devem ser prioridade quando o local é apropriado. Esta solução é apresentada na Figura 2.14.



Figura 2.14 – Alameda de árvores em Aachen, Alemanha
Fonte: Autora

No nível do lote, que é a menor parcela do tecido urbano, algumas destas medidas podem ser implementadas. De acordo com Miguez, Veról e Rezende (2016), são soluções cabíveis de adoção em lotes:

- uso de reservatórios de lote (já minimamente difundido em legislações municipais brasileiras)
- uso de telhados verdes, que permitem ganhos de eficiência energética através da redução da temperatura da edificação e também a interação paisagística da medida;
- uso de jardins de chuva, favorecendo a infiltração;
- desconexão das áreas de telhado do sistema de drenagem, dirigindo estas águas para áreas rebaixadas e permeáveis no próprio lote, onde ocorrerá a infiltração, entre outras possibilidades.

Reservatórios de Lote

A utilização de reservatórios de lote visa minimizar o volume de escoamento superficial que chega à rede de drenagem, aumentando a resiliência do sistema, através do aumento da capacidade de armazenagem de água.

Para utilização destes dispositivos, Miguez, Veról e Rezende (2016), discorrem sobre a importância de entender o conceito de responsabilidade compartilhada entre o poder público e o proprietário do lote para o controle de inundações. Além disso, eles escrevem sobre a importância de um planejamento com zoneamento para a bacia urbanizada, de maneira a entender quais os locais adequados para implantação destes dispositivos. De maneira geral, os reservatórios de lote devem ser empregados em áreas mais altas e mais afastadas da bacia, por retardarem o escoamento e armazenarem o mesmo. A utilização nas áreas baixas não é adequada, pois o escoamento das ruas, sem controle, poderia acabar invadindo estes lotes, que seriam alagados de fora para dentro. Assim, entender as zonas prioritárias para implantação de cada dispositivo é essencial para que o sistema funcione adequadamente.

Miguez, Veról e Rezende (2016), também defendem que a utilização de incentivos para a implantação dos reservatórios de lote é importante, inclusive nas construções existentes. Isso garantiria, de acordo com os autores, não apenas a adoção desta medida como possível solução, mas também a efetiva apropriação dela pela população, conceito este descrito no parágrafo anterior, de responsabilidade compartilhada.

Outra grande vantagem do reservatório de lote é a armazenagem para uso posterior. No Brasil, de acordo com Ghisi, Bressan e Martini (2006), estima-se que a redução do consumo de água potável através do uso da água de chuva pode variar entre 48% e 100%, dependendo da região geográfica. Para Mehrabadi, Saghafian e Fashi (2013), por meio de simulações, chegaram ao resultado de que 75% da demanda de água não potável de uma residência com 4 pessoas seria atingida, na média de 70% do tempo, em região de clima úmido.

Telhados Verdes

Os telhados verdes são medidas que consistem na aplicação de vegetação sobre solo ou substrato instalados sobre os telhados de edificações de maneira a criar maior área de interceptação da água de chuva, criar um volume de armazenagem de escoamento na camada suporte e aumentar o tempo de escoamento do sistema.

Estes telhados, vistos na Figura 2.15, consistem em ao menos 3 camadas, vegetação, substrato e drenagem e são comumente chamados de telhados vegetados ou eco-roof (SHAFIQUE, KIM, KYUNG-HO, 2016). Autores que defendem sua utilização comentam sobre a capacidade de reter o escoamento por um período maior que um telhado comum e capacidade de retardar e reduzir a descarga de pico (STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H., 2012; SHAFIQUE, M.; KIM, R.; LEE, D., 2016). Conforme o que preconiza a EPA (2019) esses são especialmente indicados em regiões altamente adensadas, onde o valor dos lotes é muito alto, assim como em grandes prédios industriais e de escritórios, onde o valor para realização da gestão do escoamento gerado é muito alto. Ademais, telhados verdes são historicamente conhecidos pela habilidade em promover isolamento térmico em regiões de clima frio e de limitar o aquecimento pela luz solar direta atingindo o telhado, nos climas mais quentes (SANTAMOURIS, 2009 *apud* GARGARI *et al.*, 2016). Por isso, a utilização deste tipo de telhado reduz a necessidade de ar condicionado e/ou calefação, melhorando a eficiência energética da edificação.



Figura 2.15 – Telhado Verde em Aachen, Alemanha
Fonte: Autora

De acordo com Miguez, Veról e Rezende (2016), os telhados verdes têm como vantagem, além do controle do escoamento, o isolamento acústico e térmico e a agregação de valor estético e ambiental à edificação. Além disso, são soluções boas para áreas densamente ocupadas. O telhado verde, como apresentado na Figura 2.16, deve estar ligado a dispositivos auxiliares de infiltração, reservatórios de lotes convencionais ou barris de chuva (reservatórios sobre a superfície do terreno, drenados por gravidade, podendo ter torneiras para aproveitamento da água reservada). A grande desvantagem citada pelo autor se dá pela dificuldade de adaptação de estruturas já existentes para receber este dispositivo. Isto porque nem sempre é possível aumentar a capacidade da estrutura para receber a sobrecarga do telhado.

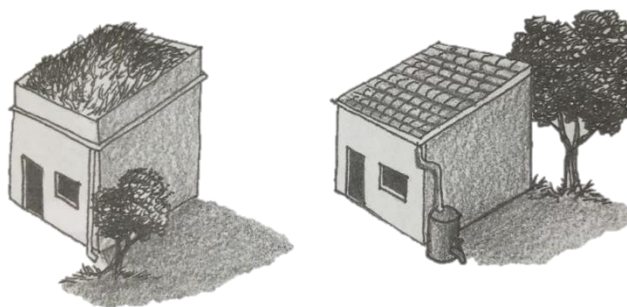


Figura 2.16 - Reservatório de retenção para áreas captadas do telhado verde, com desconexão da rede de drenagem e barril de chuva
Fonte: Miguez, Veról e Rezende (2016)

Desconexão da drenagem e jardins de chuva

A desconexão de áreas impermeáveis do lote da rede de drenagem também é uma solução no nível de lote. Normalmente, as áreas impermeáveis são diretamente ligadas à rede drenagem, sem que se tenha a oportunidade de reter parte do escoamento no próprio lote, por meio de mecanismos de infiltração ou armazenamento da água para uso posterior. Assim, desconectar uma área impermeável da rede de drenagem e conectá-la a um jardim de chuva é uma solução de fácil uso e com cunho também paisagístico. Miguez, Veról e Rezende (2016), explicam que os jardins de chuva nada mais são que área com superfície rebaixada em relação às áreas do entorno e com preparação do solo com matérias de alta permeabilidade, como areia e brita, de maneira a favorecer a infiltração. Assim, somente a vazão excedente verte para a rede. A Figura 2.17 apresenta o dispositivo supracitado.

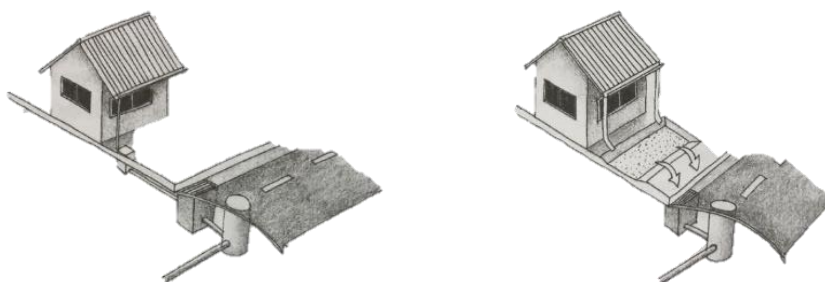


Figura 2.17 – Rebaixamento da parcela permeável dos lotes
Fonte: Miguez, Veról e Rezende (2016)

2.3.2 O impacto das técnicas compensatórias

Diferentes estudos tentam quantificar o impacto das técnicas compensatórias e compará-los aos resultados obtidos pela utilização de soluções de drenagem convencionais. No Brasil, Magalhães *et. al* (2003) *apud* Miguez, Veról e Rezende (2016), analisaram a eficiência do amortecimento de um reservatório de 1m³ instalado em um lote urbano no Rio de Janeiro. Para uma chuva de tempo de recorrência de 5 anos, a eficiência de amortecimento foi de 29%.

Também no Brasil, Bahiense (2013) simulou vários cenários de aplicação de técnicas compensatórias LID e concluiu que as intervenções LID foram capazes de preservar ou recuperar grande parcela da capacidade de armazenamento e infiltração naturais do terreno. Sua simulação foi feita para uma área de 0,35km², com corpo d'água principal de 1,15km e desnível do ponto mais elevado até o exutório de 23m, apresentada

na Figura 2.18. Além disso, foram simuladas precipitações de 10 e 25 anos de tempo de recorrência, com duração de precipitação de 230 minutos (Bacia do Rio Cabuçu).

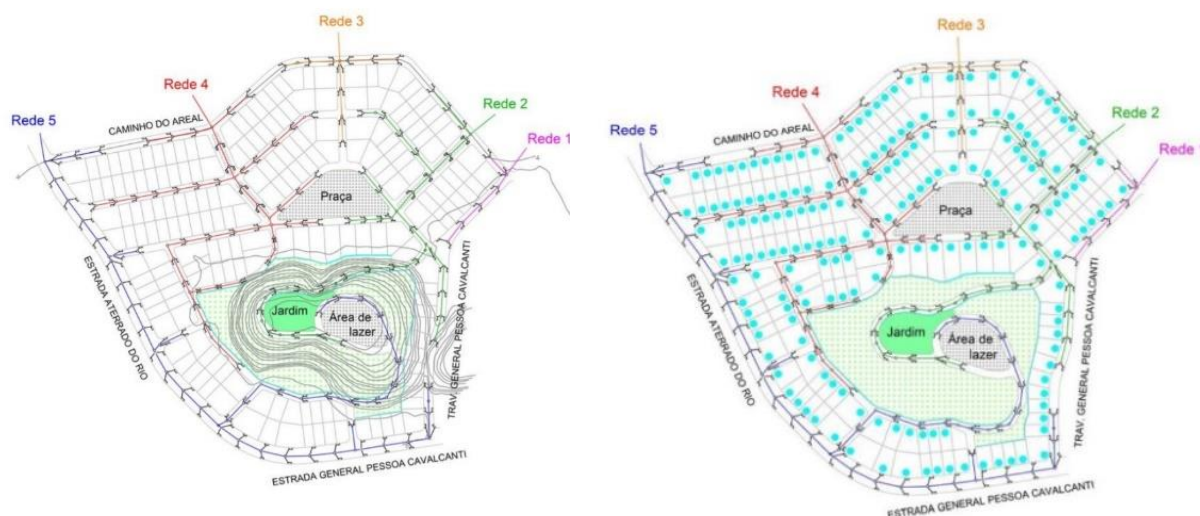


Figura 2.18 - Comparativo sistema de drenagem tradicional (Cenário 1) e sistema de drenagem com utilização de reservatórios de águas pluviais implantados nos lotes (Cenário 3)
Fonte: Bahiense (2013)

Em seus resultados, a autora concluiu que a intervenção isolada mais eficiente foi o rebaixamento da parcela permeável de cada lote, equivalente a 30% da área total do lote, em 15cm, o que reduziu o pico da vazão em 48% e o volume destinado à rede em 40%, ao se comparar os resultados com um sistema de drenagem tradicional. Mas a autora ressalta que os resultados mais eficazes são obtidos a partir da implementação de intervenções de forma extensiva sobre a bacia. Em um de seus cenários de estudo, quando simulou a utilização de todas as medidas de desenvolvimento de baixo impacto em seu trabalho, ou seja, rebaixamento da parcela permeável do lote, reservatório no lote, pavimento permeável nas calçadas e estacionamento, reservatório de detenção em praça e canais sinuosos da alameda, as vazões máximas foram reduzidas em 65% daquelas obtidas no cenário 1, onde se simulou o sistema de drenagem tradicional, como apresentado na Tabela 2.4. A autora concluiu que conjugar ações públicas e privadas, ou seja, medidas adotadas em lotes particulares e medidas adotadas em áreas públicas é o caminho a ser seguido na obtenção de sistemas de drenagem mais sustentáveis.

Tabela 2.4 – Resultados das vazões máximas obtidas para a área do loteamento nas simulações dos diferentes cenários para TR de 10 anos

Cenário	Descrição	Vazões máximas obtidas para a área do loteamento (m ³ /s)		
		Na rede	Superficial	Total
0	Condição de pré-urbanização	0,00	2,91	2,91
1	Sistema de drenagem tradicional	6,78	0,98	7,76
2.1	Rebaixamento da parcela permeável dos lotes em 5cm	5,38	2,37	7,75
2.2	Rebaixamento da parcela permeável dos lotes em 10cm	5,06	2,04	7,1
2.3	Rebaixamento da parcela permeável dos lotes em 15cm	3,02	1,08	4,1
3	Reservatório de águas pluviais nos lotes	5,23	1,08	6,31
4	Pavimento Permeáveis nas calçadas e estacionamentos	5,18	1,05	6,23
5	Praça utilizada como reservatório de detenção + canais sinuosos nas alamedas	4,04	0,98	5,02
A.1	Medidas aplicadas às áreas privadas (Cenário 2.1 e Cenário 3)	4,42	1,48	5,9
A.2	Medidas aplicadas às áreas privadas (Cenário 2.3 e Cenário 3)	4,53	0,64	5,17
B	Medidas aplicadas às áreas públicas (Cenário 4 e Cenário 5)	2,99	0,72	3,71
C	Medidas aplicadas às áreas privadas e públicas (Cenário A2 e Cenário B)	2,39	0,39	2,78

Fonte: Bahiense (2013)

Joksimovic e Alam (2014) simularam a eficiência técnica e financeira de 6 diferentes técnicas compensatórias em área de 30 hectares localizada em Ontario, Canadá. Além de analisarem a eficiência de cada técnica, também analisaram a eficiência de 11 combinações das mesmas. As maiores reduções do escoamento superficial gerado foram dadas pelas seguintes intervenções:

- Vala de infiltração (VI)
- Bioretenção e pavimento permeável (BR + PP)
- Vala de infiltração e telhado verde (VI + TV)
- Vala de Infiltração e pavimento permeável (VI + PP)
- Bioretenção, pavimento permeável e telhado verde (BR + PP + TV)
- Bioretenção, pavimento permeável e cisterna (BR + PP + CI)

Cruzando estes dados com os dados do custo de implantação de cada intervenção, os autores chegaram a valores de eficiência de custo, dados em custo por m³ de redução de escoamento. Como o custo da cisterna foi o menor, sendo somente necessária a obtenção de um barril/cisterna para cada lote familiar (não foi considerado o custo de tratamento, sendo que a água de chuva deve ser utilizada para usos não potáveis), o menor custo por m³ reduzido foi dado por esta intervenção, seguido pela combinação do telhado verde com a cisterna e do pavimento permeável com a cisterna, conforme Figura 2.19.

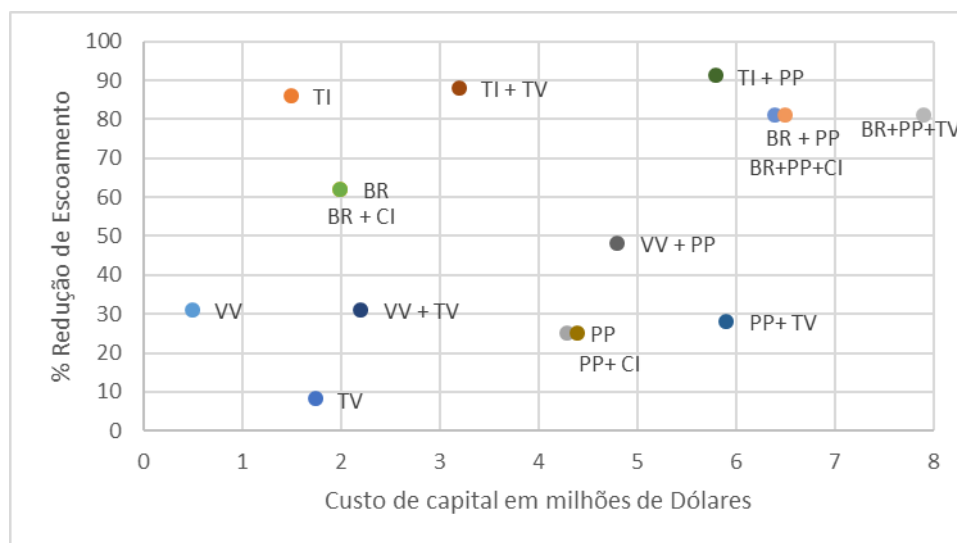


Figura 2.19 - Comparativo do custo de capital por m³ reduzido pelo uso de LIDs
Fonte: Adaptado de Joksimovic e Alam (2014)

Com relação à eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial, Araújo, Tucci e Goldenfum (2000) simularam em área de 1m² 6 diferentes tipos de superfície. Primeiramente solo compactado (declividade 1 a 3%), depois pavimento impermeável (concreto convencional de cimento, areia e brita, declividade 4%), a seguir pavimentos semi-permeáveis sendo uma parcela de superfície com pedras regulares de granito e juntas de areia (paralelepípedos, declividade de 4%) e uma parcela revestida de pedras de concreto industrializado do tipo “pavi S” também com juntas de areais (blocket, declividade de 2%) e finalmente pavimentos permeáveis sendo uma parcela de blocos de concreto com orifícios verticais preenchidos com material granular (areia, declividade 2%) e uma parcela de concreto poroso (declividade 2%). A Figura 2.20 apresenta os pavimentos simulados.



Figura 2.20 - Pavimentos simulados
Fonte: Araújo, Tucci e Goldenfum (2000)

Os resultados obtidos no experimento são trazidos na Tabela 2.5. Percebe-se que o coeficiente de escoamento é maior para a área concretada, seguido pelos blocos de concreto, o solo compactado e o paralelepípedo. Já os pavimentos permeáveis apresentaram coeficiente de escoamento significativamente inferiores as demais superfícies simuladas, demonstrando sua eficiência no controle da geração de escoamento superficial.

Tabela 2.5 – Resultados das simulações de chuva nas superfícies simuladas

		Pavimento Impermeável	Pavimentos semi-permeáveis		Pavimentos permeáveis	
	Solo compactado	Concreto	Bloco de Concreto	Paralelepípedo	Concreto poroso	Blocos vazados
Intensidade simulada (mm/h)	112	110	116	110	120	110
Chuva total (mm)	18,66	18,33	19,33	18,33	20	18,33
Escoamento total (mm)	12,32	17,45	15	10,99	0,01	0,5
Coeficiente de escoamento	0,66	0,95	0,78	0,60	0,00	0,03
Umidade Inicial do solo (cm ³ /cm ³)	32,81	32,73	32,71	32,72	0,329	32,24

Fonte: Adaptado de Araújo, Tucci e Goldenfum (2000)

2.4 INCENTIVOS ÀS PRÁTICAS COMPENSATÓRIAS

2.4.1 Incentivos às práticas compensatórias no mundo

- **Estados Unidos**

O documento intitulado “*Getting to Green: paying for green infrastructure. Financing Options and Resources for local Decision Makers*” (EPA, 2014), divulgado pelo a Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA), apresenta um panorama geral do que tem sido feito nos Estados Unidos na tentativa de incentivar a utilização das técnicas LIDs.

No município de Portland, Oregon, a taxa de drenagem urbana é cobrada desde o ano de 1977. O programa de descontos *Clean River Rewards* do utilitário de drenagem municipal foi aprovado em 2006, e prevê incentivos em forma de descontos para propriedades residenciais (unitárias ou multi familiares), comerciais, industriais e institucionais. Para os lotes residenciais, os descontos são somente dados para soluções da gestão do escoamento de águas de telhado, enquanto para os lotes comerciais, o desconto também é dado para soluções fornecidas para o escoamento das áreas pavimentadas (sendo necessária visita a campo para aprovação da solução).

O programa de descontos oferecido pelo utilitário de drenagem de Portland permite ao cliente obter até 100% de desconto para a parcela “*on-site*” da cobrança, caso ele faça a gestão do escoamento em sua própria propriedade. Opções para desconto são a desconexão da rede, direcionamento do escoamento para áreas de paisagem e jardins de chuva e instalação de trincheiras de infiltração e “poços secos”. Além disto, o programa *Ecoroof* oferece aos proprietários e empreendedores um incentivo de 5U\$ por metro quadrado para projeto de ecotelhado aprovado (Portland Environmental Services, 2014).

Em Minneapolis, Minnesota, o programa de créditos conta com descontos de 50% para soluções que melhoram o quesito “qualidade do escoamento superficial gerado” e descontos entre 50 e 100% para soluções que melhoram o quesito “quantidade do escoamento superficial gerado”. O programa de descontos de Minneapolis se difere para lotes residenciais de até 4 famílias (*four-plex properties*) e para todos os demais usos do solo. Os lotes residenciais recebem incentivos em forma de descontos quando instalam pavimentos permeáveis ou jardins de chuva. O desconto para os lotes residenciais é dado

em função da quantidade de escoamento gerado na propriedade que é tratado (Minneapolis, 2019).

Os lotes comerciais podem aplicar para dois tipos de descontos: qualidade e quantidade. É possível usar as duas categorias em conjunto, mas o desconto relacionado à qualidade é mais comumente solicitado. O total do desconto não pode ultrapassar o valor de 100% da taxa de drenagem. O desconto relacionado à qualidade é dado quando o proprietário instala uma solução que remove poluentes do escoamento gerado antes que o mesmo atinja o corpo d'água. O valor do desconto é dado em função da porcentagem da área impermeável do lote sobre a total que tem o escoamento gerado tratado pela solução. É obrigatório redução de pelo menos 70% do total de sólidos suspensos do escoamento gerado em um evento de chuva em 1,25 polegadas, aproximadamente 3,2cm.

Por outro lado, o desconto relacionado à quantidade é dado aos lotes comerciais que demonstram que retém o escoamento gerado no próprio lote. O desconto dado é baseado em uma chuva de Tempo de Retorno de 10 anos para até 50% de desconto e uma chuva de 100 anos de Tempo de Retorno para desconto de até 100%. Todos os cálculos devem ser certificados por arquitetos ou engenheiros com certificação do estado (Minneapolis, 2019).

Na Philadelphia, no Estado da Pensilvânia, só recebem incentivos os clientes comerciais e não residenciais. A taxa de drenagem para clientes nas residenciais é baseada na área impermeável específica da propriedade e na área total da propriedade. Para os clientes residenciais, que tem sua taxa de drenagem um valor padrão, baseado na área impermeável média de propriedades residenciais no município, o sistema de incentivos não é utilizado (Philadelphia, 2011).

Outro exemplo fornecido pelo documento se dá pelo incentivo na adoção de medidas LID pelo departamento Ambiental do Distrito de Washington DC, que por exemplo, fornece um apoio financeiro de até 90% do valor do dispositivo ou solução implantada no lote, enquanto o proprietário paga os demais 10%. Em Washington DC a taxa de drenagem é calculada pelo conceito de *Equivalent Residential Unit* (ERU) que é baseada na área impermeável média das propriedades residenciais (Washington DC, 2019).

• Canadá

Em Waterloo, Ontario, o programa de créditos oferece até 45% de desconto na taxa de drenagem das propriedades privadas. O desconto é dado em função dos dispositivos de controle instalados na propriedade e dos volumes por eles armazenados, conforme Tabela 2.6 (WATERLOO, 2019).

Tabela 2.6 - Descontos na taxa de drenagem urbana residencial em Waterloo, Ontario

Volume (L)	Desconto (%)
200-400	9
401-800	18
801-2000	27
2001-3200	36
3201 ou mais	45

Fonte: WATERLOO (2019)

Entre os dispositivos considerados estão os barris de chuvas e cisternas, vegetação, galerias de infiltração, poços secos, drenos ou jardins de chuva.

Para os lotes *multi-unit* ou não residenciais, são oferecidos descontos de até 45%. As soluções relacionadas à redução de alagamento e controle de quantidade de escoamento recebem até 25% de desconto, as soluções relacionadas ao controle de poluição ou controle da qualidade do escoamento recebem até 15% de desconto e as iniciativas de educação até 5% de desconto na taxa da parcela (WATERLOO, 2019).

Na municipalidade de Victoria o programa de *Rewards* é utilizado para incentivar a drenagem sustentável no município. Para lotes residenciais, o programa oferece de 35\$ a 1500\$ de ajuda financeira para a instalação de dispositivos de controle para as propriedades elegíveis. Além disto, um desconto de 10% anual da concessionária de drenagem é disponibilizado para propriedades residenciais de baixa densidade (1 a 4 unidades) que possuam soluções que tratem ao menos 25m² de área de telhado, através de cisternas (de tamanho mínimo de 1200L), câmaras de infiltração (*infiltration chamber*), jardins de chuvas, valas vegetadas (*bioswale*) e pavimentos permeáveis (mínimo de 10m²). Para lotes não residenciais, descontos entre 2 a 40 % são oferecidos pelo utilitário. Os métodos considerados para análise de crédito são: barris de chuva, cisternas, jardins de chuva, câmaras e trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis e *bioswales* (valas vegetadas) (Victoria, 2019).

Tabela 2.7 -Subsídio para instalação de soluções em lotes residenciais em área de baixa densidade

Tipo de solução adotada	Tamanho	\$/L	\$/m²	Subsídio	Subsídio
	Mínimo			mínimo	máximo
Barril de Chuva	350L	0,10		35	100
Cisterna	1200L	0,15		180	600
Jardim de Chuva/Câmara de Infiltração	25m ²		15	375	1000
Pavimento Permeável	10m ²		20	200	750
Pavimento Permeável com reservatório em rocha	25m ²		30	750	1500

Fonte: VICTORIA (2019)

Em Kitchener, Ontario, são dispositivos considerados na avaliação do programa de créditos e descontos os barris de chuva, cisternas, galerias/trincheiras de infiltração, jardins de chuva e pavimentos permeáveis. Caso elegível, o cliente pode receber até 45% de desconto na sua taxa de drenagem e esse desconto é baseado no volume de escoamento que o cliente consegue retirar ou evitar que chegue ao sistema de drenagem convencional. Para o cálculo deste volume, é divulgado um documento com todas as instruções e cálculos. Para as propriedades residenciais, os valores de crédito se dão conforme Tabela 2.8 (KITCHENER, 2020).

Tabela 2.8 – Descontos na taxa de drenagem urbana residencial em Kitchener, Ontario

Tipo de Crédito	Volume capturado	Exemplos	Crédito
Crédito residencial básico	200 – 800 L	1 - 4 barris de chuva ou 1 cisterna	20%
Crédito Residencial Normal	801 – 3200 L	1 cisterna grande ou combinação de cisternas e barris de chuva	30%
Crédito Residencial Elevado	3201 ou mais	1 cisterna grande 1 galeria/trincheira de infiltração	45%

Fonte: KITCHENER (2020)

Para propriedades não residenciais, soluções que resultam em descontos são lagos, armazenagem em telhados, separadores de óleos, armazenagem no subsolo, armazenagem em estacionamentos entre outras.

• Alemanha

Na Alemanha é comum atualmente que os incentivos às práticas compensatórias sejam dados também nos valores a serem passados para as concessionárias. No país, utiliza-se muito o conceito das “*gebührenrelevante Fläche*” ou em tradução livre “áreas

relevantes para a taxa”. O Instituto DIN - *Deutsches Institut für Normung*, é a organização nacional para a padronização no país, emitindo normas para a indústria, o estado e a sociedade como um todo, e possui também uma norma que diz respeito aos coeficientes de escoamento de diferentes superfícies.

A norma DIN1986 - 100 fornece uma lista, vide Tabela 2.9, com os coeficientes de escoamento superficial para a determinação do escoamento das águas pluviais, comumente utilizados nos cálculos das áreas relevantes para a taxa. Estas áreas dizem respeito às áreas que, de fato, geram escoamento geral e contribuem com a vazão na rede.

Tabela 2.9 - Norma DIN 1986 - 100 - Sistemas de drenagem para edifícios e Propriedades

Nº	Tipo de cobertura	Escoamento Superficial
DIN	Áreas impermeáveis como:	
	Áreas de telhado	1,0
	Áreas concretadas	1,0
	Rampas	1,0
	Superfícies pavimentadas com juntas de vedação	1,0
	1 Áreas asfaltadas	1,0
	Pavimentação com rejunte	1,0
	Telhados de cascalho	0,5
	Telhados verdes	
	Intensivos	0,3
	extensivos a partir de 10cm de espessura	0,3
	extensivos com até 10cm de espessura	0,5
	Áreas parcialmente permeáveis e áreas com pouca capacidade de drenagem como:	
	Pavimento de concreto em placas, colocado em areia ou escória, superfícies com pisos em placas	0,7
	Superfícies com pisos em placas, com juntas > 15%, p.e. 10cm x 10cm e menores	0,6
2	<i>Wassergebundene Fläche</i> ("Áreas conectadas à água")	0,5
	Áreas para diversão de crianças parcialmente permeáveis	0,3
	Áreas para esportes com drenagem	
	coberturas plásticas ou gramas plásticas	0,6
	quadras de tênis e superfícies afins	0,4
3	quadras gramadas	0,3
	Áreas permeáveis com ou sem capacidade de drenagem como:	0,0
	Parques e áreas vegetadas, solo de seixos, cascalhos e também com parcela de área impermeável como:	0,0
	caminhos cobertos de piso de cascalho e seixos	
	entradas e vagas de estacionamento com pedras intercaladas com grama	

Fonte: Deutsches Institut für Normung (DIN) (2016)

Em um contexto mais local, na cidade de Hamburgo, até 01.05.2012, pagava-se pelo serviço de drenagem juntamente com o esgotamento sanitário, a partir da relação

com o consumo de água potável consumido e medido. A partir desta data, Hamburgo começou a cobrar pelo serviço de drenagem urbana, separadamente, em função da área impermeável ligada à rede de drenagem urbana municipal de cada terreno (HAMBURG WASSER, 2020a).

Os descontos são fornecidos caso o terreno apresente áreas semi-permeáveis, telhados verdes com características específicas, desconexão de certas áreas com a rede etc, a partir do cálculo das áreas relevantes para a taxa (HAMBURG WASSER, 2020a). A concessionária municipal fornece uma tabela nomeada “Redução das áreas relevantes para as taxas de águas pluviais”, reproduzida na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 - Redução das áreas relevantes para as taxas de águas pluviais em Hamburgo, Alemanha

Áreas conectadas à rede	Tipo	Área considerada
Área totalmente impermeável	Asfalto, concreto, pavimentação, pavimentação (juntas apertadas)	100%
Área parcialmente impermeável	Pedras com grama intercaladas, pavimentação com juntas abertas de > 15%	50%
Área permeável	Cascalho, areia, argila, argila, gramado com cascalho	0%
Área de telhado	Telhado inclinado ou telhado plano de Tijolo, feltro para telhado, metal, vidro, papel alumínio, ardósia, fibrocimento	100%
Área de telhado verde	Telhado Verde extensivo e intensivo com espessura mínima de 5cm	50%
Área para infiltração com ladrão de emergência	Vala, jardim de chuva, tubulação	50%
Área para infiltração sem ladrão de emergência	Funciona como área não conectada à rede	0%
Área para infiltração	Funciona como área parcialmente permeável	50%
Área conectada a cisterna com ladrão e sem uso posterior (doméstico ou irrigação)	Capacidade de armazenamento > 2,0 m³	reduzir 20m² de área para cada m³ de capacidade de armazenamento da cisterna
Área conectada a cisterna com ladrão e com uso posterior (doméstico ou irrigação)	Capacidade de armazenamento > 2,0 m³	
Área conectada a cisterna sem ladrão e sem uso posterior (doméstico ou irrigação)	Funciona como área não conectada à rede	0%
Área conectada a cisterna sem ladrão e com uso posterior (doméstico ou irrigação)	Funciona como área não conectada à rede	0%
Área conectada a sistema de retenção	Bacia de retenção, lago de armazenamento. Redução do pico. Não há redução de vazão	100%
Áreas não conectadas à rede	Tipo	
Todas as categorias	Conexão direta ou indireta em valas, sistemas de infiltração ou cisternas sem transbordamento (ladrão) de emergência e áreas de piscina	0%
Combinação	Tipo	
Combinação de medidas	Telhado verde ou superfície parcialmente impermeável - sistema de captação de águas pluviais ("cisterna") e / ou sistema de infiltração com ladrão	Multiplicação e / ou adição de abordagens de área "ao longo do caminho do fluxo"
	Dispositivos de redução do pico e do volume (uso posterior do volume coletado) com ladrão de emergência	Redução de área apenas relacionado com volume de armazenamento de cisterna

Fonte: Adaptado de HAMBURG WASSER (2020b)

A partir disto, calcula-se as áreas relevantes a taxa, somando todas as áreas do lote multiplicadas pelas suas respectivas porcentagens, apresentadas na coluna 3. De acordo com Hamburg Wasser (2020c), desde 01.01.2019, paga-se em Hamburgo um valor de 0,74€ para cada m² de área relevante para a taxa, por ano.

Em Leipzig, o valor da taxa paga entre 2018 e 2019 foi de 0,82Euro/m² área relevante por ano e é atualmente, até 2021, de 0,94Euro/m² área relevante por ano (Leipzig Wasserwerke, 2020). O modelo de cobrança e descontos do utilitário local é simples e dado por:

- ✓ Áreas muito impermeáveis: 100% da área contabilizada
- ✓ Áreas parcialmente impermeáveis: 50% da área contabilizada

Para exemplificação, o utilitário fornece uma ilustração, apresentada na Figura 2.21. Observa-se que as áreas não conectadas à rede têm porcentagem de contabilização igual a 0%, indicando que é assumido pela concessionária que caso não haja conexão com a rede, o proprietário assume como sua responsabilidade a gestão destas águas.

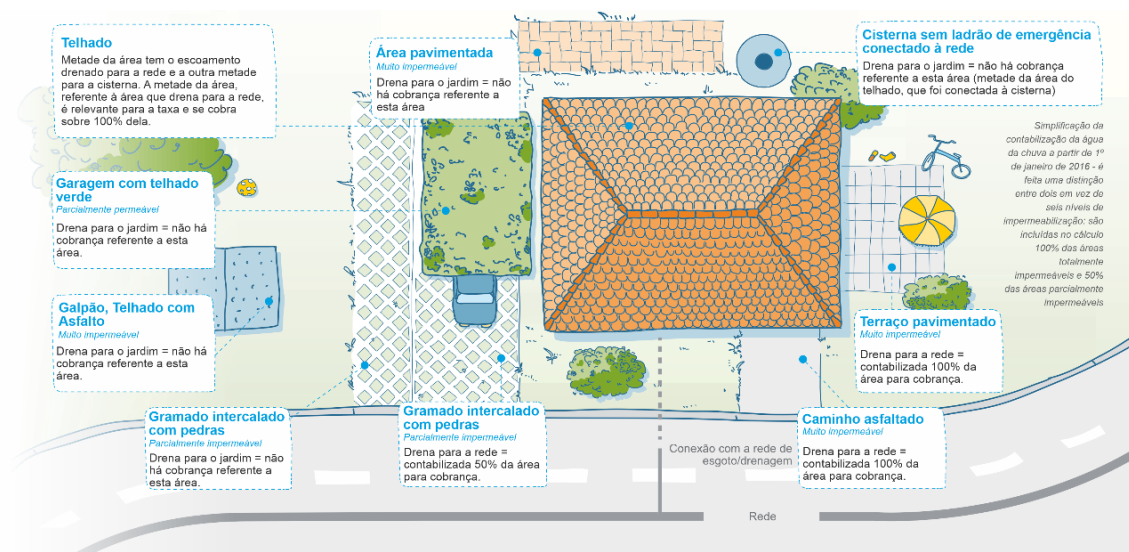


Figura 2.21 - Exemplificação de cálculo fornecida pelo utilitário de Leipzig
Fonte: Adaptado de: Leipzig Wasserwerke (2020)

Em Pforzheim no estado de Baden-Württemberg, a taxa de drenagem urbana foi desassociada da taxa de esgotamento no ano de 2006, quando a cobrança de esgotamento manteve-se em função do consumo de água potável e a cobrança pelo serviço de drenagem passou a ser feita em função da dimensão as áreas construídas e pavimentadas dos terrenos (PFORZHEIM STADT, 2017).

Em documento disponibilizado online, Pforzheim Stadt (2017), defendeu a mudança apresentando a incoerência de proprietários que consomem muita água potável mas tem, no entanto, pouca área impermeável e que pagavam valores altos pela drenagem e também o inverso, como os que pouco consumiam água potável mas tinham grandes áreas impermeáveis, que não modificavam o valor da sua taxa de drenagem.

Para o estudo da área do município e suas coberturas, é contratado serviço de sobrevoo e entrega de ortofotos a cada 2 ou 3 anos por empresa especializada, de modo que o município consegue fazer, com auxílio do SIG, a contabilização das áreas impermeáveis. No entanto, o utilitário deixa claro que este processo conta também com a participação dos proprietários, que devem informar se as áreas estão ou não conectadas à rede de drenagem municipal (PFORZHEIM STADT, 2017). Um exemplo de resultado é apresentado na Figura 2.22.

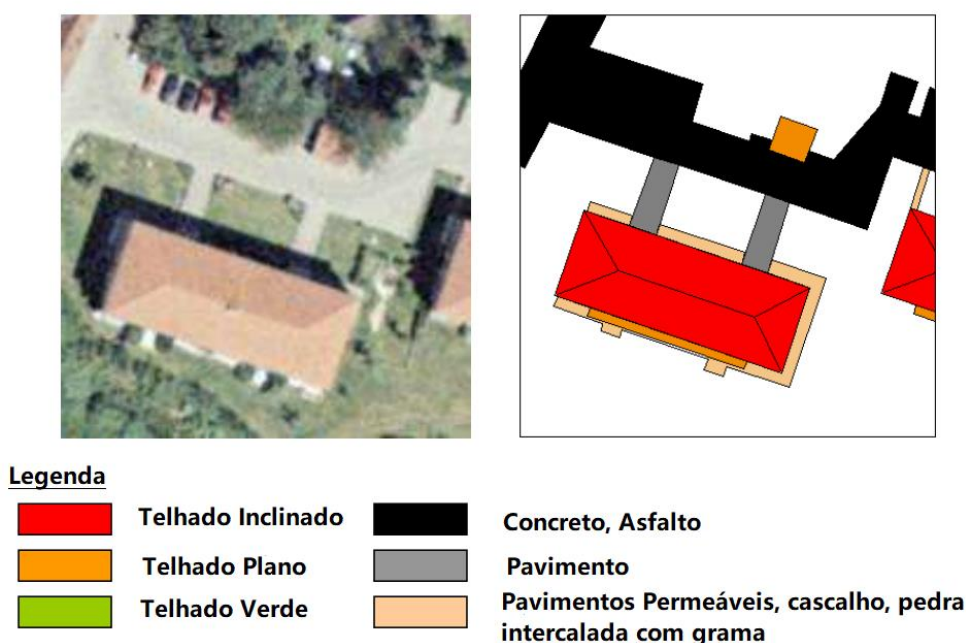


Figura 2.22 – Determinação de áreas impermeáveis em Pforzheim, Alemanha
Fonte: Adaptado de PFORZHEIM STADT (2017)

O processo de participação da população é feito via envio de questionários, com esboço de sua propriedade, áreas construídas e pavimentadas informações referentes à taxa, opções de correções etc. Aqueles que não preenchem o questionário são taxados em função das áreas obtidas nos levantamentos aéreos (PFORZHEIM STADT, 2017).

O cálculo das áreas pavimentadas e edificadas, realizado por Pforzheim Stadt (2017), é realizado, novamente, em função dos tipos de cobertura da superfície, onde se considera um fator de escoamento superficial para a contabilização da área final relevante para a taxa, conforme valores apresentados na Tabela 2.11.

Tabela 2.11 – Valores Pforzheim

ÁREAS CONSTRUÍDAS	Fator de contabilização
Telhado inclinado (ângulo de inclinação maior que 2°)	1
Telhado plano (ângulo de inclinação até 2°)	0,9
Telhado verde	0,4
ÁREAS PAVIMENTADAS	
Asfalto, concreto	1
Pavimentos diversos	0,8
Pavimentos Permeáveis, cascalho, pedra intercalada com grama	0,4

Fonte: PFORZHEIM STADT (2017)

2.4.2 Incentivos às práticas compensatórias no Brasil

São Paulo (SP) – Quota Ambiental

O estado de São Paulo aprovou a Lei nº 12.526, em 2007, estabelecendo as normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. (SÃO PAULO, 2007). A lei torna obrigatória a implantação de sistema de captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas e terraços, além de pavimentos descobertos em lotes edificadas ou não, com área impermeabilizada superior a 500m², apresentado dimensionamento para tal. Além disso, em seu artigo 3º, apresenta os possíveis destinos da água coletada nos reservatórios:

“Artigo 3º - A água contida no reservatório, de que trata o inciso I do artigo 2º, deverá:

I - infiltrar-se no solo, preferencialmente;

II - ser despejada na rede pública de drenagem, após uma hora de chuva;

III - ser utilizada em finalidades não potáveis, caso as edificações tenham reservatório específico para essa finalidade” (SÃO PAULO, 2007).”

A lei também decreta obrigatoriedade para estacionamentos e similares, de aplicarem em 30% de sua área total ocupada pisos drenante ou de preservar área de mesma dimensão como permeável.

O município de São Paulo, no desenvolvimento do seu Plano Diretor, propôs um instrumento urbanístico de uso e ocupação do solo que perpassa as questões ambientais, atingindo também a drenagem urbana. Este instrumento, denominado Quota Ambiental, de acordo com Franco, Dálmeida e Abreu (2015) associa uma perspectiva de qualificação ambiental aos empreendimentos, que é associada à promoção de áreas verdes e

mecanismos de incentivo à permeabilidade do solo e cobertura vegetal, de maneira a mitigar-se as ilhas de calor, incrementar a cobertura vegetal e equilibrar as condições de drenagem.

De acordo com a Prefeitura de São Paulo (SÃO PAULO, 2019) o município apresenta problemas ambientais como: poluição atmosférica e das águas; elevadas temperaturas devido à reduzida cobertura vegetal; padrões de urbanização pouco sustentáveis que ameaçam à biodiversidade e uma ineficiência da drenagem devido à extensa impermeabilização do solo.

Como instrumento para melhoria da qualidade ambiental e com poder de caso adotado de maneira sistêmica e integrada, modificar as características citadas foi criada a **Quota Ambiental**. Ela foi definida como um conjunto de regras de ocupação dos lotes objetivando qualificá-los ambientalmente, tendo como referências uma medida da eficácia ambiental para cada lote (SÃO PAULO, 2016a). Também se adotou parâmetros nas vertentes da drenagem, do microclima e da biodiversidade. No quesito da drenagem urbana, o plano diretor descreve sua inovação por propor a adoção de medidas não estruturais no âmbito do lote, que minimizem a contribuição de escoamento superficial para as estruturas de macrodrenagem.

Dentre os parâmetros abordados pelo instrumento estão as áreas ajardináveis, cobertura verde, fachada verde, piso semipermeável, vegetação no lote e reservatório de retenção no lote (piscininha). Basicamente, cada lote ou empreendimento deve atingir uma pontuação mínima relacionada à drenagem, microclima e biodiversidade, sendo essa pontuação variável em função da localização do lote na cidade (os chamados perímetros de qualificação ambiental). A pontuação mínima também varia de maneira diretamente proporcional em função da dimensão do lote. As áreas mais críticas exigem melhor qualificação e por isso apresentam maior pontuação mínima. O instrumento será utilizado para lotes com área superior a 500m² com pedido de aprovação para construção de nova edificação ou reforma de edificação existente com acréscimo de área superior a 20% da área construída. (SÃO PAULO, 2019)

Foi o decreto nº 57.565, de 2016, que regulamentou os procedimentos para aplicação da quota ambiental, nos termos da Lei nº 16.402, de 2016. Desta lei, tem-se que para o cumprimento das estratégias de ordenamento territorial, os parâmetros de parcelamento, uso e ocupação dos lotes serão definidos conforme algumas finalidades

principais, incluindo a quota ambiental e a taxa de permeabilidade mínima, com a função de “promover a qualificação ambiental, em especial a melhoria da retenção e infiltração da água nos lotes, a melhoria do microclima e a ampliação da vegetação”. (SÃO PAULO, 2016b).

Assim, dada a taxa de permeabilidade mínima do lote e a quota ambiental mínima obrigatória, pode-se calcular a pontuação atingida de maneira a obter-se o valor possível do desconto no valor total a ser pago na contrapartida financeira de outorga onerosa do direito de construir. Os projetos passíveis de pontuação são apresentados na Tabela 2.12 e na Figura 2.23.

Tabela 2.12 - Projetos passíveis de pontuação no quesito drenagem

SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E PAISAGÍSTICAS	UNID.	FATOR FD
Área ajardinada sobre solo	m ²	0,22
Área ajardinada sobre laje com espessura de solo maior que 40 cm	m ²	0,26
Pavimento semi-permeável com vegetação sobre solo natural	m ²	0,60
Cobertura Verde com espessura de substrato superior a 40 cm	m ²	0,26
Cobertura Verde com espessura de substrato inferior ou igual a 40 cm	m ²	0,31
Pavimento poroso	m ²	0,1
Pavimento semi-permeável sem vegetação	m ²	0,78
Superfícies com pavimentos não permeáveis	m ²	0,82

Fonte: SÃO PAULO (2016a)

SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E PAISAGÍSTICAS PARA ATINGIR A PONTUAÇÃO EXIGIDA PELA QUOTA AMBIENTAL

Os valores atribuídos para cada solução construtiva ou paisagística refletem a sua eficácia ambiental, ou seja, o quanto cada solução contribui para a melhoria da drenagem urbana, atenuação microclimática e biodiversidade.

COBERTURA VERDE

- com substrato superior a 40 cm.

FACHADA VERDE

- porção de fachada/
muro verde
- jardim vertical

ÁREA AJARDINADA

sobre laje com espessura de solo maior que 40cm

VEGETAÇÃO

- árvores de porte pequeno
- árvores de porte médio
- árvores de porte grande
- árvores existentes
- palmeiras

RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO

para controle de escoamento superficial

PISO

- pavimento poroso
- pavimento semi-permeável
sem vegetação

ÁREA AJARDINADA

- área ajardinada sobre solo natural
- pavimento semi-permeável com vegetação sobre solo natural

INCENTIVOS ASSOCIADOS À QUOTA AMBIENTAL



Quando a pontuação atingida da QA for superior à mínima, poderão ser concedidos **incentivos econômicos**:

- desconto na contrapartida financeira da Outorga Onerosa;
- benefício em área não computável incentivada.



Quando o empreendimento possuir **certificação específica de sustentabilidade**, poderão ser concedidos incentivos de acordo com o nível da certificação atendida.

FUNCIONAMENTO DA QUOTA AMBIENTAL

- Todos os lotes devem atender a **taxa de permeabilidade** conforme Quadro 3A desta lei.
- Lotes com **área superior a 500m²** devem atender pontuação mínima de QA, conforme Quadro 3A.
- Processos de licenciamento de edificações novas ou de reformas com **alteração de área construída superior a 20%** devem atender a pontuação mínima de QA, conforme Quadro 3A.
- A pontuação mínima varia conforme o **território** e o **tamanho do lote** (Mapa de Perímetros de Qualificação Ambiental - Mapa 3).
- A pontuação mínima pode ser atingida por meio de **diversas soluções construtivas e paisagísticas**. Cada solução tem uma determinada pontuação, conforme Quadro 3B anexo a esta lei.
- A pontuação mínima obrigatória deve ser atingida com soluções que beneficiem tanto a **vegetação** quanto a **drenagem**.

Obs: O Quadro 3A relaciona os valores de Pontuação de QA mínima e Taxa de Permeabilidade Mínima com os perímetros de qualificação ambiental e os tamanhos dos lotes e o Quadro 3B diz respeito à Composição da pontuação da Quota Ambiental

FUNCIONAMENTO DA QUOTA AMBIENTAL

- Todos os lotes devem atender a **taxa de permeabilidade** conforme Quadro 3A desta lei.
- Lotes com **área superior a 500m²** devem atender pontuação mínima de QA, conforme Quadro 3A.
- Processos de licenciamento de edificações novas ou de reformas com **alteração de área construída superior a 20%** devem atender a pontuação mínima de QA, conforme Quadro 3A.
- A pontuação mínima varia conforme o **território** e o **tamanho do lote** (Mapa de Perímetros de Qualificação Ambiental - Mapa 3).
- A pontuação mínima pode ser atingida por meio de **diversas soluções construtivas e paisagísticas**. Cada solução tem uma determinada pontuação, conforme Quadro 3B anexo a esta lei.
- A pontuação mínima obrigatória deve ser atingida com soluções que beneficiem tanto a **vegetação** quanto a **drenagem**.

Obs: O Quadro 3A relaciona os valores de Pontuação de QA mínima e Taxa de Permeabilidade Mínima com os perímetros de qualificação ambiental e os tamanhos dos lotes e o Quadro 3B diz respeito à Composição da pontuação da Quota Ambiental

Durante o período de 2 anos após a entrada em vigor desta lei, poderá ser concedido **desconto de 25%** na pontuação mínima da QA exigida, quando solicitado pelo interessado. Nestes casos fica vedada a concessão de incentivos da Quota Ambiental e de Certificação.

Figura 2.23 - Informações sobre a Quota Ambiental - Instrumento Urbanístico aplicado em São Paulo

Fonte: SÃO PAULO (2014)

O decreto também prevê a obrigatoriedade da instalação de reservatórios de lote com volume mínimo de 6,3 vezes a área do terreno, em litros.

• Rio de Janeiro – Qualificação Qualiverde

No Rio de Janeiro o decreto nº 35.745 (RIO DE JANEIRO, 2012) cria a **qualificação qualiverde**, com objetivo de incentivar empreendimentos que contemplem ações e práticas sustentáveis destinadas a redução dos impactos ambientais. O cálculo da pontuação é realizado pela adição dos critérios definidos no decreto e caso o empreendimento atinja, no mínimo, 70 pontos ele é classificado como qualiverde e caso atinja, no mínimo 100 pontos, é qualificada com qualiverde total.

As pontuações são dadas para as vertentes: gestão da água, eficiência energética e projeto. Com relação às práticas compensatórias relacionadas à diminuição do escoamento superficial gerado, são pontuados os empreendimentos que:

- Implantarem sistemas de captação, reserva ou distribuição de água não potável para atividades que não requeiram o uso de água tratada; (1 ponto)
- Utilizarem pavimentos permeáveis em, pelo menos, 40% da área do passeio, desde que atestada a permeabilidade das camadas superficiais; (2 pontos)
- Construírem reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais (1 ponto). Quando não houver obrigatoriedade do mesmo, o empreendimento será bonificado com 3 pontos.
- Ampliarem suas áreas permeáveis além do exigido por lei (acréscimo de mais de 10% na taxa de permeabilidade ou taxa de permeabilidade de pelo menos 30% da casa onde não haja legislação referente ao tema) (5 pontos)
- Implantarem telhado verde no último pavimento da edificação, sendo permitidas áreas destinadas à circulação ou locação de painéis de captação de energia solar. Os telhados verdes deverão apresentar vegetação extensiva e não configurarão pavimento utilização, reservados 5% de área para circulação (5 pontos)

No Rio de Janeiro, desde 2004, os empreendimentos com área impermeabilizada maior que quinhentos metros quadrados, têm a obrigatoriedade de construir reservatórios que retardem os escoamentos das águas pluviais para a rede de drenagem, conforme decreto municipal, nº 23.940 de 2004. O mesmo decreto determina ainda que “locais descobertos para estacionamento ou guarda de veículos para fins comerciais deverão ter trinta por cento de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.” (RIO DE JANEIRO, 2004).

• Blumenau - Santa Catarina

Em Blumenau, a Lei Complementar nº 1.174 de 2018, regula a utilização de telhado verde nas edificações, e prevê que toda edificação que implantar o telhado verde poderá utilizar este espaço no cômputo da área permeável, na proporção máxima de 50% do exigido no Código de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo. A lei coloca que quando o telhado verde for utilizado como área permeável deverá ser prevista a construção de reservatório de águas pluviais para retardo do escoamento ou para reuso das águas (BLUMENAU, 2018).

O Código de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo, Lei Complementar nº 751/2010, prevê que 20% da área do lote seja permeável. Assim, com a sanção da Lei Complementar nº 1.174 de 2018, essa área pode reduzir para 10%, caso a edificação

possua telhado verde em igual proporção, desde que conectado a uma caixa de retenção do escoamento gerado.

• Curitiba – Paraná

O Plano Diretor de Curitiba, instituído pela Lei ° 14.771 de 2015, traz também uma lista das ações que caracterizam a preservação e conservação do meio ambiente e que possibilitam ao proprietário a obtenção de incentivo no IPTU do referido imóvel, embora não estabeleça exatamente as diretrizes para tal, definindo que outra lei municipal definirá os incentivos, critérios e forma de fiscalização do mesmo (CURITIBA, 2015).

As ações de preservação e conservação do meio ambiente estabelecidas pelo Plano Diretor de Curitiba são: sistema de captação com reuso de água da chuva, sistema de energia solar, construções com material sustentável, utilização de energia passiva, sistema de utilização de energia eólica e telhado e/ou parede verde (CURITIBA, 2015).

Também fica definido que o município estabelecerá o Programa de Pagamento por serviços ambientais, que compensará pessoas jurídicas ou físicas que atuam na conservação e melhoria ambiental da cidade, sem, no entanto, definir como isso será feito.

A política do meio ambiente do município de Curitiba tem como diretrizes, entre outras:

“I - promover a sustentabilidade ambiental planejando e desenvolvendo estudos e ações visando incentivar, proteger, conservar, preservar, restaurar, recuperar e manter a qualidade ambiental urbana e cultural;
 XIV - incentivar a utilização sustentável dos sistemas de drenagem fluviais em área urbana em complemento a drenagem pluvial tradicional, existente ou não, recuperando e ampliando a capacidade de retenção, absorção e infiltração de águas pluviais no solo adjacente;
 XV - promover medidas e ações para a drenagem urbana com o intuito de reduzir os impactos ambientais dos alagamentos, enchentes e inundações;
 XXI - avaliar e aperfeiçoar incentivos construtivos e fiscais visando à preservação, conservação e recuperação do patrimônio natural e cultural;
 XXXI - estabelecer normas, padrões e incentivos à implantação de "telhados verdes", sistemas de cobertura de edificações nos quais é plantada vegetação;
 XXXII - incentivar a construção de "paredes verdes", como compensação ambiental, nas edificações públicas e privadas;” (CURITIBA, 2015).

• Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Em Porto Alegre, o Decreto de nº 15.371 de 2006 regulamenta o controle da drenagem urbana, considerando que compete ao poder público prevenir o aumento das

inundações devido à impermeabilização do solo e canalização dos arroios naturais (PORTO ALEGRE, 2006).

Em seu Art. 1º a lei determina que toda ocupação que resulte em superfície impermeável deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de águas pluviais igual a 20,8 L/(s.ha). Essa vazão de saída é calculada a partir da multiplicação entre a vazão específica e a área total do lote. Para terrenos com área inferior a 600m² e para habitações unifamiliares não é necessária análise técnica do Departamento de Esgotos Pluviais – DEP.

Para terrenos com área inferior a 100 hectares, o empreendedor pode utilizar como dispositivo de controle um reservatório, que de acordo com a lei deve ter volume determinado pela equação:

$$V = 4,25 \cdot AI$$

Onde:

V: volume por unidade de área de terreno (m³/ha)

AI: área impermeável do terreno (%)

A lei define que a quantidade de área a ser computada no cálculo do volume pode ser reduzida, conforme o uso das seguintes soluções de controle de escoamento:

- “a) aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em 50% (cinquenta por cento) a área que utiliza estes pavimentos;
- b) desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em 40% (quarenta por cento) a área de telhado drenada;
- c) desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem – reduzir em 80% (oitenta por cento) a área de telhado drenada;
- d) aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em 80% (oitenta por cento) as áreas drenadas para as trincheiras” (PORTO ALEGRE, 2006).

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Como etapa inicial deste trabalho, realizou-se a revisão bibliográfica dos temas referentes à drenagem urbana, à insustentabilidade do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais e possibilidades de incentivo ao uso de soluções de drenagem sustentável (os dispositivos LID), inseridos no contexto da remuneração pelo serviço.

Na classificação dada em função do objetivo da pesquisa, apresentada por Gil (2002), este trabalho tem caráter exploratório, objetivando proporcionar maior familiaridade com o tema e aprimoramento de ideias. Quanto ao procedimento técnico, a pesquisa tem caráter bibliográfico, mas também documental, tendo sido analisados diversos sites, vídeos, relatórios de empresas e reportagens.

A leitura e estudo dos documentos e pesquisas científicas possibilitaram a consolidação de conceitos e a constatação das diferentes maneiras de se estabelecer a remuneração pelo serviço de drenagem urbana realizada mundo afora, tornando possível a proposição de uma metodologia aos moldes dos municípios brasileiros.

Assim, após a coleta e análise de informações sobre os métodos de arrecadação utilizados, principalmente nos Estados Unidos, Canadá e Alemanha, foi possível a definição daqueles que mais se adequavam à realidade brasileira e ao objetivo deste trabalho. Por adequação à realidade brasileira, deve-se entender que embora existam metodologias mais elaboradas e completas, é sabido que os municípios brasileiros, especialmente os de pequeno e médio porte, ainda apresentam uma carência técnica e de gestão, que limitam as possibilidades de escolha. Ademais, toda implementação de nova arrecadação toca no aspecto político e, por isso, deve ser bem trabalhada, apresentando argumentos coerentes e rateamento justo.

Posteriormente à definição de um modelo mais provável de ser implementado no país, foram definidos os resultados esperados, ou seja, o que se deseja obter como *output* ou saída do modelo a ser desenvolvido. Com isso, foi possível determinar os dados de entrada necessários para que se obtivesse os resultados esperados.

Na etapa seguinte, desenvolveu-se, de fato, o modelo de cobrança, que foi estruturado em formato de uma planilha. Acoplado ao banco de dados municipal, o modelo permite alteração do banco, caso solicitado pelo proprietário e analisado pela Prefeitura municipal, e fornece como *output* o preço final por lote (R\$/lote), em função das características dos mesmos.

Com o modelo definido, realizou-se o estudo de caso no município de Itamonte – MG, objetivando-se refinar a metodologia. A escolha deste município se deu pela facilidade de acesso aos dados do Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM de Itamonte e também às imagens aéreas realizadas pelo NEIRU (Núcleo de pesquisa e extensão vinculado à Universidade Federal de Itajubá) no município.

Para melhor entendimento da metodologia, foi elaborada uma ilustração com as etapas realizadas, que foram: pesquisa documental e bibliográfica, análise das possíveis metodologias de arrecadação, definição dos resultados esperados, a definição dos dados de entrada, desenvolvimento de modelo para obtenção dos resultados e estudo de caso, conforme Figura 3.1.

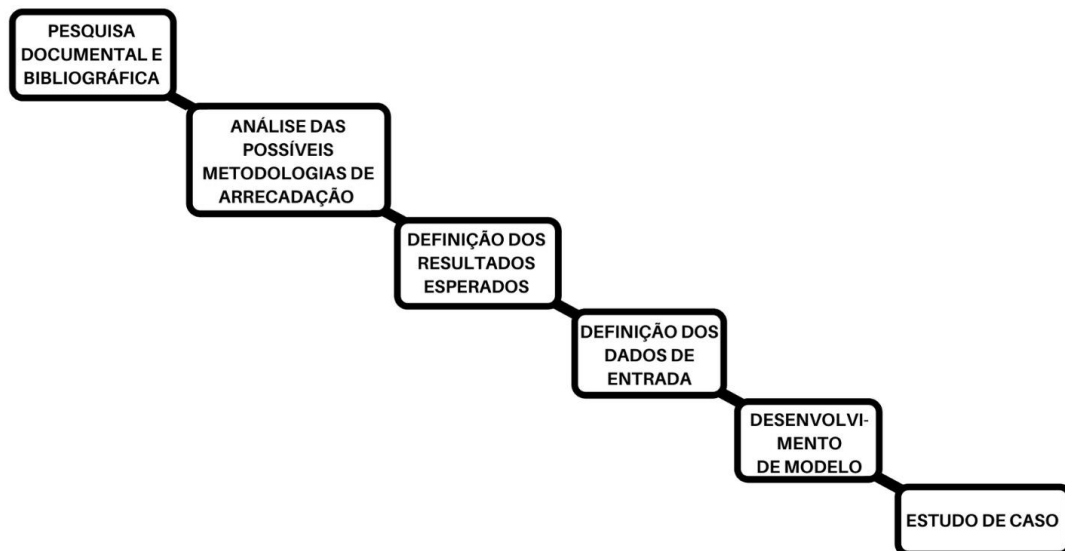


Figura 3.1 - Etapas da metodologia da pesquisa

3.1 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE COBRANÇA

Dado que a Lei nº 14.026 de 2020 determina o método de arrecadação, de maneira que a mesma se dê em função da parcela impermeável da propriedade e da existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva e, levando em conta os conceitos estudados na revisão bibliográfica de metodologias de incentivo utilizadas em outras cidades no mundo, uma proposta de modelo de cobrança pôde ser pensada para esta etapa do trabalho.

O produto deste trabalho se compõe, portanto, de um modelo de cobrança desenvolvido conforme Figura 3.1. A lógica foi estruturada de maneira a se obter, a partir de um banco de dados com informações territoriais municipais, resultados suficientes para inicialização da cobrança e consequente captação de recursos para a manutenção e operação do sistema municipal de drenagem urbana. A Figura 3.2, onde as setas contínuas representam dados de entrada e as setas pontilhadas dados de saída, enquanto cada caixa representa uma etapa do processo, é apresentada de maneira a ilustrar a lógica do modelo. As setas em vermelho referem-se aos dados administrativos e as em azul se referem aos dados dos lotes.

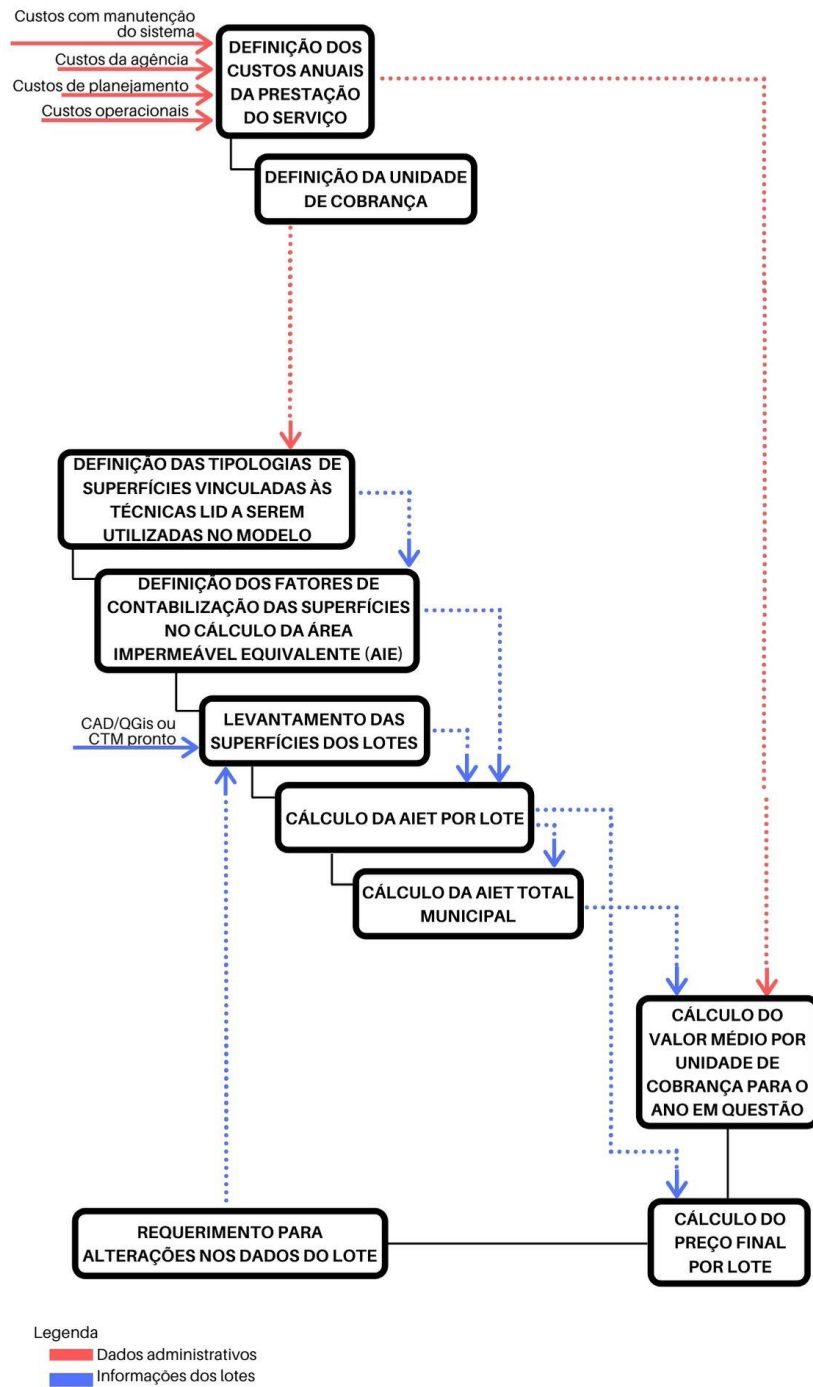


Figura 3.2 – Metodologia da planilha de cálculo

Os tópicos seguintes abordam cada uma das etapas apresentadas na Figura 3.2.

3.1.1 Definição dos custos anuais para prestação do serviço

Para a equalização entre custos e arrecadação, é necessário que se compreenda a estrutura de um sistema de drenagem e que os custos relacionados à prestação do serviço sejam levantados.

No entanto, conforme trazido no tópico 3.2.1 por Tucci (2012), a administração pública normalmente não possui informações sobre os custos relacionados especificamente à drenagem urbana e quando os tem, são comumente subcalculados, pois os serviços prestados são inadequados. Ressalta-se aqui, portanto, a importância para os prestadores do serviço de construir uma base de dados de custos dos seus sistemas.

Os custos envolvidos na prestação e gestão do serviço de DMAPU são diversos. Entre eles estão os custos operacionais, como custo de pessoal e de material, custos da cobrança (ou gerenciais), gastos com mapeamento, compra de imagens e geoprocessamento, gastos com serviços contratados de terceiros, gastos com planejamento (Plano Diretor, Plano Municipal de Saneamento Básico ou Plano de Drenagem Urbana) e os gastos com investimentos em obras.

Estes últimos, de acordo com alguns autores e conforme colocado no tópico 3.2.1, não devem ser incorporados nos cálculos da taxa e devem ser supridos por meio de outras formas de tributação, como os impostos ou contribuição de melhoria (LENGLER e MENDES, 2013). Também existem programas do governo federal que visam financiar empreendimentos ao setor público e privado, estando ações do saneamento básico incluídas nos empreendimentos possíveis. Com relação aos investimentos em manejo de águas pluviais, o programa federal ‘Saneamento para todos’ coloca que estes investimentos devem destinar-se à “promoção de ações com vistas à melhoria das condições de salubridade ambiental associadas ao manejo das águas pluviais, em particular, por meio de promoção de ações de prevenção e de controle de enchentes, inundações e de seus danos nas áreas urbanas e de melhoria da qualidade da água dos corpos que recebem lançamentos de águas pluviais” (BRASIL, 2020b).

Desta maneira, foram definidos os custos que serão dados de entrada no modelo, para que se calcule o gasto total anual do sistema. São eles:

- **Custos da agência/gestão administrativa:** estão relacionados aos custos de emissão de boletos e custos gerenciais (R\$/ano);

- **Custos de manutenção do sistema:** são os custos que o prestador do serviço possui em função de reparos e manutenções no sistema (R\$/ano);
- **Custos operacionais:** estão relacionados aos custos de pessoal, material, combustível e demais materiais de consumo (R\$/ano);
- **Custos envolvidos no planejamento:** estão relacionados à contratação de serviços de geoprocessamento, planos setoriais ou outros projetos relacionados ao planejamento do sistema (R\$/ano).

Para os custos da agência/gestão administrativa, é importante pesquisar em diferentes bancos as opções disponíveis para a emissão de boletos de cobrança. Sugere-se também tentativa de incorporação desta cobrança em outros boletos já emitidos por concessionárias ou autarquias atuantes no município, como aquelas responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário ou fornecimento de energia elétrica ou ainda realizar uma cobrança anual, onde a emissão de boleto se daria somente uma vez ao ano. Estas ações reduzem significativamente os custos de gestão administrativa.

Caso o gestor tenha sua folha de pagamento em algum banco e apresente ao mesmo a necessidade de emitir grande quantidade de boletos, pode-se também negociar reduções no valor para a emissão dos mesmos. Vale colocar que, após pesquisa, o valor médio para emissão de boletos nos maiores bancos brasileiros é de R\$7,10 (ALVARES, 2019), valor este muito alto, podendo afetar o valor final da cobrança de maneira significativa.

3.1.2 Definição da unidade de cobrança

A unidade de cobrança para o serviço de drenagem urbana a ser utilizada no Brasil, seguindo a legislação federal atual, deve ser definida baseando-se na parcela impermeável da propriedade e na existência ou não de dispositivos que amortecem ou retenham o volume de chuva gerado, os chamados dispositivos LID (BRASIL, 2007).

Assim, duas possibilidades se apresentaram: a primeira, onde a cobrança seria realizada em função do metro quadrado impermeável do lote e seriam fornecidos descontos em função dos volumes amortecidos ou retidos pelos dispositivos LID, ou, a segunda, onde a cobrança seria realizada diretamente em função de um parâmetro que já contemplasse a eficiência dos dispositivos LID utilizados nos lotes.

No modelo de cobrança deste trabalho se propõe, então, a utilização da segunda opção, ou seja, a utilização de um novo parâmetro, aqui denominado, **Área Impermeável Equivalente - AIE**, que reflete a área do lote que, de fato, contribui com escoamento para a rede de drenagem. Este modelo se baseia no modelo alemão, apresentado no tópico 3.4.2. Para o cálculo da AIE, foram definidas as diferentes tipologias de superfície em um lote e os fatores de contabilização de cada uma delas no cálculo. Estes passos são expostos nos próximos tópicos.

Uma colocação indispensável de se fazer é que neste trabalho, foi denominado “Lote” parcela de área municipal com delimitações definidas e usos diversos, não estando limitados a usos residenciais, e sendo, portanto, uma das parcelas territoriais do município.

3.1.3 Definição das tipologias de superfícies vinculadas às técnicas LID a serem utilizadas no modelo

Tendo sido definido o parâmetro AIE, a etapa seguinte deu-se pela definição das diferentes tipologias de superfície que podem ser consideradas em um lote. A partir da pesquisa documental realizada neste trabalho, foi possível perceber como são diversas as possibilidades de segmentação destas tipologias, como apresentado nos tópicos 2.2 e 2.4.

Na Alemanha, por exemplo, Hamburgo apresenta uma tabela com 14 diferentes considerações para o cálculo do valor cobrado, conforme Tabela 2.10. Pforzheim, outra cidade alemã, aposta em um modelo um pouco mais simples, com 9 possíveis superfícies, conforme Tabela 2.11.

No entanto, como colocado anteriormente, também faz parte deste trabalho entender as limitações da realidade dos municípios brasileiros na gestão municipal, e não só isso, entender também as barreiras culturais ainda existentes no país, no que diz respeito à utilização dos dispositivos LID em lotes. Por isso, foi proposto um modelo mais simples, onde se definiu os 3 dispositivos LIDs mais prováveis de serem utilizados no Brasil para a definição das tipologias de superfícies a serem consideradas, sendo eles os pisos permeáveis, os reservatórios de lote, também chamados de tambores, e os telhados verdes.

Assim, foram cinco as possíveis diferentes áreas a serem consideradas em um lote. Ressalta-se que, como a definição das áreas impermeáveis e permeáveis é feita inicialmente por meio de imagem aérea, o que se contabiliza é, na realidade, a projeção destas áreas. Este padrão deve ser seguido para delimitação das demais áreas do lote. Foram definidas as:

- Áreas impermeáveis - áreas totalmente impermeáveis como as asfaltadas e concretadas;
- Áreas permeáveis – áreas totalmente ou quase totalmente permeáveis, com pisos drenantes como concreto permeável e asfalto poroso e alguns blocos vazados, gramados e áreas vegetadas (com solos não compactados);
- Áreas impermeáveis conectadas à reservatórios de lote – o volume do reservatório é levado em consideração;
- Áreas parcialmente permeáveis – de paralelepípedo, de piso de pedras intercaladas com grama;
- Áreas de telhado verde – com espessura mínima de 20cm.

Obviamente, a soma de todas essas áreas deve resultar na área total do lote. Embora sejam estas as superfícies aqui utilizadas, é importante salientar que é possível, caso assim deseje o gestor, incorporar novas tipologias de superfícies ao modelo. Salienta-se que técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto avançadas podem ser melhor incorporadas na delimitação destas diferentes superfícies.

3.1.4 Definição dos fatores de contabilização das superfícies no cálculo da AIE

Com os tipos de superfícies definidos, foi necessário então estabelecer os fatores de contabilização para AIE associados a cada uma delas. Este processo foi realizado levando em conta pesquisas documentais e em websites de concessionárias que aplicam metodologia análoga, além da análise do tópico 3.3.2, que diz respeito à eficiência das técnicas LID.

Os fatores de contabilização das superfícies na AIE relacionam-se, portanto, ao valor estimado de quanto aquela área contribui com o escoamento gerado no lote, que refletirá na área a ser considerada na cobrança. Exemplificando: a área impermeabilizada contribui em 100% para a AIE, pois todo ou quase todo o escoamento gerado encaminha-se para a rede de drenagem, e por isso tem como valor de seu fator 1,00. De maneira análoga, a área totalmente permeável não deve ser levada em consideração no cálculo final da AIE de um lote porque, de maneira geral, não contribui com escoamento para a rede, sendo o seu fator de contabilização igual a zero.

As áreas de telhado verde e de piso permeáveis, de acordo com as pesquisas realizadas nos utilitários alemães, tem fator de contabilização definidos entre 0,40 e 0,50. Definiu-se assim um fator de contabilização para AIE de 0,50 para estas duas tipologias.

Para as áreas impermeáveis conectadas à reservatórios de lote, um estudo um pouco mais robusto para a definição do fator de contabilização na AIE foi realizado. Isto foi necessário pois não é suficiente que se informe somente a área conectada ao reservatório, mas também a capacidade do mesmo, uma vez que um reservatório com baixa capacidade volumétrica não consegue atender grandes áreas impermeáveis.

Utilizando o método racional, da hidrologia, podemos calcular qual o volume necessário para um reservatório atender determinada área. A vazão de pico é calculada pela equação:

$$Q = 0,278CiA$$

(Equação 3.1)

Onde:

Q - vazão máxima em m³/s

i - intensidade de precipitação em mm/h

A - Área de drenagem em km²

c - coeficiente de runoff

O valor de i, referente a intensidade de precipitação varia de local para local, e é calculado por:

$$i = \frac{K * TR^a}{(t_c + b)^c}$$

(Equação 3.2)

Onde:

K, a, b e c são constantes locais

TR – tempo de retorno em anos

t_c – tempo de concentração

Para a aplicação da (Equação 3.1), deve-se definir os valores de c, A e i. Como estamos estudando uma área totalmente impermeável, o valor do coeficiente de *runoff* c é 1,0. O Tempo

de retorno considerado foi de 10 anos. O valor de A corresponde ao valor da área impermeável que procuramos atender com o reservatório, e i deve ser calculado conforme local estudado.

O volume do reservatório será dado então pela área do triângulo observado na Figura 3.3, do gráfico Q x t_c , assim:

$$V_{\text{reservatório}} [m^3] = \frac{(2t_c) * Q}{2} = t_c * Q$$

Onde:

V – volume do reservatório em m^3

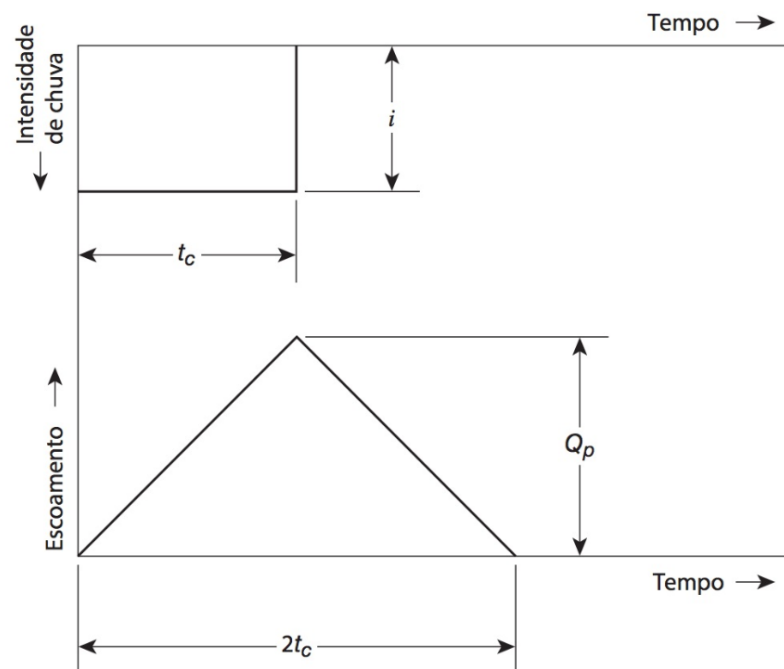


Figura 3.3 – Relação de intensidade de chuva para o escoamento em uma bacia de drenagem impermeável, de acordo com o método racional

Fonte: Gribbin (2014)

Estes cálculos foram realizados para os municípios de São Paulo, Natal, Manaus e Porto Alegre, municípios que tem suas equações de intensidade de chuva no banco do software PLUVIO (Universidade Federal de Viçosa, 2020), e resultaram nos valores apresentados na Tabela 3.1. A escolha destes municípios foi feita em função de suas localizações, uma ao sul do país, outra ao norte, outra no nordeste e outra no sudeste, observando a variação dos resultados em cada local.

Tabela 3.1 – Volume de reservatório necessário para atender áreas permeáveis de acordo com método racional

Área Imper. [m ²]	Volume do reservatório [m ³]			
	São Paulo	Porto Alegre	Manaus	Natal
10	0,65	0,57	0,62	0,57
20	1,30	1,13	1,24	1,13
30	1,95	1,70	1,87	1,70
40	2,60	2,26	2,49	2,27
50	3,25	2,83	3,11	2,83
60	3,90	3,39	3,73	3,40
70	4,55	3,96	4,35	3,97
80	5,20	4,52	4,97	4,53
90	5,86	5,09	5,60	5,10
100	6,51	5,65	6,22	5,67
110	7,16	6,22	6,84	6,23
120	7,81	6,78	7,46	6,80
130	8,46	7,35	8,08	7,37
140	9,11	7,91	8,71	7,93
150	9,76	8,48	9,33	8,50
160	10,41	9,04	9,95	9,07
170	11,06	9,61	10,57	9,63
180	11,71	10,17	11,19	10,20
190	12,36	10,74	11,81	10,77
200	13,01	11,30	12,44	11,33

Foi possível perceber que a cada m³ de reservatório, a área impermeável atendida seria em média 20m², não tendo esse valor sido tão divergente entre as diferentes localidades. Assim, definiu-se que o fator de contabilização para áreas com reservatório de lote seria dado pela redução do valor de área conectada em 20m² a cada m³ de capacidade de reservatório.

Assim, os fatores de contabilização são resumidos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Resumo dos fatores de contabilização para AIE

Tipo de Superfície	Fator de contabilização para AIE
Área Impermeável	1,0
Área Permeável	0,0
Área Impermeável conectada à reservatório de lote	Redução de 20m ² a cada 1m ³ de reservatório
Área parcialmente permeável	0,5
Área de telhado verde	0,5

A AIE será então calculada a partir da seguinte formulação:

$$AIE = (\text{ÁreaImpermeável} * 1,0) + (\text{ÁreaParcialmentePermeável} * 0,5) + (\text{ÁreaTelhadoVerde} * 0,5) + (\text{ÁreaImpermeávelConectadaReservatório} - 20 * V_{\text{reservatório}})$$

(Equação 3.3)

A definição dos fatores de contabilização se mostra como uma das mais importantes etapas do processo de criação do modelo de cobrança, uma vez que tem o potencial de moldar o comportamento do usuário do sistema para que o mesmo reflita sobre a redução da AIE do seu lote, através da a instalação e utilização de dispositivos de drenagem urbana sustentável.

3.1.5 Levantamento das superfícies dos lotes

A etapa seguinte se refere ao levantamento das superfícies dos lotes. Como anteriormente colocado, é importante que o município que venha utilizar este modelo de cobrança detenha um Cadastro Territorial Multifinalitário, CTM. Quando não for o caso, é uma oportunidade para começar a criá-lo.

O CTM, conforme Pereira (2009), é a informatização de um banco de dados públicos sobre as propriedades municipais, que permite a visualização de forma gráfica e a organização dos dados, em um sistema cartográfico preciso e de qualidade.

Portanto, a ideia do cadastro é reunir informações cartográficas a informações alfanuméricas como uso do solo, proprietário do lote, número de pavimentos em um único banco de dados. Além de suas funções fiscal e jurídica, pode ser considerado também um importante instrumento de planejamento territorial municipal.

É importante entender o que são as “parcelas territoriais”, que juntas formarão o CTM. Um CTM completo é aquele que possui a área do município idêntica à superfície cadastrada. Os lotes, as glebas, as vias públicas, as praças, lagos e rios devem ser também parcelas do CTM. Cada parcela recebe um código identificador que deve servir também como chave de acesso para as informações cadastradas e para a interligação do CTM com os cadastros temáticos (BRASIL, 2010). Conforme o mesmo documento, as primeiras bases de dados foram desenvolvidas para que se pudesse calcular o IPTU a ser pago pelo proprietário, enquanto hoje a base de dados é mais completa, contemplando diversas informações sobre as parcelas.

Para que se torne possível a delimitação das parcelas territoriais, é importante que o município detenha ou contrate fotos aéreas da área municipal, ou ao menos da área urbana, com

alta resolução. É imprescindível que o CTM do município que se utilizará da metodologia deste trabalho tenha minimamente as seguintes informações:

- Número do lote/Código identificador
- Inscrição do IPTU do lote
- Área total do lote (m²)
- Área Construída do lote (m²)
- Área Pavimentada do lote (m²)
- Proprietário
- Endereço

Outros campos importantes para o CTM dizem respeito ao uso e ocupação do lote e valor venal do terreno.

Como pode observar-se, nem todas as tipologias de superfícies definidas para o modelo estão listadas. Isto porque este banco de dados, inicialmente, certamente não contemplará quais parcelas territoriais contam com telhados verdes, reservatórios de lote e outros dispositivos LID. Normalmente, o processo de adição de mais estes dados no banco de dados é realizado em conjunto com a população, que deve solicitar ao gestor do sistema, via requerimento, modificação das superfícies do seu lote, sendo um processo auto declaratório, com verificação por parte do gestor do sistema. Assim, com o tempo, o CTM municipal deverá contar também com estas informações mais:

- Área parcialmente permeável (m²)
- Área de telhado verde (m²)
- Área conectada a reservatório de lote (m²)
- Volume do reservatório de lote (m³)

3.1.6 Cálculo da AIET de cada lote, AIE total municipal e valor médio por unidade de cobrança

Com o banco de dados de informação dos lotes construído, o cálculo da AIE por lote pode ser realizado, a partir da (Equação 3.3). A AIE total municipal é dada pelo somatório das AIEs de todos os lotes considerados no modelo, normalmente os lotes da área urbana conforme (Equação 3.4).

$$AIE_{total} = \sum AIE_{lotes}$$

(Equação 3.4)

Como colocado no tópico 3.1.2, é a AIE a unidade de cobrança definida para o modelo. Portanto, cada lote terá sua taxa definida a partir da sua AIE.

O passo seguinte é dado pelo cálculo do preço médio a ser pago por unidade de cobrança. Esse cálculo é realizado pela equação:

$$Preço\ médio\ [\frac{R\$}{m^2 AIE}] = \frac{Somatório\ dos\ custos\ anuais\ para\ prestação\ do\ serviço\ [R\$]}{AIE\ total\ municipal\ [m^2]}$$

(Equação 3.5)

O valor médio do m² de AIE, ou seja, a unidade de cobrança, é aquele que gera a arrecadação necessária para que o valor de todos os custos seja coberto. Assim, se todo lote realizar devidamente o pagamento, o valor total arrecadado será supostamente o valor necessário para cobrir estes custos.

3.1.7 Cálculo dos preços finais por lote

O cálculo dos preços finais por lote é dado pelo equacionamento entre o AIE do lote e o preço médio por AIE. Assim:

$$Preço\ do\ lote\ "N"\ [R\$/ano] = AIE_{lote\ N}\ [m^2 AIE] * Preço\ médio\ [\frac{R\$}{m^2 AIE}]$$

(Equação 3.6)

3.1.8 Preparação do modelo para inserção de mudanças nos dados dos lotes conforme solicitação dos proprietários e análise do prestador do serviço

Seguindo todas as etapas apresentadas, a planilha produto já está estruturada. Ela conta com uma aba referente aos custos para a prestação do serviço, outra com o banco de dados dos lotes e uma terceira aba com os cálculos da AIE para cada lote e sua taxa mensal de contribuição de cada lote.

O passo seguinte é, então, torná-la passível de adição e modificação de dados. Para isso, foi feito um algoritmo no *Visual Basic Applications – VBA*, capaz de realizar as ações

necessárias para visualizar e alterar os dados sem que se precise de profissional especializado em computação ou programação. Para melhor entendimento de como o algoritmo do modelo foi desenvolvido, um fluxograma é apresentado na Figura 3.4.

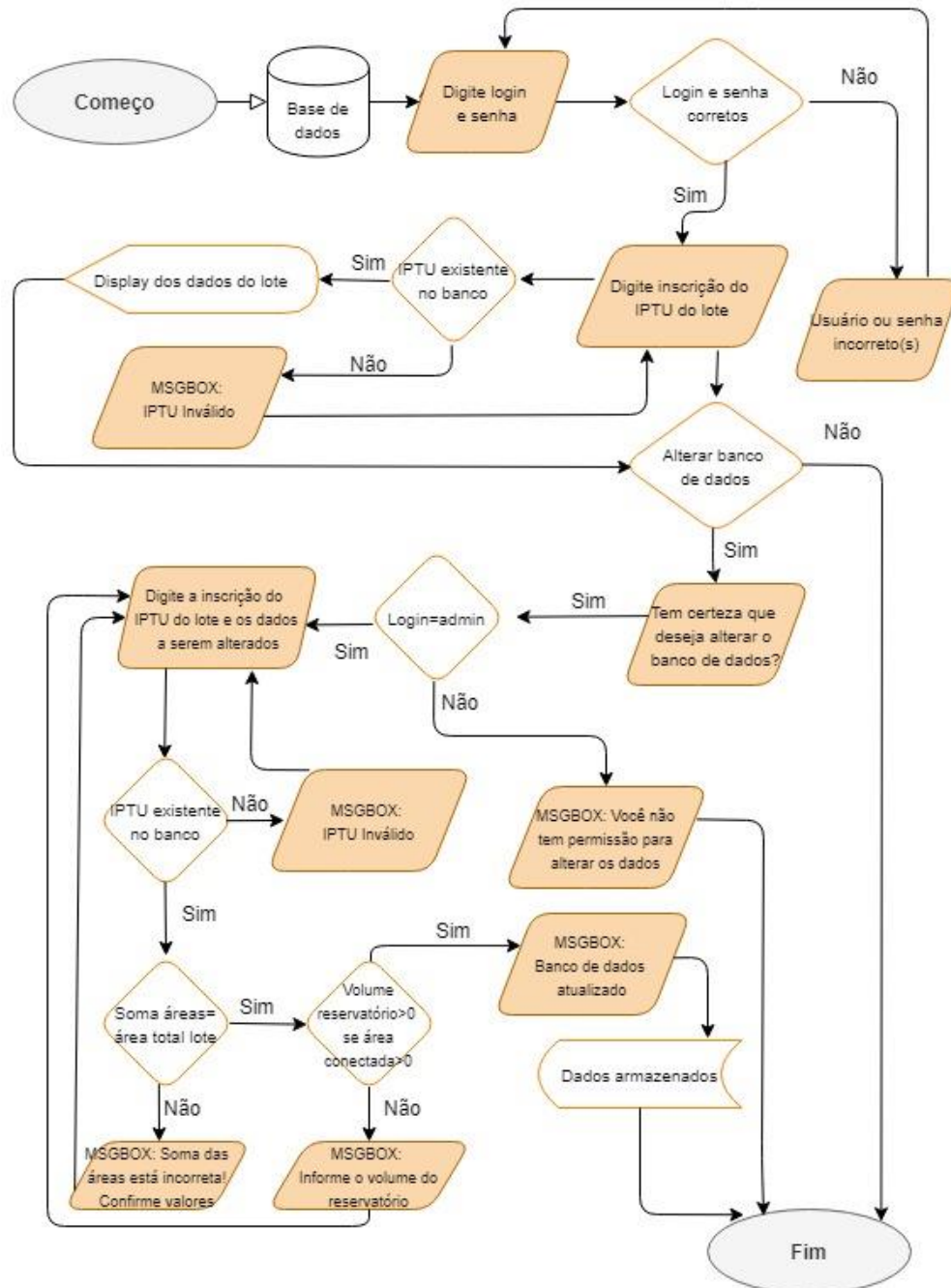


Figura 3.4 - Fluxograma do algoritmo utilizado no VBA

O botão para acessar ou alterar os dados fica disponível na aba de cálculos e quando pressionado, uma janela solicitando os dados de acesso aparecerá, apresentada na Figura 3.5. Pode-se adicionar quantos usuários quanto se deseje, e é ideal que cada usuário do sistema detenha um *login* e cadastro. Portanto, caso sejam 3 os funcionários que terão acesso ao sistema,

devem ser três os diferentes usuários de acesso. Isto porque assim, pode-se, caso necessário, verificar o responsável por alguma alteração específica. Além disso, é necessário que haja pelo menos um “*admin*”, que terá atribuições para, além de acessar o banco de dados, também alterá-lo. No modelo, foram criados os *logins* “*user1*”, “*user2*”, “*user3*” e “*admin*”, todos com senha “1234”, sendo que os *users* possuem atribuição de somente visualizar e consultar os dados, enquanto o *admin* possui atribuição de também modificá-los. Pode-se haver mais de um login com atribuição de alterar os dados, caso necessário.



Figura 3.5 – Demonstração da janela de login para acesso ao banco de dados

Caso o *login* e senha informados estejam incorretos, o programa apresenta a mensagem de “Usuário ou senha incorreto(s)”, voltando a tela de acesso. Caso contrário, a janela seguinte se abrirá e nela o usuário deverá informar o IPTU do lote para que sejam apresentadas as informações atuais presentes no banco de dados sobre as superfícies do lote e a taxa de drenagem paga, apresentada na Figura 3.6.

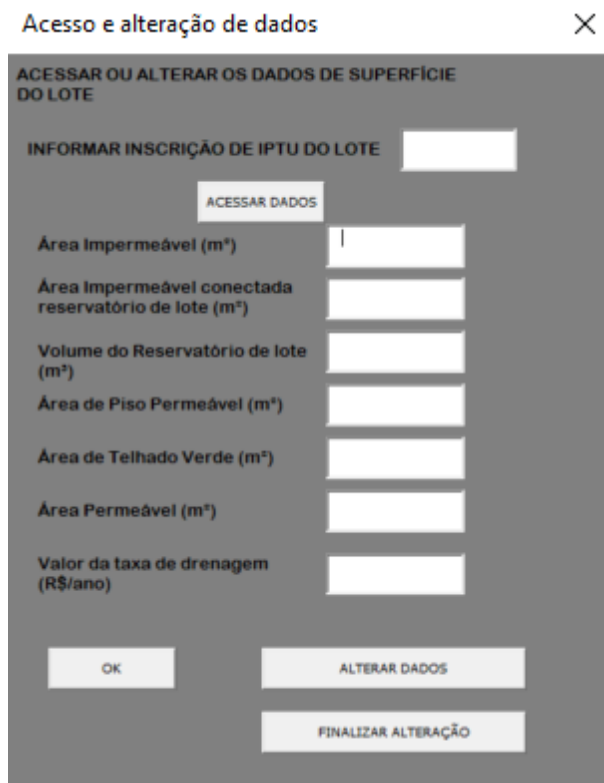


Figura 3.6 - Janela de acesso ou alteração dos dados

Se o intuito é somente de visualização dos dados, o usuário pode apertar OK, e a janela se fechará. Caso o intuito seja alterar os dados, o usuário deve seguir as instruções fornecidas, que são “para alterar os dados modifique os valores das áreas das superfícies e confirme alteração”. A alteração dos dados acarretará mudança definitiva no banco de dados e só deve ser realizada após recebimento de solicitação de alteração de dados e posterior verificação da veracidade dos mesmos, o que deve ser feito preferencialmente por meio de visita *in loco* nos lotes.

Caso tenha se decidido pela alteração do banco de dados, os novos valores das áreas devem ser informados, o botão para confirmar alteração pode ser apertado. As alterações só serão realizadas caso o usuário logado seja o admin ou algum com os mesmos níveis de permissão. Isso fornece ao modelo o nível maior de confiabilidade e segurança. Além disso, outras duas condições foram colocadas: a primeira é que o somatório das áreas fornecidas deve ser equivalente à área do lote e a segunda é que se o campo de área impermeável conectada à reservatório for maior que zero, ou seja, se existir área impermeável, deve-se obrigatoriamente informar o volume do reservatório.

Com o banco de dados modificado, a mensagem “Banco de dados modificado com sucesso” será exibida. Caso contrário, o usuário deparará com a mensagem “Você não tem permissão para alterar os dados”, como apresentado na Figura 3.7.

Com os dados do lote alterados, a AIE e a taxa de drenagem serão automaticamente atualizadas.

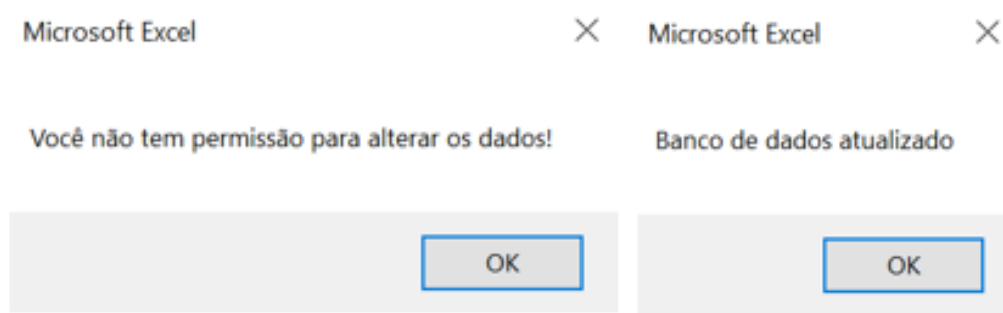


Figura 3.7 - Possíveis mensagens na tentativa de alteração no banco de dados

3.1.9 Proposta de requerimento para alteração de dados de superfície do lote

Conforme explicado nos itens anteriores, o banco de dados será alimentado, ao longo do tempo, também pelos pedidos de alterações realizados pelos proprietários. Esse processo é realizado, ou de maneira “difusa”, conforme os proprietários decidam solicitar as alterações, ou por um movimento organizado do gestor do sistema, que pode enviar os requerimentos para todos os proprietários, por meio de cartas, solicitando que o completem até certa data.

Uma proposta de requerimento foi elaborada para exemplificação. Nela, o proprietário deve informar a inscrição do IPTU para identificação do lote no banco de dados, assim como as superfícies existentes no lote. É solicitado também um croqui da área, onde o proprietário deve indicar as superfícies existentes.

Com o requerimento em mãos, o gestor deve realizar a devida verificação da veracidade dos dados, idealmente *in loco*, para que então os dados sejam adicionados ao banco. O requerimento sugerido é apresentado na Figura 3.8.



**Prefeitura X/
Autarquia X/
Empresa X**

Dados de contato do prestador
de serviço

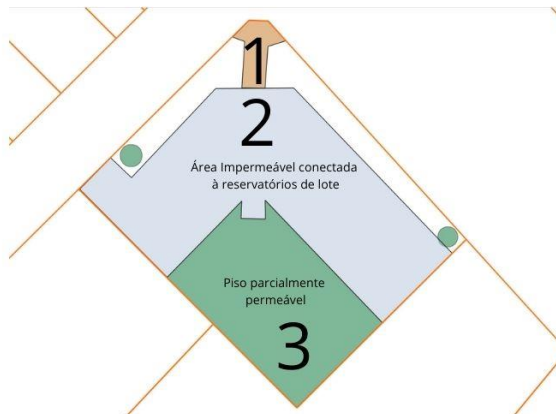
Endereço
Website
telefone
Email

SOLICITAÇÃO DE ALTERAÇÃO DE DADOS DE SUPERFÍCIE DE LOTE PARA CONTABILIZAÇÃO DE ÁREA TRIBUTÁVEL NA TAXA DE DRENAGEM

Data:

Inscrição do IPTU:

CROQUI - INDICAR SUPERFÍCIES AQUI



Área da superfície ou Volume tambor			
Superfícies	Valores atuais	Solicitação de alteração para	Indicação
Área impermeável	662,1+363,6+31,4 m²	31,4m²	1
Área impermeável conectada à reservatório de lote	0 m²	662,1m²	2
Área de piso permeável	0 m²	363,6m²	3
Área de telhado Verde	0 m²	100m²	–
Volume do Reservatório de lote/tambor	0 m³	2+2m³	

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Eu, _____, portador da carteira de identidade nº _____, inscrito no CPF sob o nº _____, residente e domiciliado na Cidade _____, à Rua _____, com inscrição de IPTU nº _____, DECLARO que as informações acima prestadas são verdadeiras e autênticas (fieis à verdade e condizentes com a realidade atual).

Eu, _____, servidor do Município de _____, DECLARO que as informações prestadas pelo requerente são coerente e foram conferidas no local, caso necessário, ou pelas fotos aéreas e DECLARO estar em concordância com as mudanças das informações do lote no banco de dados municipais.

Figura 3.8 - Proposta de requerimento de alterações de dados do lote

3.1.10 Área de Estudo

A área de estudo selecionada foi o município de Itamonte - MG, cuja população estimada para 2019 foi de 15.579 habitantes (IBGE, 2019). A área total do município é de 431,792 km² e cerca de 74% da população possui esgotamento sanitário adequado. Quanto às vias públicas, aproximadamente 52% delas são urbanizadas (IBGE, 2020).

A localização de Itamonte é ao sul do Estado de Minas Gerais, conforme Figura 3.9, sendo um dos 853 municípios do Estado. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do município é de 0,705 (PNUD, 2010), o salário médio mensal dos trabalhadores formais é de 2,1 salários mínimos (IBGE, 2017) e o percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até ½ salário mínimo é de 33,1% (IBGE, 2010).

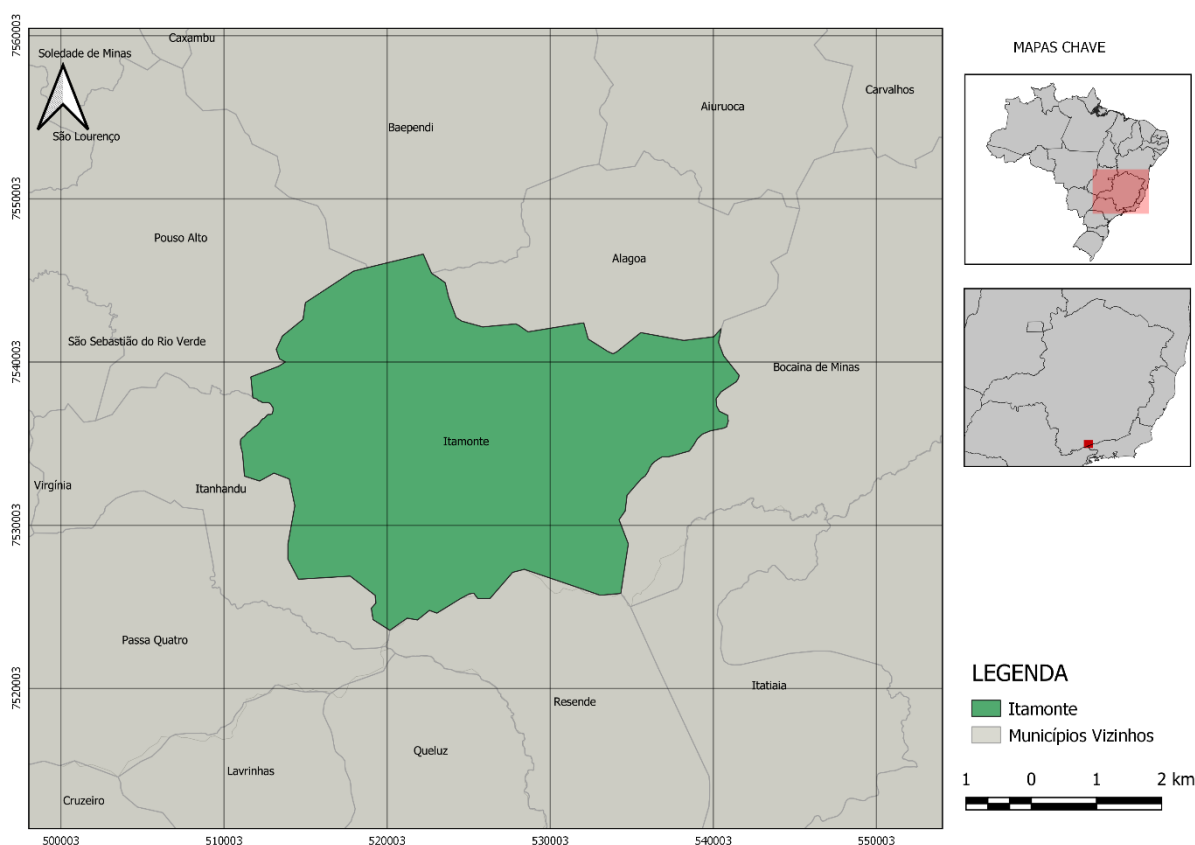


Figura 3.9 - Mapa de localização de Itamonte – MG
Fonte: Elaboração própria

Itamonte é município integrante da Bacia Hidrográfica do Rio Grande e tem parte do seu território na sub-bacia do Alto do Rio Grande (GD1) e parte do território na sub-bacia do Rio Verde (GD4). O Rio Capivari, que corta a área urbana, é afluente do Rio Verde (IGAM, 2016a e IGAM, 2016b).

De acordo com Costa (2017), o município não conta com rede de drenagem exceto no eixo lateral à pista da BR-354. Nesta área foi feita a implantação da rede quando as obras na BR-354 foram realizadas. Outro dado é que a rede de drenagem construída acaba funcionando como rede mista, pois existem inúmeros lançamentos ilegais de esgoto na rede de drenagem.

Em Itamonte - MG a rede de drenagem municipal se compõe somente por sarjetas, pois as vias urbanas não possuem rede de drenagem subterrânea e os novos loteamentos devem apresentar rede de drenagem, mas há dificuldades de monitorar e fiscalizar as obras (informação verbal)¹.

Com relação aos instrumentos de ordenação territorial, Itamonte não possui Plano Diretor nem qualquer outro plano setorial, como Plano Municipal de Saneamento Básico, de Mobilidade, de Drenagem ou de Habitação. Ressalta-se, no entanto, que, por ser um município com população inferior a 20.000 habitantes, não existe a obrigatoriedade de possuir um Plano Diretor.

De acordo com informações fornecidas pela prefeitura municipal, o município tem um Código de Obras, instituído pela lei nº1.148 de novembro de 1991, e, portanto, com quase 30 anos. Este código, em seu capítulo X, Art. 31º, dá a exigência de que o terreno seja preparado de modo a permitir o franco escoamento das águas pluviais para a via pública (Itamonte, 1991).

Alguns dados do SNIS, fornecidos pelo próprio município referentes ao ano de 2015 são apresentados na Tabela 3.3.

¹ Contato telefônico com secretário municipal de Planejamento e Desenvolvimento Territorial de Itamonte – MG em maio de 2020

Tabela 3.3 – Informações sobre DMAPU do município de Itamonte referentes ao ano de 2015 – Área de estudo

Secretaria ou Setor responsável – Nome	-	Secretaria de Obras, Infraestrutura e Transportes
Secretaria ou Setor responsável - Natureza jurídica	-	Administração pública direta
Área territorial total	km ²	431,79
Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas	km ²	8
População total residente	habitante	15136
População urbana residente	habitante	10390
Quantidade total de unidades edificadas existentes na área urbana	unidade	5152
Quantidade total de domicílios existentes na área urbana	domicílio	4701
Existe alguma forma de cobrança ou de ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU?	sim / não	[N] Não
Quantidade de pessoal próprio alocado nos serviços de DMAPU	pessoa	12
Quantidade de pessoal terceirizado alocado nos serviços de DMAPU	pessoa	6
Quantidade total de pessoas alocadas nos serviços de DMAPU	pessoa	18
Receita total do município	R\$/ano	28.758.236,32
Formas de custeio	-	Recursos do orçamento geral do município
Tipo de sistema de drenagem urbana	-	Unitário (misto com esgotamento sanitário)
Existe cadastro ou demarcação de marcas históricas de inundações?	sim / não	[S] Sim
Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?	sim / não	[S] Sim
O mapeamento é parcial ou integral?	parcial / integral	Parcial
Qual percentual da área total do município está mapeado?	%	De 1% a 25%
Tempo de recorrência (ou período de retorno) adotado para o mapeamento	anos	10
Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação	domicílio	2000

Fonte: BRASIL (2017)

4. RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTO DOS CUSTOS ANUAIS PARA A PRESTAÇÃO DO SERVIÇO

Para levantamento dos custos, contactou-se a Prefeitura Municipal de Itamonte e solicitou-se dados referentes aos custos anuais para a prestação do serviço no ano de 2019. No entanto, foi relatado que não possuíam nenhuma informação concreta sobre o serviço de drenagem municipal e que não responderiam o SNIS referente ao ano em questão.

Uma outra possibilidade para obtenção destes dados seria utilizar os dados que a Prefeitura declarou no SNIS referentes ao ano de 2015, passando os valores para o presente. Porém, estes dados se mostraram contraditórios e decidiu-se por não os utilizar.

A solução foi então estudar maneiras de estimar-se estes custos. Estas estimativas têm seu raciocínio abordado nos tópicos a seguir:

- **Custos da agência/gestão administrativa:** relação entre número de lotes pagantes e valor da emissão de boletos, sendo o número de lotes, para efeito de cálculo, considerado 5000 e o valor admitido para cada boleto de R\$4,00, resultando em aproximadamente R\$20.000 (considerando cobrança anual única). No entanto, conforme colocado, idealmente a cobrança deverá ser realizada por meio da sua incorporação em outros boletos, como o de abastecimento de água ou coleta e tratamento de esgoto, o que possibilitaria cobrança mensal sem sobrecarregar os custos gerenciais;
- **Custos de manutenção do sistema e custos operacionais:** para a estimativa destes custos, diversas adversidades foram percebidas. Não foi possível encontrar na literatura referências numéricas a estes custos, nem tampouco foi possível encontrar na base de dados do SNIS municípios de mesmo porte que haviam fornecido dados coerentes (utilizando a função filtro no *Excel* para somente municípios de Minas Gerais com habitantes entre 15.000 e 20.000, os valores das despesas variavam de 0 a R\$155.688.00, sem apresentarem qualquer padrão entre eles). Assim, a estimativa realizada levou em conta o porte do município e valores considerados mais adequados para tal realidade, resultando em um valor de aproximadamente R\$52.800 a.a. para pessoal (2 encarregados e 5hs de engenheiro por semana), R\$12.000 de combustível a.a., R\$25.000 a.a. de material e R\$15.000 de outras despesas não planejadas, totalizando em R\$104.800 no ano;

• **Custos envolvidos no planejamento:** estimou-se um valor de R\$120.000 para o serviço de mapeamento municipal sendo que estes projetos podem ser pagos normalmente em um prazo de 1 ou 2 anos. Itamonte realizou serviço de mapeamento em 2019, mas este serviço deve ser realizado em média a cada 4 anos. Como estimativa, adotou-se um valor de R\$30.000 no ano inicial direcionado a ações de planejamento. Planos diretores e de saneamento Básico podem ser rateados com demais setores da administração municipal.

4.2 LEVANTAMENTO DAS SUPERFÍCIES DOS LOTES

O levantamento das superfícies dos lotes diz respeito, como colocado no capítulo anterior, à delimitação das diferentes áreas de um lote, como as áreas construídas e pavimentadas, que compõem a área impermeável, e as áreas permeáveis. Este é o primeiro passo para a construção do banco de dados necessário para que o modelo possa rodar.

Para que a delimitação seja feita, faz-se o uso de fotografias aéreas, como a da Figura 4.1, tiradas a partir de sobrevoos da área. No caso deste trabalho, já existia um banco de dados inicial, com lotes e áreas construídas delimitadas, resultado de um projeto realizado pelo NEIRU – Núcleo Estratégico Interdisciplinar em Resiliência Urbana, ligado à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), com a intenção de regularizar a cobrança do IPTU no município. O Cadastro Imobiliário Multifinalitário se deu, portanto, pela criação de um banco de dados estruturado com as informações do lote solicitadas pelo município e fornecidas em documentos orientativos.

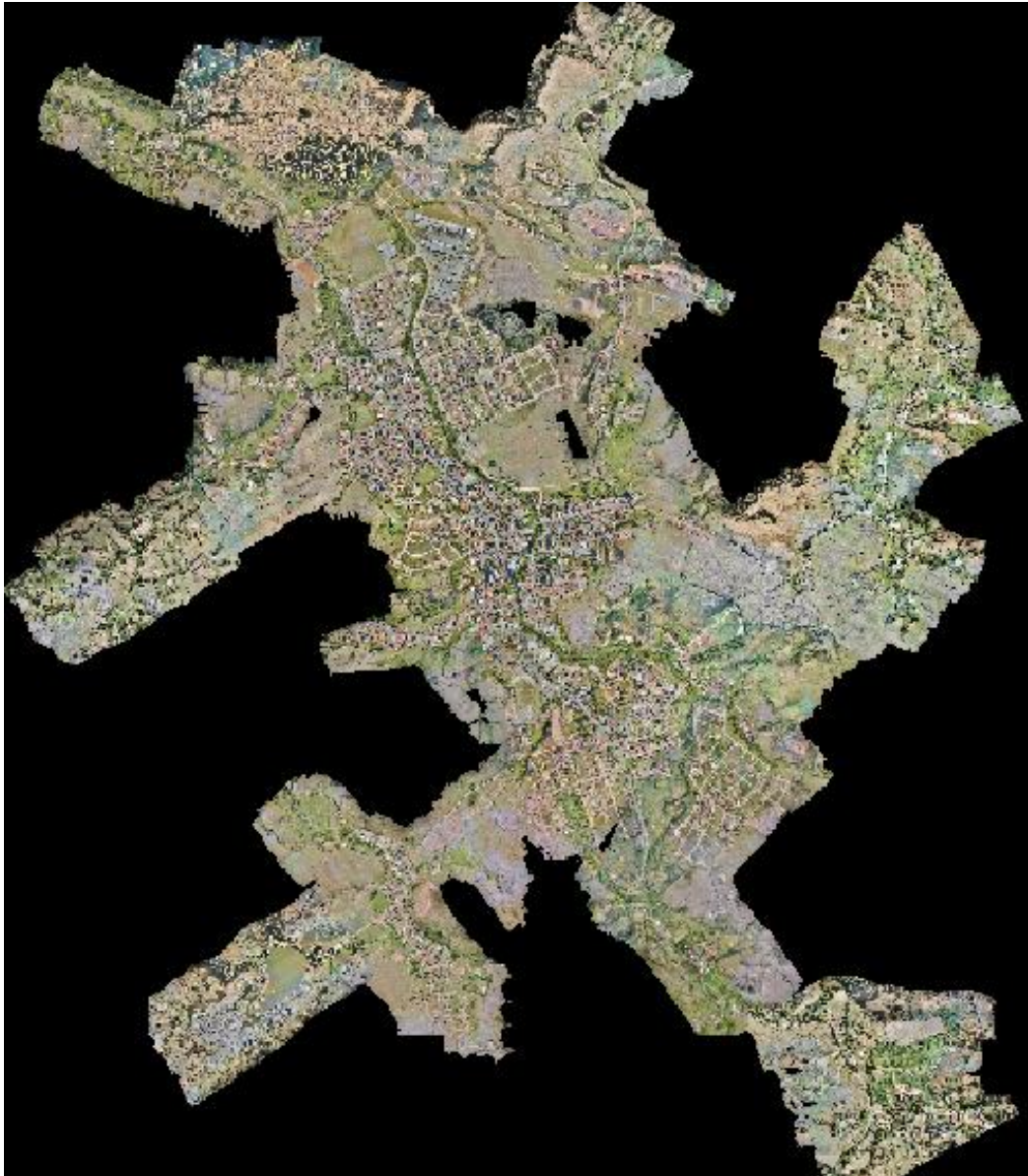


Figura 4.1 – Ortofoto área urbana de Itamonte – MG
Fonte: Acervo de Itamonte (2019)

No trabalho realizado pelo NEIRU em Itamonte, foi criado um banco de dados espacial no PostGis, que é um software gratuito de banco de dados em SQL. A delimitação dos lotes, vias públicas e áreas construídas, informações do banco de dados, foi feita manualmente com a utilização do software CAD e depois exportada para o software de geoprocessamento Qgis, que é livre e pode ser utilizado pela Prefeitura sem qualquer custo.

Para a cobrança do IPTU, conforme Itamonte (2014), se utiliza como base de cálculo o valor venal do imóvel, dado por:

- Para terrenos pela multiplicação da sua área pelo valor do metro quadrado do terreno
- Para prédios pela multiplicação da área construída pelo valor unitário do metro quadrado da edificação

Observa-se que o parâmetro área impermeável ou área pavimentada não é abordado neste cálculo, mas é necessário no caso de uma cobrança de drenagem urbana. Como a delimitação de todas as áreas pavimentadas do limite da área de estudo se mostrou custoso e improvável, decidiu-se por utilizar o trabalho de Costa (2017), também referente ao município de Itamonte – MG, onde foi feita a delimitação das áreas pavimentadas.

Entretanto, este trabalho foi realizado somente na parcela norte da área urbana, contendo aproximadamente 10% do total dos lotes desta área. A área contemplada pelo trabalho de Costa (2017) é apresentada na Figura 4.2.



Figura 4.2 – Área de estudo do trabalho de Costa (2017) em Itamonte – MG
Fonte: Costa (2017)

No caso deste trabalho, as delimitações dos lotes e das áreas construídas e das áreas pavimentadas foram realizadas também no CAD, conforme Figura 4.3, e posteriormente importadas para o software de uso livre QGIS.



Figura 4.3 – Processo de delimitação de lotes, áreas construídas e áreas pavimentadas em Itamonte – MG
Fonte: Costa (2017)

Os dados dos 10% de lotes da área urbana com as áreas pavimentadas delimitadas no trabalho de Costa (2017) foram utilizados como amostragem, para que se pudesse propagar as médias das áreas pavimentadas deste grupo de lotes no restante da área urbana, levando em conta a tipologia de uso do lote, conforme Figura 4.4. Este processo foi necessário para que se obtivesse a AIET do município e ainda que não tenha sido exata, forneceu um valor plausível para o estudo de caso.

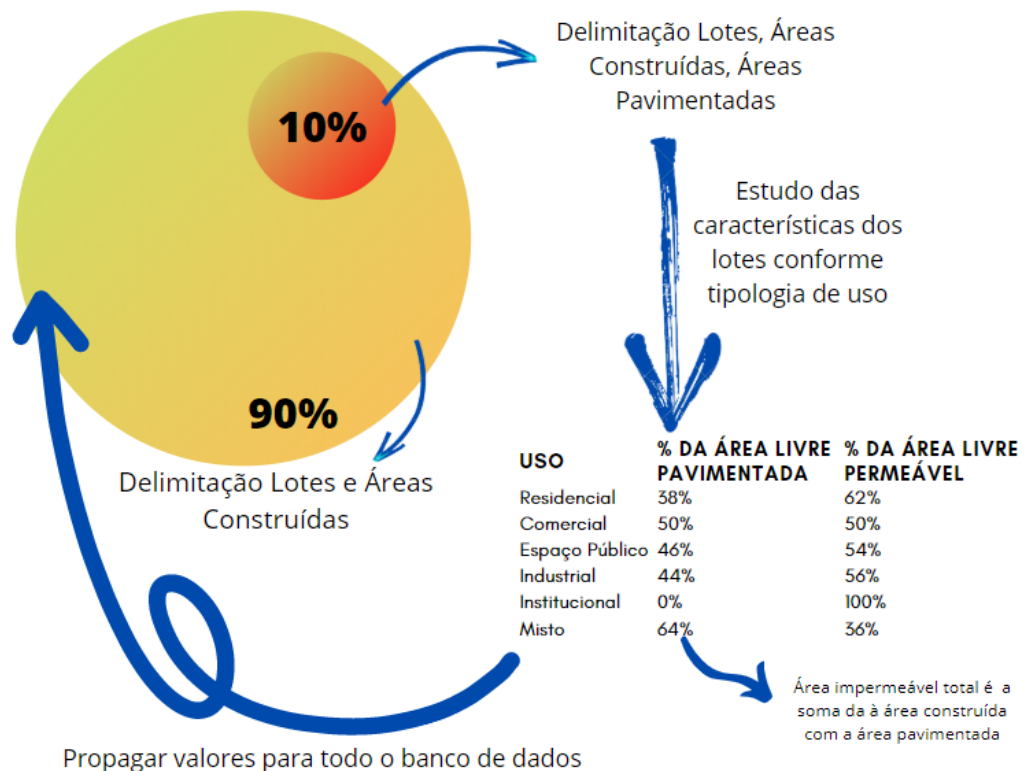


Figura 4.4 – Representação de processo realizado para complementação do banco de dados

Para esta propagação, foi utilizado o PgAdmin do PostGis, onde codificou-se em linguagem SQL as ações a serem feitas. Assim, a informação “área pavimentada” e por conseguinte “área impermeável total” foi incorporada a todo o banco de dados.

```
SELECT lotes.id,
       lotes.geom,
       round(lotes.area::numeric, 2) AS area,
       round(lotes.areacob::numeric, 2) AS areacob,
       lotes.latitude,
       lotes.longitude,
       lotes.cod_lat,
       lotes.cod_lon,
       lotes.cod_latd,
       lotes.cod_lond,
       lotes.cod_lote,
       lotes.bairro,
       lotes.unidades_imobiliarias,
       COALESCE(ueos.ueos, 1) AS ueos,
       CASE
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 1 THEN round((0.38::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 2 THEN round((0.5::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 3 THEN round((0.46::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 4 THEN round((0.44::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 5 THEN round((0.0::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 6 THEN round((0.64::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         ELSE NULL::numeric
       END AS area_pavimentada,
       CASE
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 1 THEN round((0.62::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 2 THEN round((0.50::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 3 THEN round((0.54::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 4 THEN round((0.56::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 5 THEN round((1::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         WHEN COALESCE(ueos.ueos, 1) = 6 THEN round((0.36::double precision * (lotes.area - lotes.areacob))::numeric, 2)
         ELSE NULL::numeric
       END AS area_permeavel
FROM lotes
LEFT JOIN ueos_por_lote ueos ON lotes.id = ueos.id;
```

Figura 4.5 – Código utilizado no PgAdmin para propagação dos valores de área pavimentada e área permeável

Embora fosse possível a utilização do PostGis para a continuação do trabalho, optou-se por exportar o banco de dados existente para o Excel. Esta escolha deu-se para facilitar o processo, uma vez que o Excel possui uma interface um tanto mais fácil e atrativa para uso da Prefeitura e não se necessitaria de codificações em SQL. No entanto, não se deve descartar reprodução do modelo, em momento futuro, no banco de dados existente no PostGis, o que poderá ser feito por especialista em programação.

No Excel, foram ainda criados novos campos, considerados necessários e/ou interessantes para o controle do processo, como campo para o proprietário do lote, a data da última alteração de dados realizada e o responsável por tal alteração. Na Tabela 4.1, são apresentados todos os campos utilizados no estudo de caso e também apresentadas a situação de cada campo de informação, podendo ser existente (colunas completas com estas informações), existente passível de modificação (colunas completas com estas informações, porém passíveis de modificação conforme novos campos forem sendo alimentados com dados), a ser informado (colunas inicialmente sem informação, dados a serem complementados via

alterações por solicitação) e gerados automaticamente (coluna onde os dados são gerados pelo manuseio do sistema). As colunas Inscrição do IPTU e Proprietários foram simuladas, mas seriam classificadas como existentes em caso real. A inscrição de IPTU em Itamonte é dada por um código, somente numérico, de 15 dígitos.

Tabela 4.1 – Informações do Banco de Dados e caracterização

1	INSCRIÇÃO IPTU	Existente (Simulado)
2	ID	Existente
3	BAIRRO	Existente
4	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	Existente
5	ÁREA TOTAL DO LOTE	Existente
6	ÁREA IMPERMEÁVEL	Existente, passível de modificação
7	ÁREA IMPERMEÁVEL CONECTADA À RESERVATÓRIO DE LOTE	A ser informado
8	ÁREA DE PISO PERMEÁVEL	A ser informado
9	ÁREA TELHADO VERDE	A ser informado
10	VOLUME DO RESERVATÓRIO/TAMBOR	A ser informado
6	ÁREA PERMEÁVEL	Existente, passível de modificação
11	PROPRIETÁRIO	Existente (Simulado)
13	DATA ÚLTIMA ALTERAÇÃO	Gerado automaticamente
14	RESPONSÁVEL PELA ALTERAÇÃO	Gerado automaticamente

No caso dos campos com informações “a serem informadas”, o modelo roda inicialmente como se este valor equivalesse a zero, e conforme o banco é alimentado, o modelo atualiza os dados. Assim, de início, todos os lotes têm área impermeável conectada a reservatório de lote, área de piso impermeável e área de telhado verde iguais a zero. Como colocado no item 3.1.8, a proposta de requerimento é utilizada exatamente para alimentar o banco de dados com informações sobre as técnicas LID utilizadas em cada lote, para que se possa calcular a AIE com maior precisão.

Desta forma, conforme os proprietários dos lotes forem dando entrada com requerimentos para atualização dos dados do seu lote, o banco de dados ficará mais completo e o cálculo das áreas impermeáveis equivalentes mais coerentes com a realidade.

Com relação às informações de uso e ocupação do solo, foi utilizada uma codificação, na qual o número 1 equivale aos lotes residenciais, 2 aos lotes de uso de comércio e serviços, 3 a espaços públicos e institucionais, 4 industrial, 5 lotes rurais, 6 sem uso e 7 outros (NEIRU, 2019).

4.3 CÁLCULO DA AIET DE CADA LOTE, DA AIE TOTAL MUNICIPAL, DO VALOR MÉDIO POR M² AIE

O cálculo da AIET total de cada lote foi realizado no Excel, considerando as colocações assumidas no tópico 3.1.4, onde a área impermeabilizada tem fator de contabilização para AIE do lote de 100%, área permeável de 0%, área parcialmente permeável e área de telhado verde de 50% e a área impermeável conectada à reservatório de lote o valor de sua metragem quadrada reduzido de 20m² a cada 1m³ de capacidade de reservação.

O valor da AIE total municipal é calculado pela soma das AIEs de todos os lotes. Como resultado destes cálculos, foi obtido um valor de AIE total municipal de 177.583m². Rateando os custos anuais por cada m² de AIE, obteve-se o valor unitário de R\$0,15m²AIE/ano.

Como a apresentação dos resultados para todo o conjunto de lotes não é possível, foram escolhidos 4 lotes de usos diversos para que seja possível realizar uma análise dos resultados. Os lotes selecionados são os de id2551, id2959, id3061 e id2677, são apresentados nas Figura 4.6, Figura 4.7, Figura 4.8 e Figura 4.9 e suas informações são apresentadas na Tabela 4.2.

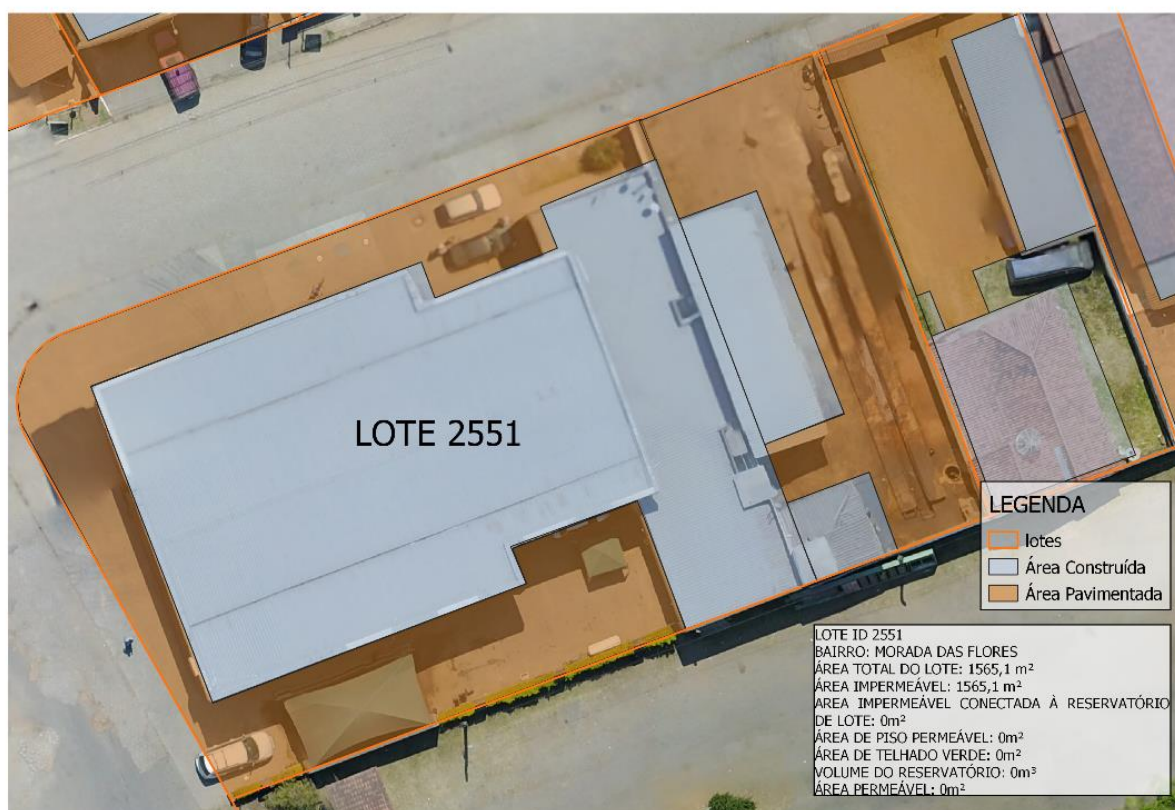


Figura 4.6 – Lote id2551 Cenário 0



Figura 4.7 – Lote id2677 Cenário 0



Figura 4.8 – Lote id2959 Cenário 0

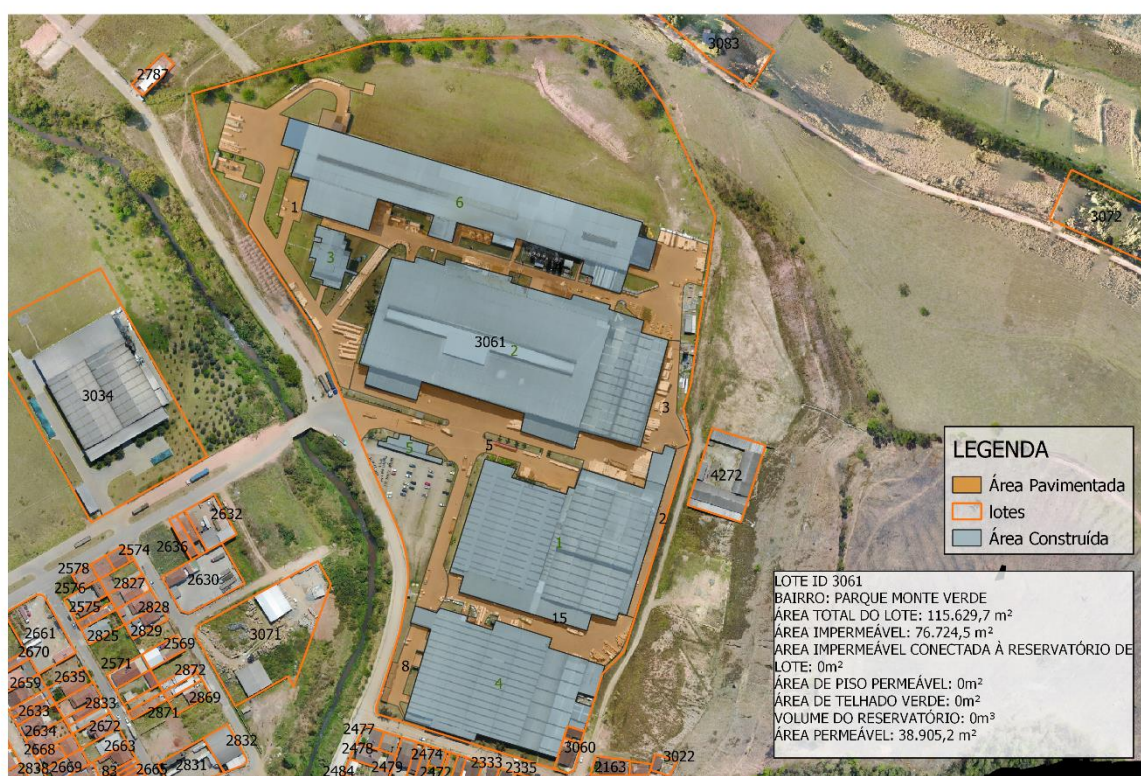


Figura 4.9 – Lote id3061 Cenário 0

Tabela 4.2 – Informações dos lotes selecionados

INSCRIÇÃO IPTU	550590485203373	627653991797216	468007288416693	460950858205953
Id	2959	2551	3061	2677
BAIRRO	PARQUE MONTE VERDE	MORADA DAS FLORES	PARQUE MONTE VERDE	MORADA DO BOSQUE
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	1	4	4	3
ÁREA TOTAL DO LOTE (m²)	420,0	1565,1	115.629,7	1132,5
ÁREA IMPERMEÁVEL (m²)	242,6	1565,1	76.724,5	447,1
ÁREA IMPERMEÁVEL CONECTADA À RESERVATÓRIO DE LOTE (m²)	0	0	0,0	0,0
ÁREA DE PISO PERMEÁVEL (m²)	0	0	0	0
ÁREA TELHADO VERDE (m²)	0	0	0	0
VOLUME DO RESERVATÓRIO/TAMBOR (m³)	0	0	0	0
ÁREA PERMEÁVEL(m²)	177,4	0	38.905,2	685,4
PROPRIETÁRIO	Benício	Ana	Beatriz	Márcia
DATA ÚLTIMA ALTERAÇÃO				
RESPONSÁVEL PELA ALTERAÇÃO				

Estas informações se encontram na aba “Banco Dados Lotes” e o cálculo na AIE de cada lote é feito em ambiente separado, na aba “Cálculos”. Os valores da AIE dos lotes selecionados são apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Cálculo da AIE e das taxas de drenagem dos lotes selecionados

INSCRIÇÃO IPTU	id	AIE (m ²)	Taxa do lote (anual)	Taxa do lote (mensal)
550590485203373	2959	247,5	R\$ 37,13	R\$ 3,09
627653991797216	2551	1.109,6	R\$ 166,44	R\$ 13,87
468007288416693	3061	76.724,5	R\$ 11.508,68	R\$ 959,06
460950858205953	2677	721,4	R\$ 108,21	R\$ 9,02

4.4 SIMULAÇÃO DE ALTERAÇÃO DE DADOS DE LOTES

Neste tópico, objetiva-se entender como a utilização das técnicas LIDs podem reduzir o valor a ser pago pelo proprietário, enquanto a propriedade contribui também para a sustentabilidade ambiental do sistema de drenagem, melhoria dos sistemas de saneamento e para a resiliência do município.

Para cada um dos 4 lotes selecionados no tópico anterior, foram criados cenários para análise destas mudanças. Para o lote de id2959, uso residencial, o cenário A.1 foi definido considerando a utilização do telhado verde na área construída, o cenário A.2 considerando a conexão da área de telhado a um reservatório de lote de volume 2500L e o cenário A.3 considerando também a conexão da área de telhado a um reservatório de lote de volume 2500L com a utilização de piso semi permeável na área de garagem e área externa. Os cenários do lote id2959 são ilustrados na Figura 4.10.



Figura 4.10 – Cenários lote id2959

Os resultados obtidos para estes cenários são apresentados na Tabela 4.4. A redução percentual observada para cada cenário foi de 30,3%, 20,6% e 40,27% para os cenários A.1, A.2 e A.3 respectivamente.

Tabela 4.4 – Cenários lote id2959

Cenário	id	SOLUÇÕES ADOTADAS	AIE (m²)	Taxa do lote (anual)	Taxa do lote (mensal)	Redução
A.0	2959	INICIAL	242,61	R\$ 36,39	R\$ 3,03	-
A.1	2959	TELHADO VERDE	169,00	R\$ 25,35	R\$ 2,11	30,34%
A.2	2959	CONECTADO A RESERVATÓRIO LOTE	192,61	R\$ 28,89	R\$ 2,41	20,61%
A.3	2959	CONECTADO A RESERVATÓRIO LOTE + PISO SEMI PERMEÁVEL	144,92	R\$ 21,74	R\$ 1,81	40,27%

Para o lote de Id 2551, com feições de um posto de gasolina, foram definidos o cenário B.1 no qual a cobertura da área construída é conectada a um reservatório de lote de volume considerável (15.000L), pensando na posterior lavagem de carros com esta água coletada e o cenário B.2 no qual se simulou a taxa considerando além do reservatório do lote, que a área de lavagem dos carros teria piso semi permeável. Os cenários são apresentados de forma ilustrativa na Figura 4.11 e os resultados na Tabela 4.5.



Figura 4.11 – Cenários lote id2551

Tabela 4.5 – Cenários lote id2551

Cenário	id	SOLUÇÕES ADOTADAS	AIE (m²)	Taxa do lote (anual)	Taxa do lote (mensal)	Redução
B.0	2551	INICIAL	1.565,1	R\$ 234,76	R\$ 19,56	-
B.1	2551	COBERTURA PRINCIPAL CONECTADA A RESERVATÓRIO LOTE	1.265,1	R\$ 189,76	R\$ 15,81	19,17%
B.2	2551	COBERTURA PRINCIPAL CONECTADA A RESERVATÓRIO LOTE & PISO PERMEÁVEL NO LOCAL DE LAVAGEM DE CARROS	1.142,6	R\$ 171,39	R\$ 14,28	26,99%

Para o lote de id2551, atingiu-se uma redução de até 27% do valor da taxa inicial no cenário B.2, onde considerou-se a área de cobertura principal conectada a um reservatório de 15m^3 e também piso permeável na área de lavagem de carros. Por ser local de possível vazamento de óleo e outros produtos, é importante que sejam bem estudadas as técnicas adotadas.

Para o lote de id 3061, um lote de uso industrial com área total do terreno de 115623m^2 , foram simulados 4 cenários. No cenário C.1, foi considerado que 50% da área edificada seria área de telhado verde, no cenário C.2 que seriam instalados pisos semi permeáveis em 50% da área externa, no cenário C.3 que reservatórios de 15m^3 seriam conectados a cada área edificada (total de 6) e no cenário C.4 que 50% da área edificada seria área de telhado verde e 2 que seriam instalados pisos semi permeáveis em 50% da área externa. Os cenários são ilustrados na Figura 4.12 e os resultados na Tabela 4.6.



Cenário C.1

Soluções simuladas: Telhado Verde - em 50% da área edificada ($26.086,9\text{m}^2$)

Cenário C.3

Soluções simuladas: Reservatórios de 15m^3 conectados a cada um dos 6 (seis) prédios

Cenário C.2

Soluções simuladas: Pisos Semi Permeáveis em 50% da área externa pavimentada ($12.275,3\text{m}^2$)

Cenário C.4

Soluções simuladas: Telhado Verde - em 50% da área edificada ($26.086,9\text{m}^2$) e Pisos Semi Permeáveis em 50% da área externa pavimentada ($12.275,3\text{m}^2$)

Figura 4.12 – Cenários lote id3061

Tabela 4.6 – Cenários lote id3061

Cenário	id	SOLUÇÕES ADOTADAS	AIE	Taxa do lote (anual)	Taxa do lote (mensal)	Redução
C.0	3061	INICIAL	76.724,5	R\$ 11.508,68	R\$ 959,06	-
C.1	3061	TELHADO VERDE EM 50% DA ÁREA EDIFICADA	63.681,1	R\$ 9.552,16	R\$ 796,01	17,00%
C.2	3061	PISOS SEMIPERMEÁVEIS EM 50% DA ÁREA EXTERNA	70.586,9	R\$10.588,03	R\$ 882,34	8,00%
C.3	3061	RESERVATORIOS DE 15M ³ CONECTADOS A CADA PREDIO	74.924,5	R\$11.238,68	R\$ 936,56	2,35%
C.4	3061	PISOS SEMIPERMEÁVEIS EM 50% DA ÁREA EXTERNA & TELHADO VERDE EM 50% DA ÁREA EDIFICADA	57.543,4	R\$ 8.631,51	R\$ 719,29	25,00%

A simulação de somente 50% das áreas edificadas como telhados verdes deu-se pois normalmente galpões de fábricas não possuem estrutura suficiente para aplicação dos telhados verdes, sendo por vezes constituídos somente de estruturas de telhas metálicas. Neste cenário, C.1 a redução foi de 17% do valor inicial. Observa-se que para o lote industrial, os reservatórios de lote, simulados no cenário C.3, não apresentaram influência significativa no valor da taxa, reduzindo-a em não mais que 3%. No cenário C.4, combinando telhados verdes e pisos semipermeáveis, a redução foi de 25% do valor inicial. Fica evidente que, especialmente para casos como este, de grandes empreendimentos, para efeito de incentivo, outras soluções devem ser também consideradas como valas de infiltração e jardins de chuva, que podem ser construídos nas áreas de estacionamento, pequenas bacias de retenção, sistemas de água de reuso entre outros.

O último lote selecionado, id2677, foram propostos dois cenários, D.1 onde foram simulados a utilização de reservatório de lote e piso permeável para a área externa e D.2 onde foi simulado a utilização do telhado verde, juntamente com piso semi permeável para área externa. A ilustração dos cenários é apresentada na Figura 4.13 e os resultados na Tabela 4.7. O cenário D.1, no qual a área construída de 428m² é conectada à reservatório de lote de 2m³ e a área externa resultou em uma redução de 12%, valor este que poderia aumentar conforme aumento do volume do reservatório instalado. No cenário D.2, a redução foi máxima, no valor de 50%, uma vez que toda área impermeável foi substituída ou por telhado verde ou por piso-semipermeável.



Cenário D.1

Soluções simuladas: Área construída conectada à reservatório de lote (418,3m² e 2000L) e piso semi permeável em área externa (28,8m²)

Cenário D.2

Soluções simuladas: Área construída com telhado verde (418,3m²) e piso semi permeável em área externa (28,8m²)

Figura 4.13 – Cenários lote id2677

Tabela 4.7 – Cenários lote id2677

Cenário	id	SOLUÇÕES ADOTADAS	AIE (m²)	Taxa do lote (anual)	Taxa do lote (mensal)	Redução
D.0	2677	INICIAL	447,1	R\$ 67,06	R\$ 5,59	-
D.1	2677	CONECTADO A RESERVATÓRIO LOTE + PISO SEMI PERMEÁVEL	392,7	R\$ 58,90	R\$ 4,91	12,16%
D.2	2677	TELHADO VERDE + PISO SEMI PERMEÁVEL	223,5	R\$ 33,53	R\$ 2,79	50,00%

4.5 CURVA DE INCIDÊNCIA

A incidência dos valores da taxa de drenagem entre as propriedades também foi simulada para o caso de Itamonte – MG, objetivando-se compreender a proporção de propriedades que contribuem com os limites de valores definidos na análise. Foi plotado um gráfico que relaciona o valor da taxa no eixo x e a porcentagem de lotes no eixo y, apresentado na Figura 4.14.

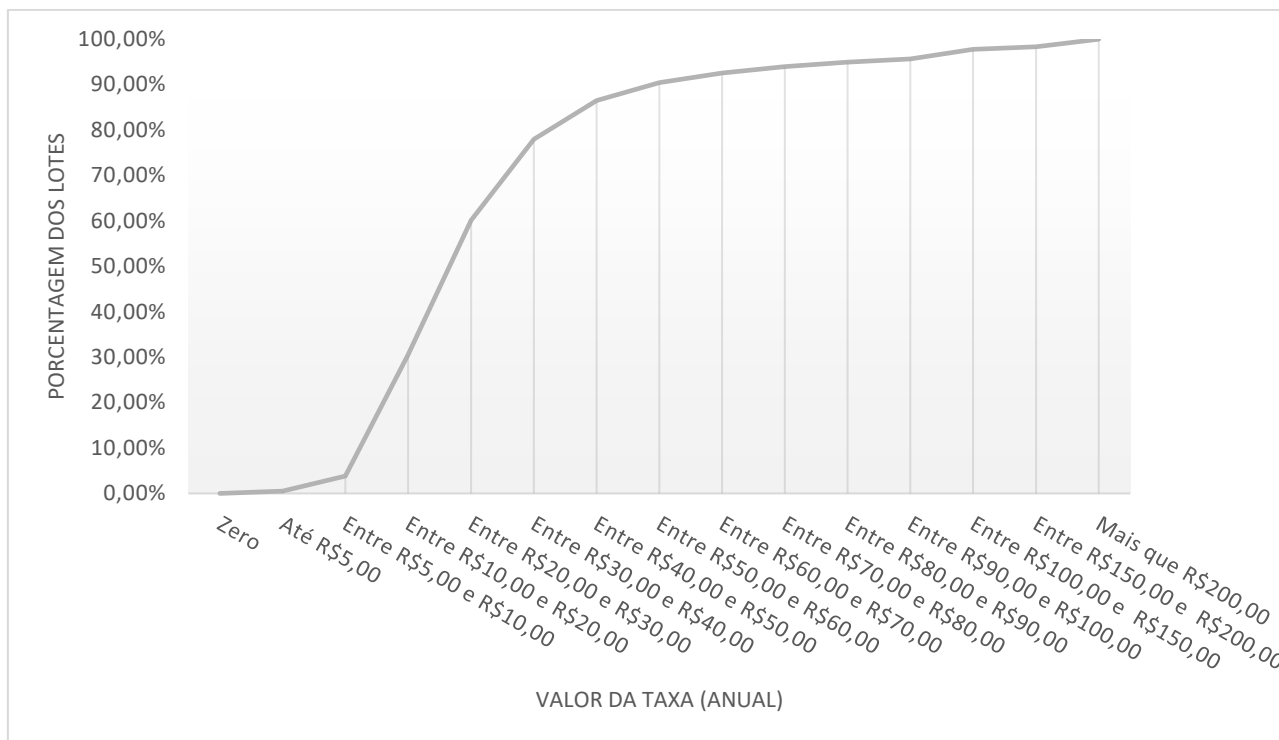


Figura 4.14 – Curva de incidência

A partir da análise do gráfico, percebe-se que cerca de 60% dos lotes de Itamonte contribuiriam com até R\$30,00 por ano e cerca de 90% deles com valores inferiores a R\$70,00 anuais. Somente 4,5% dos lotes teriam uma taxa maior que R\$100,00 ao ano, sendo estes os lotes de maiores áreas impermeáveis, ou seja, aqueles que possuem alto potencial de contribuição de escoamento para a rede de drenagem municipal.

4.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade foi realizada na tentativa de se perceber como se dariam as alterações nos valores de “valor unitário da AIE” e valor da “arrecadação” em função da alteração de outros dois parâmetros utilizados no modelo, ou seja, entender o grau de sensibilidade do modelo perante mudanças nos seus parâmetros de entrada.

Para realização da análise de sensibilidade, utilizou-se a ferramenta do excel “Teste de hipóteses – Tabela de dados” que solicita as células de entrada da linha e da coluna e os valores a serem alterados para construir a tabela com todos os possíveis resultados. Além disso, utilizou-se também a formatação condicional com escala de cores para melhor visualização dos resultados.

A primeira tabela de dados se deu pela alteração dos valores do custo de agência (gestão administrativa) e da AIET. Para o custo de agência, considerou-se uma variação de R\$0 (onde

este custo seria inexistente) até um valor de R\$240.000,00 anual (valor que se atingiria se, por exemplo, fossem emitidos boletos mensais para todos os lotes no valor unitário de R\$4,00). Já para a AIET, utilizou-se uma variação de 700.000m² de AIET (aproximadamente metade do valor obtido no tópico 0, ou seja, cenário em que muitas soluções LID estariam sendo colocadas em prática) até 2.600.000m² (aproximadamente o dobro do valor obtido no tópico 0, simulando o crescimento do município). Obteve-se como resultado a Tabela 4.8. Observa-se uma oscilação no valor unitário da AIE de R\$0,07 a R\$0,59.

Tabela 4.8 – Análise de sensibilidade custo de agência (gestão administrativa) e AIET no valor unitário da AIE

Custo de agência x AIET	R\$ 0	R\$ 20000	R\$ 40000	R\$ 60000	R\$ 80000	R\$ 100000	R\$ 120000	R\$ 140000	R\$ 160000	R\$ 180000	R\$ 200000	R\$ 220000	R\$ 240000
700000	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59
800000	0,21	0,24	0,26	0,29	0,31	0,34	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46	0,49	0,51
900000	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,32	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46
1000000	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41
1100000	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,37
1200000	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23	0,24	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,34
1300000	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,30	0,32
1400000	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29
1500000	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27
1600000	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24	0,26
1700000	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,24
1800000	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23
1900000	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22
2000000	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
2100000	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
2200000	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
2300000	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
2400000	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17
2500000	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16
2600000	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16

Em seguida, realizou-se o mesmo procedimento, porém variando agora os valores dos custos de manutenção e de operação do sistema. Este parâmetro foi variado entre R\$0,00 e R\$320.000,00 anuais, obtendo-se a tabela de dados apresentada na Tabela 4.9. A oscilação no valor de unitário da AIE foi de R\$0,002 a R\$0,53.

Tabela 4.9 – Análise de sensibilidade custo de manutenção e operação e AIET no valor unitário da AIE

Custo de manutenção e operação x AIET	R\$ 0	R\$ 20000	R\$ 40000	R\$ 60000	R\$ 80000	R\$ 100000	R\$ 120000	R\$ 140000	R\$ 160000	R\$ 180000	R\$ 200000	R\$ 220000	R\$ 240000	R\$ 260000	R\$ 280000	R\$ 300000	R\$ 320000
700000	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,47	0,50	0,53
800000	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,26	0,29	0,31	0,34	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46
900000	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41
1000000	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37
1100000	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
1200000	0,04	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23	0,24	0,26	0,28	0,29	0,31
1300000	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,27	0,28
1400000	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,25	0,26
1500000	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25
1600000	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22	0,23
1700000	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21	0,22
1800000	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,21
1900000	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
2000000	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
2100000	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
2200000	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
2300000	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16
2400000	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15
2500000	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15
2600000	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14

Novamente, repetiu-se o procedimento com a variação dos custos de planejamento entre R\$0,00 e R\$160.000,00 anuais, obtendo-se a tabela de dados apresentada na Tabela 4.10. Nesta análise, o valor unitário variou entre R\$0,06 e R\$0,46.

Tabela 4.10 – Análise de sensibilidade custo planejamento e AIET no valor unitário da AIE

Custo de planejamento x AIET	R\$0	R\$10000	R\$20000	R\$30000	R\$40000	R\$50000	R\$60000	R\$70000	R\$80000	R\$90000	R\$100000	R\$110000	R\$120000	R\$130000	R\$140000	R\$150000	R\$160000
700000	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44	0,46
800000	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,33	0,34	0,35	0,36	0,38	0,39	0,40
900000	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,35	0,36
1000000	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32
1100000	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29
1200000	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
1300000	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23	0,24	0,25
1400000	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23

1500000	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21
1600000	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20
1700000	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19
1800000	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18
1900000	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17
2000000	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16
2100000	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15
2200000	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15
2300000	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14
2400000	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13
2500000	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13
2600000	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12

De maneira análoga, porém sob nova ótica, realizou-se uma análise da variação do valor da arrecadação a partir da alteração do valor unitário da AIE e o valor total da AIET. Alterando o valor de AIET ainda entre 50% abaixo do estimado em Itamonte e 100% acima, e o valor unitário (R\$/m²AIE) entre R\$0,10 e R\$2,50, obteve-se a Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Análise de sensibilidade do valor unitário da AIE e da AIET no valor arrecadado

Valor unitário AIE x AIET	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	2,00
700000	35.000,00	70.000,00	105.000,00	140.000,00	210.000,00	280.000,00	350.000,00	700.000,00	1.400.000,00
800000	40.000,00	80.000,00	120.000,00	160.000,00	240.000,00	320.000,00	400.000,00	800.000,00	1.600.000,00
900000	45.000,00	90.000,00	135.000,00	180.000,00	270.000,00	360.000,00	450.000,00	900.000,00	1.800.000,00
1000000	50.000,00	100.000,00	150.000,00	200.000,00	300.000,00	400.000,00	500.000,00	1.000.000,00	2.000.000,00
1100000	55.000,00	110.000,00	165.000,00	220.000,00	330.000,00	440.000,00	550.000,00	1.100.000,00	2.200.000,00
1200000	60.000,00	120.000,00	180.000,00	240.000,00	360.000,00	480.000,00	600.000,00	1.200.000,00	2.400.000,00
1300000	65.000,00	130.000,00	195.000,00	260.000,00	390.000,00	520.000,00	650.000,00	1.300.000,00	2.600.000,00
1400000	70.000,00	140.000,00	210.000,00	280.000,00	420.000,00	560.000,00	700.000,00	1.400.000,00	2.800.000,00
1500000	75.000,00	150.000,00	225.000,00	300.000,00	450.000,00	600.000,00	750.000,00	1.500.000,00	3.000.000,00
1600000	80.000,00	160.000,00	240.000,00	320.000,00	480.000,00	640.000,00	800.000,00	1.600.000,00	3.200.000,00
1700000	85.000,00	170.000,00	255.000,00	340.000,00	510.000,00	680.000,00	850.000,00	1.700.000,00	3.400.000,00
1800000	90.000,00	180.000,00	270.000,00	360.000,00	540.000,00	720.000,00	900.000,00	1.800.000,00	3.600.000,00
1900000	95.000,00	190.000,00	285.000,00	380.000,00	570.000,00	760.000,00	950.000,00	1.900.000,00	3.800.000,00
2000000	100.000,00	200.000,00	300.000,00	400.000,00	600.000,00	800.000,00	1.000.000,00	2.000.000,00	4.000.000,00
2100000	105.000,00	210.000,00	315.000,00	420.000,00	630.000,00	840.000,00	1.050.000,00	2.100.000,00	4.200.000,00
2200000	110.000,00	220.000,00	330.000,00	440.000,00	660.000,00	880.000,00	1.100.000,00	2.200.000,00	4.400.000,00
2300000	115.000,00	230.000,00	345.000,00	460.000,00	690.000,00	920.000,00	1.150.000,00	2.300.000,00	4.600.000,00
2400000	120.000,00	240.000,00	360.000,00	480.000,00	720.000,00	960.000,00	1.200.000,00	2.400.000,00	4.800.000,00
2500000	125.000,00	250.000,00	375.000,00	500.000,00	750.000,00	1.000.000,00	1.250.000,00	2.500.000,00	5.000.000,00
2600000	130.000,00	260.000,00	390.000,00	520.000,00	780.000,00	1.040.000,00	1.300.000,00	2.600.000,00	5.200.000,00

Observa-se que a variação do valor arrecadado sofre uma variação muito grande com a modificação do valor das variáveis, pois valor calculado é dado simplesmente pela multiplicação das suas variáveis colocadas, AIET e valor unitário, não sendo influenciado por outras variáveis. A análise mostra também como por exemplo, caso se mantenha a meta de arrecadação e vários lotes reduzam sua AIE por meio da adoção de LID, atingindo um valor de aproximadamente 900.000m² de AIE, que o valor unitário atingiria o patamar nos R\$0,20, R\$0,05 a mais do que o inicialmente simulado.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A instituição de uma taxa de drenagem esbarra em diversos aspectos, entre eles os sociais, jurídicos, ambientais e técnicos. Os aspectos jurídicos foram apresentados de forma breve neste trabalho, mas pode-se dizer que carecem de trabalhos específicos dedicados ao estudo da melhor maneira de se implementar a arrecadação necessária para a criação de um sistema autossustentável. No entanto, dentre os autores que se dedicaram ao assunto, a maior parte deles defende que, entre os tributos, a taxa é a maneira mais coerente e eficiente de cobrar-se pela disponibilização do serviço de drenagem urbana aos moradores de um município

Ademais, a discussão quanto à utilização de incentivos vinculados as taxas de drenagem é defendida em muitos países e foi esta discussão que sucedeu a proposta deste trabalho. O modelo proposto resultou em uma importante ferramenta de tomada de decisão pelo gestor municipal, ferramenta esta que permite a simulação de cenários e entendimento da realidade financeira do sistema municipal de drenagem. A utilização do modelo, onde os custos do sistema e as características de tipologias de superfícies dos lotes se cruzam para a obtenção do valor unitário do m² impermeável equivalente, mostra-se como ferramenta também de incentivo a melhoria da qualidade da água dos cursos hídricos, a atenuação dos picos de cheias, melhoria dos serviços de saneamento e redução nos custos de tratamento de água para usos nobres, por meio do incentivo ao uso das soluções baseadas na natureza.

Como proposto na metodologia, o modelo é adaptável à realidade dos municípios. Assim, caso seja utilizado por um município de pequeno porte, onde as técnicas LID são pouco conhecidas e implementadas, o modelo sugerido atenderá a necessidade do gestor, possibilitando a arrecadação sem modificações necessárias. Caso seja utilizado por municípios maiores, onde talvez outras práticas LIDs, por exemplo o rebaixamento de uma parcela permeável do lote e jardins de chuva sejam mais comuns é possível que o gestor do sistema complemente o modelo com esta opção. Portanto, o modelo será o mais complexo quanto se deseje, e pode-se dizer, mais justo quanto mais complexo for. Mas é importante apresentar um senso crítico quanto sua aplicabilidade pela gestão municipal ou órgão responsável pelo serviço.

Outros exemplos que podem ser citados para serem eventualmente incorporados ao modelo são a inclinação do lote, entendendo que lotes muito íngremes acabam contribuindo com maior e mais rápido escoamento para a rede de drenagem e diferentes valores de contabilização de AIE para diferentes tipos de pisos semi permeáveis, vinculando o desconto

ao piso específico utilizado no lote. No caso deste trabalho, foi adotado um valor médio de fator de contabilização de 50% para pisos semipermeáveis, sem maior distinção entre eles.

Outro ponto a ser discutido é a desconexão da área impermeável do lote da rede de drenagem, que como apresentado, é levado em consideração no cálculo da área efetiva em Leipzig, por exemplo. Esta ação não foi considerada no modelo proposto, pois, na realidade brasileira, não seria uma ação efetiva levando em consideração a realidade de muitos lotes, com grande parcela impermeável, que poderiam sim não conectar sua área de telhado ou pavimentada na rede de drenagem, mas que ainda assim estariam contribuindo com escoamento para a rede de drenagem superficial. Fato este que é dado ao permitir que o escoamento seja direcionado aos passeios, que seguem para as sarjetas, e que não necessariamente são totalmente engolidos pelas bocas de lobo, podendo ao fim contribuir para eventos de alagamentos e/ou inundações.

Observou-se que os lotes de maiores dimensões e com grandes áreas edificadas como o lote de id3067 simulado no capítulo anterior, realmente apresentam maiores valores de cobrança, o que é esperado. Para estes casos, talvez outras soluções devam ser consideradas no incentivo ao uso de técnicas LID como jardins de chuva nos estacionamento, bacias de retenção no lote, trincheiras de infiltração, entre outras. Até porque, são deles grandes contribuições de escoamento geradas em áreas urbanas.

Ademais, o modelo forneceu um valor de R\$0,15 para cada m² de AIE em Itamonte, valor este que gerou uma taxa anual de R\$37,13 para o lote id2959, de área total igual a 420m², R\$166,44 para o lote id2551 de área total 1565m², R\$11.508,68 para o lote industrial id 3061 de 115.630m² e R\$108,21 lote id2677 de 1.132m², lotes estes que foram apresentados nos resultados. Com a implantação das técnicas LID, uma redução de até 50% do valor das taxas pôde ser atingida. Ao analisar a totalidade dos lotes, 60% deles contribuiriam com até R\$30,00 por ano e cerca de 90% deles com valores inferiores a R\$70,00 anuais. Pode-se dizer que são valores que, de maneira geral, não trariam grandes interferências nas rendas familiares. Embora isto tenha seu lado positivo, deve também ser visto como um ponto de atenção, dado que os incentivos em forma financeira podem não ser tão efetivos caso a taxa não tenha valor minimamente significativo para os moradores.

Para os municípios que não possuem rede de drenagem, como o caso de Itamonte – MG, é importante que sejam estudadas possibilidades de financiamento de projetos para obras de drenagem, uma vez que a metodologia proposta não tem objetivo de arrecadar valores para a

implantação do sistema. Um exemplo é o programa Saneamento para Todos do governo federal. Assim, o município contaria com um sistema de drenagem e poderia inicializar a arrecadação necessária para sua manutenção, planejamento, operação e gestão administrativa. Sendo a utilização de técnicas LID uma realidade no município, gastos com canalização e obras de drenagem convencional podem ser reduzidos. Da mesma forma, pode-se incentivar novos empreendimentos a implantarem técnicas LID nas áreas comuns e também áreas loteadas.

Embora tenha se falado a todo momento do município como área de estudo, toda ação que diz respeito a gestão de recursos hídricos apresenta melhores resultados quando se pensa na bacia hidrográfica como área de gestão. Por isso, é importante que ações como esta sejam discutidas no âmbito da bacia. O mesmo pode-se dizer com relação ao estudo de áreas prioritárias para adoção de soluções ou técnicas LID, no território da bacia, pois sabe-se que por exemplo reservatórios de lote são especialmente indicados para áreas mais altas da bacia.

São estes reservatórios de lote que também coletarão água para possível uso posterior², servindo como suprimento adicional de água e, portanto, novamente, sendo importante ponto de discussão no âmbito da bacia hidrográfica. Especialmente para bacias hidrográficas onde a disponibilização de água para abastecimento não é tão trivial, a utilização de soluções como os reservatórios de lote deve ser discutida e estudada. Se atentando a ações como descarte das primeiras chuvas (*first flush*), a utilização da água de chuva para usos menos nobres é vista como uma solução para casos onde o acesso à água potável é escasso e como visto neste trabalho, também uma solução para eventos de picos de chuva.

Outra questão do saneamento que pode ser incorporada nesta discussão diz respeito a perda de eficiência do tratamento de esgoto quando a rede de esgoto recebe águas pluviais durante sua trajetória até a Estação de Tratamento de Esgoto – ETE. Por isto, as redes de drenagem são importantes também para a criação de sistemas separadores, onde o esgoto é coletado em uma rede distinta daquela que coleta as águas pluviais.

Um tópico que também deve ser discutido diz respeito à responsabilidade compartilhada do poder público com os proprietários do lote com relação às técnicas LID adotadas nos lotes. Foram apresentados exemplos onde o poder público concede ajuda financeira na instalação das técnicas LID no lote para que então o proprietário se encarregue de realizar a manutenção necessária e comunicar ao poder público em casos de solução mais crítica. É importante que

² Este uso deverá ser para fins não potáveis como descarga de vaso sanitário, irrigação ou lavagem de pisos.

esta noção de responsabilidade compartilhada seja bem apresentada, discutida e compreendida para que se possa iniciar a implementação destas soluções de lote de forma que o objetivo final de se atenuar os picos de cheia, melhorar a qualidade dos corpos d'águas e realizar a arrecadação necessária para gestão administrativa e operacional tenham seu objetivo atendido.

Para a implementação desta taxa, é importante que cada município observe seu Plano Municipal de Saneamento Básico e elabore um Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, de maneira a viabilizar a cobrança, também editando a legislação complementar para regulamentação da mesma.

Também de extrema importância é a consideração de desconto ou até mesmo isenção da cobrança para famílias de baixa renda já cadastradas no Cadastro único, que estejam também cadastradas para pagamento de tarifa social de água e esgoto.

Finalmente, e de grande relevância, é o entendimento do gestor do sistema de que as soluções baseadas na natureza são aliadas na boa e efetiva prestação de serviço de drenagem urbana e que gerarão bons frutos para a área de interesse de gestão. Sem a real compreensão dos benefícios das técnicas LID pelo prestador do serviço, estas soluções dificilmente serão assimiladas pela população. São exemplos frequentes, municípios que possuem taxa de permeabilidade mínima do lote e que fornecem o “*habite-se*” após vistoria *in loco* por fiscais da prefeitura. Fiscais estes que se deparam com situações como grama artificial sobre pavimento em área que deveria ser permeável, na tentativa de esconder a pavimentação do lote, ou estoque de material para pavimentação, que acaba sendo feita logo após a visita. Acabam acreditando que a prefeitura, neste caso o prestador do serviço, nunca terá controle sobre o espaço urbano e fortalecem esta crença fornecendo o *habite-se* sem a real conferência das condições da edificação. Este é um ponto de atenção para o debate dos serviços de drenagem fornecido pelos municípios brasileiros. Não se pode negligenciar tais fatos, pois seus efeitos geram prejuízos ambientais e sociais de grande dimensão.

6. CONCLUSÕES

Atentando para o cenário dos municípios brasileiros com relação à drenagem e o manejo de águas pluviais, um dos quatro eixos do saneamento básico, observou-se a necessidade do estudo de soluções para a insustentabilidade ambiental e financeira destes sistemas. Portanto, este trabalho teve como objetivo propor uma possível alternativa para o custeio dos serviços de drenagem urbana municipal que são frequentemente vistos como menos importantes na hierarquia orçamentária dos municípios.

O modelo proposto neste trabalho traz a possibilidade de uma arrecadação justa, embasada nas leis nº 9.443/97 e nº 14.026/20, com a vantagem de se adequar a realidade dos municípios. Neste modelo, sugeriu-se a utilização de uma variável denominada AIE, Área Impermeável Equivalente, que leva em conta a área impermeável de um lote e os dispositivos LID utilizados no lote, como base para a cobrança. Salienta-se que o modelo de cobrança sugerido é focado na mudança de comportamento do usuário, que recebe incentivos pela instalação e utilização de dispositivos de drenagem urbana sustentável, os LIDs, em seus lotes.

O grande benefício da utilização deste modelo é que ele fornece a solução para a arrecadação necessária à manutenção e melhorias dos sistemas municipais de drenagem e ao mesmo tempo incentiva o uso das práticas LIDs nos lotes. A utilização de LIDs traz benefícios ambientais, sociais e financeiros muito valiosos, talvez imensuráveis. O resultado da aplicação de LIDs no nível municipal e no de bacia vão desde a amenização do pico de cheia até a melhoria efetiva da qualidade da água dos corpos d'água, a partir da retenção de sedimentos e poluentes nos dispositivos (fato este que reduz também custos municipais com dragagem de cursos d'água e outros custos de manutenção dos sistemas) e ainda, aumento na eficiência de tratamento do esgoto sanitário coletado. Além disso, o uso de reservatórios de lote, como alternativa proposta no modelo, permite ainda que se utilize o escoamento coletado no dispositivo para uso posterior, não potável.

Especialmente neste aspecto, a utilização deste LID torna-se uma possibilidade importante em cenários como o ocorrido a partir de 2014, durante a crise hídrica vivenciada entre os estados brasileiros de Rio de Janeiro e São Paulo. A possibilidade de priorizar-se a utilização de água potável somente para determinados usos, aqueles mais nobres, enquanto os menos nobres possam ser atendidos pelas águas pluviais é um instrumento importante no auxílio à resolução de crises. Não só isso, mas em uma análise também financeira, o custo de tratamento de água para torná-la potável é alto e, por isto, a definição de usos nobres e não

nobres poderia ser uma grande aliada na redução dos valores hoje pagos para as concessionárias de abastecimento de água.

Para colocação deste modelo em prática são necessários dados de entrada, que foram divididos de maneira macro em “custos de prestação” e em “dados dos lotes”, estes últimos de origem do CTM. Embora fosse esperado, o estudo de caso mostrou, de forma clara, a dificuldade dos municípios brasileiros em levantar estes dados. As administrações públicas municipais não detêm controle sobre seus gastos com os serviços de drenagem, e ao consultar o SNIS, ficou claro que grande parte das respostas fornecidas se mostravam de certa forma contestáveis para um município de porte como o de Itamonte. Com relação aos dados dos lotes, como colocado, é necessário que o município tenha seu território estudado e levantado através de um CTM e que as áreas impermeáveis de cada lote sejam levantadas e atreladas a este cadastro CTM. Assim, são limitações da aplicação do modelo a carência de dados de gestão nos municípios brasileiros. Entretanto, é importante enfatizar que apesar de serem atualmente limitações, são solucionáveis e tem potencial de alto impacto positivo na gestão municipal, e por isso, devem ser trabalhadas o quanto antes, sendo esta, uma oportunidade para tal.

Outro ponto determinante para o sucesso do modelo e da instituição de uma taxa de drenagem é a conscientização e sensibilização da população. Por isso, a definição da área impermeável como variável de cálculo da taxa é importante, uma vez que o usuário consegue enxergar em função do que o valor de sua contribuição é definido, entendendo também como a utilização de LIDs pode reduzir o valor a ser pago.

Para estudos futuros, são sugestões: o estudo da criação de um fundo ambiental de drenagem e quais aspectos jurídicos e técnicos devem ser levados em conta para que seja colocado em prática; a replicação do modelo diretamente no PostGis, de maneira que o município se empodere ainda mais do conhecimento de seu território; e o estudo de como se realizar a conscientização e sensibilização da população de maneira efetiva para a inicialização do processo.

Recomenda-se, ainda, que os municípios que estejam em fase de conceder os serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, insiram no contrato de concessão o serviço de drenagem urbana, com cobrança compatível, para que haja interesse, quando indicado, na utilização do sistema separador absoluto, que águas pluviais sejam respeitadas como um importante manancial e que os serviços do saneamento possam ser planejados de forma integrada. Esta ação, além de reduzir os custos administrativos da cobrança por

aproveitar a mesma conta, auxiliaria também na resolução de outro ponto: os custos com a manutenção da rede, uma vez que em municípios em que o sistema de esgotamento é unitário, prefeitura deixaria de ser a única a arcar com os custos de manutenção de rede e estes passariam a ser também da concessionária, que conjuntamente utiliza o equipamento urbano para transportes das águas residuais urbanas.

Por ainda ser um tema pouco estudado no país, espera-se que este trabalho possa trazer contribuições, inspirar novas pesquisas para a área e que novos estudos utilizando a metodologia proposta possam ser realizados em outros municípios. No âmbito da gestão municipal, espera-se que o produto e a metodologia propostos possam chegar aos gestores, de maneira que possam utilizá-los na transformação da gestão dos seus sistemas municipais de drenagem e manejo de águas pluviais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, I. (ed.). **Comparativo entre tarifas de boletos bancários**. 2019. Disponível em: <https://blog.keeperformaturas.com.br/comparativo-entre-tarifas-de-boletos-bancarios/>. Acesso em: 24 maio 2020.
- ALVES, D. D. SERVIÇOS PÚBLICOS. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, 2014. N°. 000064, 27/11/2014. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/servicos-publicos>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- ANDOH, R. Y. G.; DECLERCK, C. Source control and distributed storage – a cost effective approach to urban drainage for the new millennium? **International Conference on Urban Storm Drainage: Proceedings of the 8th International Conference on Urban Storm Drainage**, 30 de Agosto – 3 de Setembro; Sydney. p. 1997-2005, 1999.
- ARAÚJO, P. R. DE; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J.A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V. 5, n. 3., p. 21-219. 2000.
- ARNOLD C. L.; GIBBONS C. J. Impervious surface coverage—the emergence of a key environmental indicator. **Journal of the American Planning Association**. v. 62, p. 243–258. 1996.
- ASHLEY, R.; LUNDY, L.; WARD, S.; SHAFFER, P.; WALKER, L.; MORGAN, C.; SAUL, A.; WONG, T.; MOORE, S. **Water-sensitive urban design: opportunities for the UK**. Proceedings of the ICE-Municipal Engineer, 166 (2), p. 65–76. 2013
- BAHIENSE, J. M. **Avaliação de Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana baseadas no conceito de desenvolvimento de baixo impacto, com apoio de modelagem matemática. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). 2013.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2º Ed. Revisada. Porto Alegre. ABRH. 2011.
- BLECKEN, GT; HUNT III, W. F.; AL-RUBAEI, A. M.; MARIA VIKLANDER; LORD, W. G. Stormwater control measure (SCM) maintenance considerations to ensure designed functionality. **Urban Water Journal**. 14:3, p. 278-290. 2017.
- BLUMENAU (Município). Lei Complementar nº 1.174, de 07 de fevereiro de 2018. Acrescenta seção xxi com artigos 63-a, 63-b, 63-c, 63-d e 63-e ao capítulo vi da lei complementar nº 1.030, de 18 de dezembro de 2015, para regular a utilização de "telhado verde" nas edificações.
- BRASIL. Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5172.htm>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- BRASIL. **Constituição** (1988). **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado **Federal**: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 11 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Manual de Apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário nos municípios brasileiros. 2010.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB. 2013. Disponível em: <http://www.cecol.fsp.usp.br/dcms/uploads/arquivos/1446465969_Brasil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BRASIL. Ministério do desenvolvimento regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico do Serviço de Águas Pluviais. In: Diagnóstico do Serviço de Águas Pluviais - 2015. [S. l.], 29 maio 2017. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-aguas-pluviais/diagnostico-ap-2015>. Acesso em: 11 maio 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2015. – Brasília: MCIDADES.SNSA, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2017. Brasília: SNS/MDR, 2019a.

BRASIL. SNIs. Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas Glossário de informações. 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-aguas-pluviais/diagnostico-ap-2017>>. Acesso em: 20 nov. 2019b.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020, [S. l.], 16 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 30 jul. 2020.

BRASIL. (Governo Federal). CAIXA. SANEAMENTO PARA TODOS. In: SANEAMENTO PARA TODOS. [S. d.], 1 jul. 2020. Disponível em: http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/assistencia_tecnica/produtos/financiamento/saneamento_para_todos/saiba_mais.asp. Acesso em: 15 jun. 2020b.

CAMPBELL, C.W. **Western Kentucky University Stormwater Utility Survey 2010**. School of Engineering & Applied Sciences. Bowling Green. 2010

CAMPBELL, C.W. **Western Kentucky University Stormwater Utility Survey 2014**. School of Engineering & Applied Sciences. Bowling Green. 2014

CAMPBELL, C.W. **Western Kentucky University Stormwater Utility Survey 2016**. School of Engineering & Applied Sciences. Bowling Green. 2016

CAMPBELL, C.W. **Western Kentucky University Stormwater Utility Survey 2019**. School of Engineering & Applied Sciences. Bowling Green. 2019

CAMPOS, I. **Breve estudo do conceito de taxa e tarifa e as principais divergências doutrinárias acerca da natureza jurídica do pedágio**. 2014. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/33728/breve-estudo-do-conceito-de-taxa-e-tarifa-e-as-principais-divergencias-doutrinarias-acerca-da-natureza-juridica-do-pedagio24>>. Acesso em: 24 nov. 2019.

CANÇADO, V.; NASCIMENTO, N; DE O.; CABRAL, J. R. Cobrança pela Drenagem Urbana de Águas Pluviais: Bases Conceituais e Princípios Microeconômicos. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V. 11, n.2 Abr/Jun 2006, 15-25. 2006

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes** (2. ed.). São Paulo: Oficina de Textos. (2014)

CARGARI, C., BIBBIANI, C., FANTOZZI, F., CAMPIOTTI, C. A. Simulation of the thermal behaviour of a building retrofitted with a green roof: optimization of energy efficiency with reference to italian climatic zones. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**. v. 8, p. 628-636, 2016. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.085. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210784316300857>. Acesso em: 20 nov. 2019

COSTA, U. W. **Desenvolvimento de metodologia para cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais**. 2017. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Hídrica, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.

CURITIBA (Município). Lei nº 14.771, de 17 de dezembro de 2015. DISPÕE SOBRE A REVISÃO DO PLANO DIRETOR DE CURITIBA DE ACORDO COM O DISPOSTO NO ART. 40, § 3º, DO ESTATUTO DA CIDADE, PARA ORIENTAÇÃO E CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DO MUNICÍPIO. Curitiba, PR, Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2015/1477/14771/lei-ordinaria-n-14771-2015-dispoe-sobre-a-revisao-do-plano-diretor-de-curitiba-de-acordo-com-o-disposto-no-art-40-3-do-estatuto-da-cidade-para-orientacao-e-controle-do-desenvolvimento-integrado-do-municipio>>. Acesso em: 28 set. 2019.

DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Alemanha). Norma. Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056, Berlim, Alemanha, n. 100, 1 dez. 2016.

DUARTE, L. A.; BACHEGA, C. DE C. P. **Diferenças constitucionais entre as taxas e tarifas – uma proposta de classificação.** Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/direito/diferencas-constitucionais-entre-as-taxas-tarifas-e-precos/43852>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

EBRADI. Escola Brasileira de Direito. Entenda a contribuição de melhoria: **Conheça os principais aspectos da contribuição de melhoria.** 2017. Disponível em: <<https://ebradi.jusbrasil.com.br/artigos/466502021/entenda-a-contribuicao-de-melhoria>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

ELLIOT, A. H.; TROWSDALE, S. A. A review of models for low Impact Urban stormwater drainage. **Environmental Modelling and software.**; v. 22, n. 3: p. 394-405. 2007

EPA. United States Environmental Protection Agency. **Low Impact Development (LID). A literature review.** Washington, DC: United States EPA Office of Water (4203). 2000

EPA. United States Environmental Protection Agency New England. **Funding Stormwater Programs.** 2009. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/region1/npdes/stormwater/assets/pdfs/FundingStormwater.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

EPA. United States Environmental Protection Agency. **National pollutant discharge elimination system (NPDES) definitions, 40 C.F.R. § 122.2.** Washington, DC: United States Environmental Protection Agency. 2011

EPA. United States Environmental Protection Agency. **Stormwater to street trees.** 2013. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/stormwater2streettrees.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

EPA. United States Environmental Protection Agency. **Getting to Green: Paying for green Infrastructure. Financing Options and Resources for Local Decision Makers.** Office of Wetlands, Oceans and Watersheds. 2014.

EPA. United States Environmental Protection Agency. **What is Green Infrastructure?** Disponível em: <<https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure#main-content>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

FLETCHER, T. D.; SHUSTER W.; HUNT, W.F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; MIKKELSEN, P.S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. . **Urban Water Journal.** SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. 2014

FOSTER, J.; LOWE, A.; WINKELMAN, S. **The value of green infrastructure for urban climate adaptation.** Washington, DC: Centre for Clean Air Policy. 2011

FRANCO, F. DE M.; D'ALMEIDA, C. H.; ABREU, G. K. M. **Revista Iberoamericana de urbanismo**. Nº 12. A macro área de estruturação metropolitana de São Paulo. 2015. Disponível em: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/85687/12_03_de%20Melo%20Franco.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 nov. 2019.

GHISI, E.; BRESSAN, C. L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. **Building and Environment**, v.42, p. 1654 - 1666. 2006

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002. 176 p. ISBN 85-224-3169-8.

GOMES, C. A. B. DE M.; NASCIMENTO, M. B. M; BAPTISTA, M. B. Financiamento da Drenagem Urbana: Uma reflexão. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n.3 Jul/Set 2008, p. 93-104. 2008

GRIBBIN, J. E. **Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais/John E. Gribbin**; [revisor técnico Marcelo Libânio; tradutora Andrea Pisan]. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HAMBURG WASSER (Hamburg). **Niederschlagswassergebühr**. Disponível em: <https://www.hamburgwasser.de/privatkunden/service/gebuehren-abgaben-preise/selbenutzungsgebuehren/niederschlagswassergebuehr/>. Acesso em: 06 maio 2020a.

HAMBURG WASSER (Hamburg). **Abminderung der anrechenbaren Flächen bei der Erhebung von Niederschlagswassergebühren**. Disponível em: <https://www.hamburgwasser.de/fileadmin/hhw-privatkunden/downloads/gebuehrensplitting/hamburgwasser-gebuehrensplitting-flaechenabminderungen.pdf>. Acesso em: 06 maio 2020b.

HAMBURG WASSER (Hamburg). **Gebühren, Abgaben, Preise**. Disponível em: <https://www.hamburgwasser.de/privatkunden/service/gebuehren-abgaben-preise/>. Acesso em: 06 maio 2020c.

HER, Y.; JEONG, J.; ARNOLD, J.; GOSSELINK, L.; GLICK, R.; JABER, F. **Environmental Modelling & Software**. A new framework for modeling decentralized low impact developments using Soil and Water Assessment Tool. Elsevier, [s.i.], n. 96, p.305-322, 2017.

IBGE. Percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até 1/2 salário mínimo: IBGE, Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itamonte/panorama>. Acesso em: 24 jun. 2020.

IBGE. Salário médio mensal dos trabalhadores formais: IBGE, Cadastro Central de Empresas 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. População estimada: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itamonte/panorama>. Acesso em: 24 jun. 2020.

IBGE. Itamonte: ibge cidades. IBGE Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itamonte/panorama>. Acesso em: 24 jun. 2020.

IGAM. Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Verde - GD4. 2016. Disponível em: http://comites.igam.mg.gov.br/images/mapas/Mapas_PDF/Localizao_GD4_A3.pdf. Acesso em: 24 jun. 2020a.

IGAM. Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Alto Rio Grande - GD1. 2016. Disponível em: http://comites.igam.mg.gov.br/images/mapas/Mapas_PDF/Localizao_GD1_A3.pdf. Acesso em: 24 jun. 2020b.

ITAMONTE (Município). Constituição (1991). Lei nº 1148, de 11 de novembro de 1991. Institui o código de obras do município de Itamonte e dá outras providências. Código de Obras Municipal. Itamonte, MG.

ITAMONTE. Lei Complementar nº 2152, de 1 de janeiro de 2014. Institui novo código tributário do município de Itamonte e dá outras providências. [S. l.], 2014.

ITAMONTE PREFEITURA MUNICIPAL (ed.). Ortofoto Área urbana de Itamonte (MG). Itamonte: [s. n.], 2019. Fotos visualizadas pelo Qgis.

ITAMONTE, Prefeitura Municipal. Tibério Flemming. [Drenagem Urbana Itamonte]. 12 mai. 2020. Contato telefônico

JOKSIMOVIC, D.; ALAM, Z. Cost Efficiency of Low Impact Development (LID) Stormwater Management Practices. **Procedia Engineering**. 89. 734 - 741. 2014

KITCHENER. Stormwater utility. **Stormwater rate table**. [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.kitchener.ca/en/city-services/stormwater-utility.aspx#Stormwater-rate-table>. Acesso em: 23 jan. 2020.

LEIPZIGER WASSERWERKE (Leipzig). **Leipziger Niederschlagswasserpreise**. Disponível em: <https://www.l.de/wasserwerke/preise/niederschlagswasser>. Acesso em: 06 maio 2020.

LENGLER, C.; MENDES, C. A. B. O financiamento da manutenção e operação do sistema de drenagem urbana de águas pluviais no Brasil: taxa de drenagem. **Estudos Urbanos e Regionais**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 201-218, 1 maio 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.22296/2317-1529.2013v15n1p201>. Disponível em: <https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/4179/4063>. Acesso em: 15 jun. 2020.

MAGALHÃES, L. P. C. *et. al.* Estudo de Aplicação de um reservatório de lote com múltiplos usos. In “**Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**”. 2003. Curitiba.

MEHRABADI, M. H.R.; SAGHAFIAN, B.; FASHI, F. H. Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate condition. **Resources, Conservation and Recycling**. 73. 86–93. 2013

MICHIGAN. SEMCOG. **Low Impact Development Manual for Michigan: A Design Guide for Implementors and Reviewers**. 2008. Disponível em: <https://semcog.org/Reports/LID/files/assets/basic-html/page-3.html>. Acesso em: 20 nov. 2019.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. (2016). **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade** (1 ed.). Rio de Janeiro: Elsevier

MINNEAPOLIS. **Minneapolis Public Services. Stormwater Credits Program**. 2019. Disponível em: <http://www.minneapolismn.gov/publicworks/stormwater/fee/stormwater_fee_stormwaterqualitycredits>. Acesso em: 20 nov. 2019.

MMSD. PARTNERS FOR A CLEANER ENVIRONMENT. **Rain Gardens**. Disponível em: <<https://www.mmsd.com/what-we-do/green-infrastructure/rain-gardens>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

MONROE. CITY OF MONROE. **Stormwater fee Explanation**. Disponível em: <<https://www.monroenc.org/Portals/0/Departments/Engineering/Documents/StormwaterUtilityFeeExplanation.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

NEIRU. **Manual de Manutenção - CTM Itamonte**. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

OLIVEIRA, R.; STUDART, D. **Aula 00: Sistema Tributário Nacional Direito Tributário – T&E: Analista da Receita Profs. Renato Oliveira & Danusa Studart** (jan/2019). Brasília: Direção Concursos, 2019.

ONTARIO. Environmental Commissioner of Ontario. **Urban Stormwater Fees: How to pay for what we need. Toronto**. 2016. Disponível em: <<https://media.assets.eco.on.ca/web/2016/11/Urban-Stormwater-Fees.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2019

PEREIRA, C. C. **A importância do cadastro técnico multifinalitário para elaboração de planos diretores**. 2009. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PFORZHEIM STADT (Batten-württemberg). **Die getrennte Abwassergebühr**. 2017. Disponível em: https://www.pforzheim.de/fileadmin/user_upload/esp/Web_Broschuere.pdf. Acesso em: 08 maio 2020.

PHILADELPHIA. Philadelphia Water Department. 2011. **Amended Green City, Clean Waters: The City of Philadelphia's Program for Combined Sewer Overflow Control, Program Summary**. Water Department, Philadelphia, PA. Disponível em: http://www.phillywatersheds.org/doc/GCCW_AmendedJune2011_LOWRES-web.pdf Acesso em: 02 out. 2019.

PHILADELPHIA. **Philadelphia Water Department. Stormwater Planter**. 2018. Disponível em: <http://archive.phillywatersheds.org/what_were_doing/green_infrastructure/tools/stormwater-planter>. Acesso em: 20 nov. 2019.

PNUD. Itamonte, MG. 2010. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada Fundação João Pinheiro**. Disponível em: http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/itamonte_mg. Acesso em: 24 jun. 2020.

PORTLAND. **Portland Environmental Services. Stormwater Discount Program: Clean River Rewards**. Environmental Services, City of Portland, OR. 2014. Disponível em: <https://www.portlandoregon.gov/bes/41976>. Acesso em: 02 out. 2019.

PORTO ALEGRE (Município). Decreto nº 15.371, de 17 de novembro de 2006. Regulamenta o controle da drenagem urbana. Porto Alegre

RIO DE JANEIRO (Município). Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004. TORNA OBRIGATÓRIO, NOS CASOS PREVISTOS, A ADOÇÃO DE RESERVATÓRIOS QUE PERMITAM O RETARDO DO ESCOAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS PARA A REDE DE DRENAGEM

RIO DE JANEIRO (Município). Decreto nº 37.745, de 06 de junho de 2012. Cria a qualificação QUALIVERDE e estabelece critérios para sua obtenção. Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil/Arquivos/PDF/D35745M.PDF>>. Acesso em: 04 out. 2019.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 12526, de 02 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, SP, Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>. Acesso em: 05 maio 2020.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Energia - Departamento de Águas e Energia Elétrica; FUNDAÇÃO PREFEITO FARIA LIMA - CEPAM. Plano municipal de saneamento passo a passo. São Paulo, 2009. 78 p.

SÃO PAULO (Município). Texto de Lei Ilustrado. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. 2014. Disponível em: <<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2015/01/Plano-Diretor-Estrat%C3%A9gico-Lei-n%C2%BA-16.050-de-31-de-julho-de-2014-Texto-da-lei-ilustrado.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

SÃO PAULO (Município). Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE). São Paulo, Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016>>. Acesso em: 21 nov. 2019a.

SÃO PAULO (Município). Decreto nº 57565, de 27 de dezembro de 2016. Regulamenta procedimentos para a aplicação da Quota Ambiental, nos termos da Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016. São Paulo, Disponível em: <<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/legislacao/decreto-no-57-565-de-27-de-dezembro-de-2016/>>. Acesso em: 20 nov. 2019b.

SÃO PAULO (Município) Quota Ambiental. Disponível em: <<https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/cota-ambiental-2/>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

SHAFIQUE, M.; KIM, R.; LEE, D. The Potential of Green-Blue Roof to Manage Storm Water in Urban Areas. **Nat. Environ. Pollut. Technol.** 2016, 15, 715–719. 2016.

STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. **J. Hydrol.** 414, 148–161. 2012.

TASCA, F.A; ASSUNÇÃO, L. B.; FINOTTI, A.R. International experiences in stormwater fee. **Water Science & Technology**, Londres, v. 1, n. -, p.287-299, 2017. Disponível em: <<https://iwaponline.com/wst/article/2017/1/287-299/38769>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 7, n.1., 5-27. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. 1. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. 393 p. v. 11. ISBN 978-85-88686-21-2.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p. ISSN: 2179-5495. Disponível em: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274_pt.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos**. Pluvio 2.1. In: Pluvio 2.1. [S. d.], 1 jul. 2020. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Acesso em: 21 maio 2020.

VICTORIA. CITY OF VICTORIA. **Rainwater Rewards Program**. Disponível em: <https://www.victoria.ca/EN/main/residents/water-sewer-stormwater/stormwater/rainwater_rewards_program.html>. Acesso em: 23 nov. 2019.

WALESH, S.G. **Urban Surface Water Management**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 518 p. 1989

WASHINGTON DC. DEPARTMENT OF ENERGY & ENVIRONMENT. **Get RiverSmart!** Disponível em: <<https://doee.dc.gov/riversmart>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

WATERLOO. THE CITY OF WATERLOO. **Stormwater management: Apply for the stormwater credit program and learn how we work to reduce the impact of runoff into creeks, ponds and wetlands**. Disponível em: <<https://www.waterloo.ca/en/living/stormwater-management.aspx>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

WEST SAINT PAUL. THE CITY OF WEST SAINT PAUL. WEST ST. PAUL. **Stormwater Utility**. 2005. Disponível em: <[>. Acesso em: 30 nov. 2019.](https://wspmn.gov/DocumentCenter/View/338/Storm-Water-Utility-Report-pdf?bidId=)

WHELANS, C.; MAUNSELL, H.G.; THOMPSON, P. **Planning and management guidelines for water sensitive urban (residential) design**. Perth, Western Australia: Department of Planning and Urban Development of Western Australia. 1994

WOODS-BALLARD, B.; KELLAGHER, R.; MARTIN, P.; JEFFERIES, C.; BRAY, R.; SHAFFER, P. **The SUDS Manual**. CIRIA C697. Londres. CIRIA, 2007

ZHAO, J. Z.; FONSECA, C.; ZEERAK, R. Stormwater Utility Fees and Credits: A Funding Strategy for Sustainability. **Sustainability**, Basel, Suíça, p. 1-15, 26 jan. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/su12030917>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/3/917>. Acesso em: 14 maio 2020.