

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO

DIEGO DA SILVA LIMA

**MODELO PARA GESTÃO FINANCEIRA
DA DRENAGEM URBANA**

MACEIÓ

2020

DIEGO DA SILVA LIMA

**MODELO PARA GESTÃO FINANCEIRA
DA DRENAGEM URBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Caramori Borges de Souza

MACEIÓ

2020

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

L732m Lima, Diego da Silva.
Modelo para gestão financeira da drenagem urbana / Diego da Silva Lima. – 2020.
94 f. : il. color.

Orientador: Vladimir Caramori Borges de Souza.
Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade
Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2020.

Bibliografia: f. 84-92.
Apêndice: f. 93-94.

1. Infraestrutura (Economia) - Finanças. 2. Drenagem urbana. 3. Administração
financeira. I. Título.

CDU: 628.2

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai, protetor e guia de cada passo da caminhada.

Especial gratidão a Senhora Mãe das Graças, padroeira de Paulo Jacinto e valiosa intercessora.

Aos meus avós maternos, Audálio Ramos da Silva e Eunice dos Santos, analfabetos, porém meus melhores instrutores desde a mais tenra idade. A vocês dedico este trabalho como singela retribuição ao estímulo que de vós recebo diariamente, que nutrem minha paixão por livros e números.

Aos meus pais, Jorcicley Gonçalves Lima, *in memoriam*, e Josefa Santos da Silva, espelhos por excelência de minha personalidade, lastro diário para alçar grandes voos na vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vladimir, agradeço a cordial e filial orientação. Agradeço as sugestões de eventos, das quais pude participar, além das pontuais recomendações desde a disciplina de drenagem manejo de águas pluviais, ainda na graduação, que foram essenciais para que a execução deste trabalho chegasse a bom termo.

Estendo também minha gratidão a minha madrinha Antônia, de Palmeira dos Índios, que me abrigou por diversas vezes, tanto a mim quanto a minha mãe, de modo a permitir que pudéssemos estudar.

Particular e especial vênia ofereço à minha namorada, Roberta Lays, pelo valoroso, incansável e imprescindível apoio durante este mestrado. Que Deus a abençoe sempre!

Dirijo menção cordial a meu irmão que ganhei da vida, Eduardo Barbosa, pela valorosas dúvidas tiradas sobre geoprocessamento.

Aos meus patrocinadores, meu primo Lucas e a Tia Salésia, agradeço a confiança, conselhos e valiosas ajudas a mim concedidas, além das orações de Tia Quitéria. Em vocês agradeço a toda a minha família, que contribuiu, suportou e orientou minha caminhada, além de ser estímulo semanal na parede dos graduados existente na casa dos meus avós.

Por fim, agradeço ao Professor PhD. Roberaldo Carvalho de Souza, importante referencial do Programa de Educação Tutorial e para sempre meu tutor, credito com singular emoção a motivação pessoal que dele recebi durante este mestrado.

*“Ninguém consegue chegar ao conhecimento
das coisas divinas e humanas se antes não
aprendeu matemática solidamente.”*

Santo Agostinho

*“O Cálculo é uma maravilha, está escrito nas
tábuas de Moisés...”*

Francisco Vieira Barros, Chico Potiguar

RESUMO

LIMA, D. S. **Modelo para gestão financeira da drenagem urbana**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) Universidade Federal de Alagoas, Maceió - AL, 2020

A presente dissertação consiste na proposição de modelo de financiamento para a drenagem urbana, avaliada em Maceió/AL e Paulo Jacinto/AL. A partir dos conceitos de déficit, e de dados de investimentos realizados nos últimos cinco anos na área de estudo, foram simuladas três técnicas de cobrança, a partir das formulações de Tasca (2016), Tucci (2002) e Semasa (1997). Os resultados desta pesquisa estimam um prejuízo anual de R\$8,2 bilhões por ano, no Brasil, oriundo do déficit de aporte financeiro em ações de drenagem urbana. O valor médio mensal da cobrança, obtido para um lote de 100 metros quadrados, é de R\$ 1,65 para o município de Maceió/AL e de R\$0,91 para a cidade de Paulo Jacinto/AL. O valor obtido é inferior a média de valores obtidos em experiências internacionais, em decorrência de dois pontos: o menor nível de investimento realizado, bem como da renúncia em recuperar os custos de investimento, pois foram considerados somente o montante referente à operação e manutenção do sistema de drenagem.

Palavras-chave: Financiamento, drenagem urbana, gestão.

ABSTRACT

This dissertation consists of proposing a financing model for urban drainage, evaluated in Maceió/AL and Paulo Jacinto/AL. Based on the concepts of deficit and investment data made in the last five years in the study area, three models were simulated, based on the formulations of Tasca (2016), Tucci (2002) and Semasa (1997). The results of this research estimate an annual loss of R\$ 8.2 billion per year, in Brazil, due to the deficit of financial contribution in urban drainage actions. The average monthly fee, obtained for a 100 square meter lot, is R\$ 1.65 for the city of Maceió/AL and R\$ 0.91 for the town of Paulo Jacinto/AL. The value obtained is lower than the average of values obtained in international experiences, as a result of two points: the lower level of investment made, as well as the refusal to recover investment costs, since only the amount referring to the operation and maintenance of the drainage system.

Key Words: Financing, urban drainage, management.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Percentual dos municípios que realizam cobrança dos serviços de drenagem, por tipo de cobrança.....	11
Figura 2 – Esquema dos Modelos de financiamento.....	24
Figura 3- Área de Estudo em Maceió/AL (Bacias do Riacho do Silva, Reginaldo e Drenagem Sudeste Oceano Atlântico)	37
Figura 4 – Área de estudo - Paulo Jacinto/AL.....	38
Figura 5 - Área de Estudo em Paulo Jacinto (Bacia do Riacho Taquara, Bacia Drenagem Rio Paraíba, Bacia do Riacho Lunga)	40
Figura 6 – Processo de obtenção da taxa via URAPE.....	46
Figura 7 – Resposta à pergunta “A rua que você reside possui problema de alagamentos?” ..	52
Figura 8 – Frequência dos eventos de alagamento	53
Figura 9 – Condições de pavimentação	53
Figura 10 – Gráfico Tipo de residência dos respondentes - Maceió	54
Figura 11 – Uso e Ocupação do Solo – Maceió	61
Figura 12 – Mapa de uso do solo na Bacia do Reginaldo	63
Figura 13- Mapa de uso do solo na Bacia do Riacho do Silva.....	64
Figura 14 - Mapa de uso do solo na Bacia do Sudeste Atlântico - Maceió.....	65
Figura 15 – Taxa de Drenagem versus Área do Imóvel – Por Bacia Hidrográfica.....	71
Figura 16 - Uso e Ocupação do Solo – Paulo Jacinto	72
Figura 17 - Mapa de uso do solo na Bacia do Riacho Taquara.....	74
Figura 18 - Mapa de uso do solo na Bacia Drenagem Rio Paraíba.....	75
Figura 19 - Mapa de uso do solo na Bacia do Riacho Lunga.....	76
Figura 20 - Taxa de Drenagem versus Área do Imóvel – Por Bacia Hidrográfica – Paulo Jacinto	81

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Entraves do Financiamento da Drenagem Urbana	12
Quadro 2 – Síntese da Legislação Tributária aplicada a Drenagem.....	20
Quadro 3 – Resumo das Metodologias de Cálculo.....	33
Quadro 4 – Ferramentas e técnicas do plano de trabalho	41
Quadro 5 – Plano de Ação para universalizar o acesso à Drenagem	42
Quadro 6 - Itens de avaliação de custo dos serviços de drenagem urbana	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condições gerais de acesso aos serviços de saneamento.....	34
Tabela 2 – Tamanho e população residente nas Bacias Hidrográficas de Maceió.....	36
Tabela 3 - Bacias Hidrográficas de Paulo Jacinto	39
Tabela 4 - Variável dependente – Valor do aluguel em Maceió	55
Tabela 5 - Variável dependente – Valor do aluguel em Paulo Jacinto.....	56
Tabela 6 – Custo estimado - Ações de Operação e Manutenção em Drenagem Urbana – Maceió/AL.....	58
Tabela 7 – Composição de Custos para Operação e Manutenção da Drenagem em Maceió...	59
Tabela 8 - Investimento em Drenagem Urbana (2014-2019).....	60
Tabela 9 – Dados Gerais - Maceió	62
Tabela 10 – Simulação da URAPE (Método 1)	66
Tabela 11 – Simulação pelo Método 2 – Tucci (2002)	67
Tabela 12 – Simulação pelo Método 3 - Semasa.....	68
Tabela 13 – Comparação entre os métodos - Maceió.....	69
Tabela 14 – Dados Gerais Paulo Jacinto	72
Tabela 15 - Simulação da URAPE (Método 1)	77
Tabela 16 – Simulação de Tucci (Método 2)	78
Tabela 17 – Simulação Semasa (Método 3)	79
Tabela 18 - Comparação entre os métodos – Paulo Jacinto	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AH	Alternativa Hidrológica
AL	Alagoas
CELMM	Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba
CN	Curva Número
CTN	Código Tributário Nacional
EHA	Área Hidráulica Equivalente
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
Eq	Equação
ERU	Unidade Residencial Equivalente
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	Intensidade de Desenvolvimento
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDF	Curva Intensidade-Duração-Frequência
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPTU	Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana
MAP	Serviço de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
PIB	Produto Interno Bruto

REF	Fator Equivalente Residencial
SC	Santa Catarina
SEMARH	Secretaria Estadual de Recursos Hídricos de Alagoas
SEMASA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente – Santo André (SP)
SEMINFRA	Secretaria Municipal de Infraestrutura e Urbanização de Maceió
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SP	São Paulo
STF	Supremo Tribunal Federal
URAPE	Unidade Residencial de Águas Pluviais Equivalente
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	10
2.	Objetivos.....	13
2.1.	Objetivo geral.....	13
2.2.	Objetivos específicos.....	13
3.	Revisão bibliográfica.....	14
3.1.	O conceito de déficit na drenagem urbana e seu impacto nos custos de prestação do serviço.....	14
3.2.	Legislação tributária aplicada a drenagem urbana.....	16
3.2.1.	Imposto.....	16
3.2.2.	Taxa.....	17
3.2.3.	Contribuição de melhoria.....	18
3.2.4.	Tarifa.....	19
3.3.	Modelos de financiamento.....	21
3.3.1.	Processos de cálculo da taxa.....	26
3.3.1.1.	Taxa fixa.....	26
3.3.1.2.	Taxa baseada em parcelas.....	27
4.	Metodologia.....	34
4.1.	Área de estudo.....	34
4.1.1.	Maceió.....	34
4.1.2.	Paulo jacinto.....	38
4.2.	Ferramentas e técnicas.....	41
4.2.1.	Prospecção dos dados de investimento.....	41
4.2.2.	Cálculo do tributo.....	45

4.2.3.	Obtenção dos parâmetros.....	47
4.2.3.1.	Delimitação das bacias hidrográficas	47
4.2.3.2.	Cálculo das áreas impermeáveis	48
4.2.4.	Análise econômica.....	50
5.	Resultados e discussão	52
5.1.	Estimativa de prejuízos a partir da função de preços hedônicos	52
5.2.	Custos de operação e manutenção	58
5.3.	Estudo de caso 1: Maceió	61
5.4.	Estudo de caso 2: Paulo Jacinto.....	72
6.	Conclusão	82
	Referências	84

1. INTRODUÇÃO

O progresso sustentado das cidades requer aporte financeiro para universalizar o saneamento (SENRA, 2017; GRIGG, 2019). Porém, a ausência de instituições para desenvolver o manejo de águas pluviais e a gestão segregada da drenagem, impossibilitam a percepção dos benefícios pela população (IPEA, 2012).

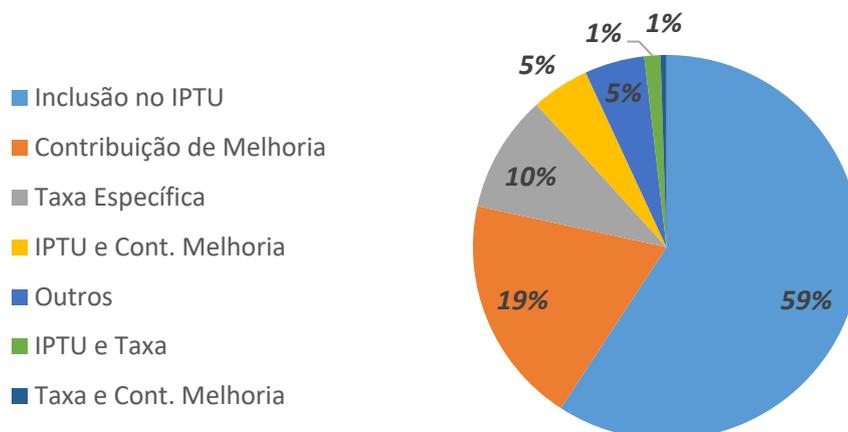
Não obstante os avanços, no Brasil, de acesso e custeio do tratamento de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário, o manejo de águas pluviais permanece sem metodologia consensual de subsídio. Prova disso é que o prejuízo calculado pela falta de financiamento da drenagem urbana no país é da ordem de R\$ 5,6 bilhões/ano (IPEA, 2012). De fato, a construção, operação e manutenção da drenagem urbana envolve despesas expressivas e atendimento a requisitos legais (EPA, 2008).

O uso de taxas para financiar serviços de águas pluviais é evidente em outros países, como o Reino Unido (OFWAT 2018), Estados Unidos (CAMPBELL, 2018), África do Sul (ARMITAGE, 2013), Equador (MEJÍA et. al, 2015) e Alemanha (BERLINER WASSERBETRIEBE, 2018). Na última década, o número de cidades que implantaram a cobrança nos Estados Unidos aumentou 150% (CAMPBELL, 2018). Apesar disto, a literatura acadêmica sobre metodologias de financiamento é limitada (ZHAO et. al, 2019).

Em adição, no Brasil, a drenagem é o único serviço de saneamento que não gera receita (LARENTIS, 2017). Apesar da previsão legal de remuneração pelo serviço de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas (MAP) (Lei 11.445/2007), não se verifica a plena execução deste instrumento de gestão.

De fato, apenas 6% dos municípios brasileiros possuem alguma das três formas de cobrança - contribuição de melhoria, cobrança de taxa específica ou inclusão como fator de cálculo no imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU) - conforme disposto na Figura 1 (DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2019). Em cerca de dois terços dos municípios onde há cobrança, o modelo adotado é a incorporação dos custos no orçamento geral da administração, i.e., sem qualquer relação com o consumo individual do serviço (LISBÔA, et. al, 2012).

Figura 1 – Percentual dos municípios que realizam cobrança dos serviços de drenagem, por tipo de cobrança



Fonte: Adaptado de Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019

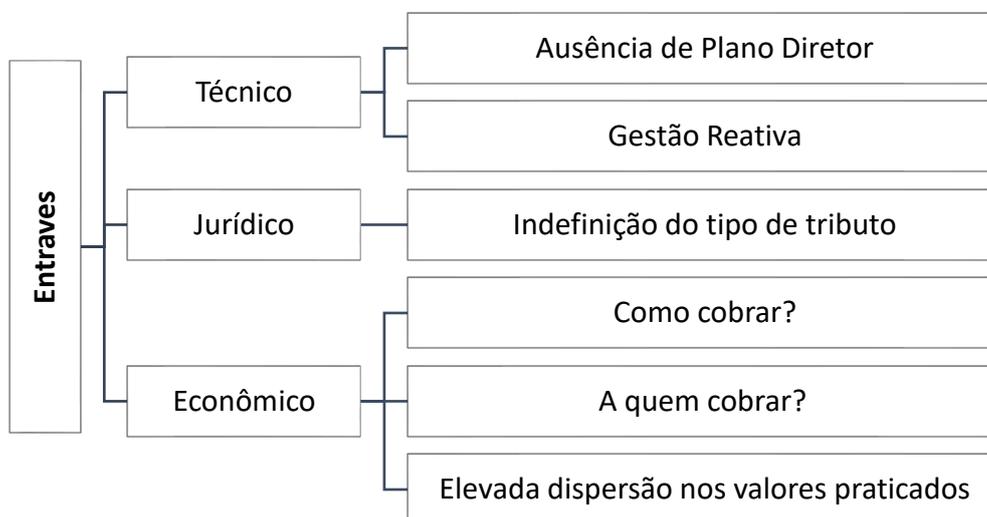
O Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2017 aponta que os valores praticados na cobrança – quando implementados - possuem elevada dispersão - variam de R\$ 0,25 lote/ano, em Cafelândia (SP), município de 12 mil habitantes, a R\$ 600,94 lote/ano, em Cachoeirinha (RS), que possui 118 mil habitantes. Este fato sugere a existência de diversos critérios para a cobrança, que pode estar relacionado justamente à ausência de uma metodologia de cálculo do tributo. Este cenário propicia condições favoráveis à intensificação de problemas ambientais, como alagamentos (SOUZA et. al. 2013).

A incorporação de custos no orçamento geral da administração, definido por Tucci (2012) como modelo difuso de financiamento da drenagem, não contribui para maior eficiência e sustentabilidade dos serviços, dado o fato de que os recursos públicos arrecadados são distribuídos entre as diversas políticas públicas. Em igual sentido, as análises de Berthiaume (2015) apontam esta dificuldade para a efetivação do instrumento de gestão.

A ausência de plano diretor de drenagem indica limitações de ordem técnica. De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), apenas 19,1% dos municípios possuem cadastro técnico do sistema de drenagem e 19,6% afirmam possuir plano diretor. Assim, a gestão da água nos ecossistemas urbanos ocorre com os componentes independentes, numa análise fragmentada dos fluxos de recursos hídricos. (BACH et. al., 2014;

ANGARITA, et. al., 2017). As informações do Quadro 1 resumem os entraves acima apontados.

Quadro 1 – Entraves do Financiamento da Drenagem Urbana



Fonte: Elaborado pelo autor

Em face dos desafios interpostos, esta dissertação visou estudar e propor modelo de financiamento para o serviço de manejo de águas pluviais. As análises concernentes utilizam as formulações de Tasca e Assunção (2019), Tucci (2002) e Semasa (1997). A base de dados é oriunda dos investimentos em drenagem realizadas nos municípios de Maceió/AL e Paulo Jacinto/AL, entre 2014 e 2019.

A escolha destas localidades visa atender a avaliação do modelo de financiamento em dois panoramas urbanos distintos: na capital alagoana, que conta com maior complexidade de gestão e avaliação, e as particularidades de uma pequena cidade.

As informações obtidas foram confrontadas com modelos disponíveis na literatura, de modo a estabelecer e determinar os parâmetros que melhor ajustam o modelo. Objetivou-se estabelecer referência capaz de minimizar as condições adversas de contorno aqui postas, e oferecer elementos de discussão à compreensão da gestão da drenagem urbana, de modo a contribuir ao adequado saneamento das cidades.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar e propor modelo de financiamento da drenagem urbana, viável economicamente e socialmente sustentável.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o alcance da finalidade estabelecida à presente investigação, foram identificadas as seguintes metas específicas:

- Simular modelo de aplicação da cobrança em Maceió e Paulo Jacinto/AL;
- Quantificar o déficit de investimento em drenagem urbana;
- Estimar o prejuízo causado pela ausência de investimento em drenagem urbana.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O CONCEITO DE DÉFICIT NA DRENAGEM URBANA E SEU IMPACTO NOS CUSTOS DE PRESTAÇÃO DO SERVIÇO

Tortajada (2016), em estudo sobre financiamento da infraestrutura hídrica na China e Índia, entende ser comum aos países em desenvolvimento a necessidade de atualizar e modificar as condições do saneamento em resposta ao crescimento econômico, populacional e da mudança dos padrões de vida dele resultante.

O desafio consiste em equacionar os custos necessários para esta tarefa. A formulação escolhida deve incentivar práticas sustentáveis – redução de áreas impermeáveis, adoção de técnicas compensatórias e reaproveitamento das águas pluviais - aliadas à viabilidade socioeconômica da taxa. O financiamento deve, portanto, ter caráter educativo e não meramente arrecadatório ou punitivo.

Grigg (2019), em seu trabalho, defende a implantação da cobrança pelos serviços de drenagem. Discute os cuidados a serem tomados para evitar, por parte da população, a possível percepção de ser esta apenas a “taxa da chuva”. Tal possibilidade é aventada por Caputo e Furtado (2019), ao afirmar que a maior parte dos gestores desconhece a realidade dos sistemas, aliadas à elevada carga tributária existente no Brasil.

Em adição, Larentis (2017) pontua que nos demais componentes do saneamento, a demanda é direta do usuário. O autor constata que é o usuário do sistema de abastecimento de água que consome água, produz esgoto e, da mesma forma, lixo. Na drenagem, entretanto, o consumidor tem a percepção de ser mero observador externo, não tendo assim, responsabilidade sobre a demanda, e, portanto, não identifica a necessidade de remunerar o serviço (LARENTIS, 2017).

Isto posto, é premente notar que uma cobrança em demasia onerosa pode ser inexecutável. Viabilizar a arrecadação, em níveis satisfatórios – para gestores e usuários - é viável e benéfica, desde que compreendidos os fatores deficitários aqui discutidos (CAPUTO e FURTADO, 2019).

Com efeito, uma opção para determinar valores módicos surge via quantificação do déficit de atendimento no serviço de drenagem. E, a partir deste, estimar custos para alcançar a universalização. Souza et. al (2013) oferecem contribuição a este princípio. Os autores agrupam os conceitos de déficit em drenagem em seis categorias, a saber: informação, qualitativo, tecnológico, técnico-institucional, de cobertura e de concepção e comunicação.

O déficit de informação se relaciona com o desconhecimento de elementos que produzam um diagnóstico preciso e atualizado sobre as sub-bacias urbanas. Compõem o panorama de informações: o cadastro de redes de drenagem, compreensão do uso e ocupação do solo e indicadores que permitam avaliar o funcionamento dos sistemas.

Em paralelo, quando não há estatísticas disponíveis para mensurar a qualidade das águas pluviais, define-se então o déficit qualitativo. Determinar a presença de sedimentos e a degradação dos corpos hídricos no meio urbano direciona e facilita os processos de investimento e tomada de decisão pelo gestor. À luz de Tucci (2012), compreende-se que a ausência de órgãos que promovam e sistematizem a oferta dos serviços de drenagem nas cidades corresponde ao déficit técnico-institucional.

O déficit tecnológico diz respeito à utilização de técnicas compensatórias em substituição ao modelo tradicional e higienista de drenagem por condutos. A abrangência da rede, por sua vez, está ligada ao déficit de cobertura, relacionada ao alcance do sistema de drenagem e sua eficiência em minimizar riscos de alagamentos (SOUZA et. al, 2013).

Por último, pode-se definir como déficit de concepção e comunicação aquele relacionado a dois elementos principais: 1) à ideia de que a solução técnica (de engenharia) é sempre melhor do que a participativa (envolve a sociedade); 2) à rejeição popular a medidas de adaptação não estruturais ou estruturantes (SOUZA et. al, 2013).

3.2. LEGISLAÇÃO TRIBUTÁRIA APLICADA A DRENAGEM URBANA

Mitigar alagamentos nas cidades exige fluxo de receitas para financiar o sistema de drenagem urbana (CAVALLIERI, 2019). Entretanto, apesar de diferentes pesquisas evidenciarem esta demanda, há controvérsia jurídica para definir a natureza (imposto, taxa, contribuição de melhoria ou tarifa) de eventual cobrança no Brasil (GOMES et. al, 2008; LISBOA et. al, 2014; LENGLER et. al, 2015; TASCA, 2016).

O artigo 29 da Lei 11.445, inciso III, não traz redação clara a respeito do tema. Aponta a possibilidade de cobrança do manejo de águas pluviais urbanas “na forma de tributos, inclusive taxas, conforme o regime de prestação do serviço ou das suas atividades” (BRASIL, 2007). É importante destacar que o parágrafo 1º do artigo 29 define que a eventual cobrança deve atender oito requisitos básicos, a saber: ampliar o acesso ao serviço de cidadãos e localidades de baixa renda, gerar recursos capazes de remunerar o capital, possibilitar investimentos e estimular a eficiência, inibir o desperdício, estimular a adoção de tecnologias modernas e priorizar a saúde pública (BRASIL, 2007).

3.2.1. IMPOSTO

Cançado (2006) e Nascimento et. al (2005) sugerem incluir os valores necessários à manutenção e operação do MAP na fórmula do IPTU. De fato, o Diagnóstico de Drenagem Urbana (BRASIL, 2019) indica que cerca de 60% dos municípios que afirmam realizar cobrança o fazem via adição à fórmula de cálculo do imposto.

O imposto, por definição da Lei 5.172/1966 referente ao Código Tributário Nacional - CTN, é “o tributo cuja obrigação tem por fato gerador situação independente de qualquer atividade estatal específica, relativa ao contribuinte”, i.e., *uti universi* (BRASIL, 1966). É, portanto, de natureza geral e indivisível.

Neste contexto, outros autores apontam possível inconstitucionalidade desta prática, dada a impossibilidade de vincular a destinação da receita. Em adição, os valores são disputados com o que restar da receita municipal vinculada constitucionalmente em saúde e educação (LENGLER e MENDES, 2015).

3.2.2. TAXA

Em paralelo, a taxa, segundo o CTN, tem origem na utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, também dito *uti singuli*, i.e., há usuário determinado, com utilização particular e mensurável (BRASIL, 1966).

Baptista e Nascimento (2002) defendem que a taxa de drenagem urbana encontra embasamento legal entre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Em semelhante direcionamento, Silveira et al. (2009) utilizam a definição de obrigação de outorga, presente na PNRH, e entendem que o respaldo estaria no fato de o manejo das águas pluviais afetar o regime, qualidade e quantidade de água disponível, e, portanto, o usuário do MAP é sujeito à cobrança. Deste modo, tal qual a valoração econômica praticada via outorga de uso, a cobrança atuaria como ferramenta de mudança do comportamento do usuário, definido como “poluidor-pagador”. O poluidor, ao alterar o regime hidrológico com modificações do uso do solo urbano, estaria sujeito à cobrança (BRASIL, 1981; FORGIARINI, 2007).

O desafio passa a ser quantificar o serviço disponibilizado para cada lote. Todavia, o manejo das águas pluviais é ofertado em regime de monopólio natural e com características de bem público (CAVALLIERI, 2019).

Quatro pontos são elencados como limitantes para definir o consumo do serviço de drenagem. Primeiro, a dificuldade de quantificar e definir quais são as áreas impermeáveis; outro, a falta de cadastro técnico, em terceiro, o conhecimento dos custos necessários para manter a operação das estruturas, e, por último, a abordagem político-administrativa ao invés de enxergar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento mais adequada (BERTHIAUME, 2015; CAPUTO e FURTADO, 2019).

Em reforço, Lengler (2015) define a cobrança via taxa como equivocada. Entende como principal impeditivo a natureza tributária da taxa. A autora cita como exemplo as discussões enfrentadas pela cidade de Santo André, no Supremo Tribunal Federal, que declarou, em 2014, a taxa implantada no município como inconstitucional, pois a forma da cobrança ocorria *uti universi* (BRASIL, 2014).

Amaro (2003) e Tasca (2016), ao defender a taxa, sustentam a tese de que a partir do momento na qual o Estado aparelha-se para executar o serviço, está atendida a exigência de especificação. Se o serviço é divisível, logo, a taxa pode ser instituída. Portanto, importa a divisibilidade e não a especificidade do serviço (AMARO, 2003).

À luz de Carrazza (2003), depreende-se a viabilidade de identificar o usuário de modo individual e mensurável. Pois, embora o sistema de drenagem seja “imposto” à população, é possível identificar o usuário e estimar a contribuição de cada terreno no escoamento pluvial lançado às redes. Assim, a indivisibilidade, segundo os autores, ocorreria na oferta e não na demanda do serviço.

3.2.3. CONTRIBUIÇÃO DE MELHORIA

A terceira alternativa, via contribuição de melhoria (Lei 5.172/1966), aparece como forma de arrecadação em um de cada cinco municípios que afirmam realizar cobrança (BRASIL, 2019). O trabalho de Lengler e Mendes (2013), simula esta estratégia para a cidade de Porto Alegre (RS). A metodologia aplicada demonstrou capacidade de arrecadar a totalidade do investimento pesquisado.

Originada do Decreto-lei nº 195 de 1967, a contribuição de melhoria é criada no caso de valorização de imóveis de propriedade privada, a partir de determinados tipos de investimentos públicas que as venham beneficiar. O tributo será devido em razão das obras públicas, dentre outras, de proteção contra inundações, de saneamento e drenagem em geral (BRASIL, 1967). Entretanto, podem ser cobradas apenas na região beneficiada pela obra, na condição de que provoque valorização dos imóveis por ela atingidos. (BRASIL, 1966).

Möller (2008) defende a contribuição entre os encargos mais justos no Brasil. A aplicação confere responsabilidade pecuniária somente aos beneficiários diretos de obras públicas. Souza (2008), em igual teor, entende que este instrumento é capaz promover o que denomina “Justiça distributiva”, além de possuir vocação de tributo progressivo. Entretanto, apesar de poder ser aplicado para obras de drenagem, seu caráter temporário não possibilita geração contínua de receitas – necessárias para a operação e manutenção. Além disto, o valor máximo é de até 3% do valor do imóvel à época da cobrança, com prazo prescricional de cinco anos – para cobrança pela Fazenda pública – da conclusão da obra.

A NACWA (2016) constatou que a legalidade dos mecanismos de financiamento envolve desafios para definir a natureza – e evitar a confusão entre taxas como impostos - de modo a originar o que convencionou como metodologias ilegais para calcular taxas. Os padrões podem ser até diferentes, porém, o objetivo da taxa deve ser regular, conduzir e compensar custos ao invés de simplesmente coletar receita. Assim, os benefícios podem ser evidenciados (GRIGG, 2019).

3.2.4. TARIFA

Uma quarta alternativa surge via adoção de tarifa. As tarifas são contraprestações financeiras de um particular para a utilização dos serviços públicos (OLIVEIRA, 2014). Conforme Alexandre (2010), é instituída por meio de contrato. Deste modo, sua adoção, por parte do usuário de MAP, é voluntária. De igual modo à taxa, é válida a exigência existente, de que haja há usuário determinado, com utilização particular e mensurável (BRASIL, 1966).

Evidencia-se que, a adoção desta forma de cobrança demanda a concessão do serviço de MAP à uma empresa. Esta, por sua vez, opera e mantém o serviço, de modo a recuperar o capital investido através da tarifa, a exemplo do que ocorre com a tarifa de água, ou da tarifa do transporte público, por exemplo.

Alexandre (2010), em reforço, acrescenta que o regime jurídico da tarifa reside no direito privado, ao contrário da taxa, que se encontra no arcabouço do direito público. Esta classificação, segundo o autor, decorre do simples fato de que, se adotada a forma de tarifas, há de se dizer que há a opção de contratá-las ou não. A súmula nº 545, do STF, pacifica a diferenciação entre taxa e tarifa. “Preços de serviços públicos e taxas não se confundem, porque estas, diferentemente daqueles, são compulsórias e tem sua cobrança condicionada a prévia autorização orçamentária, em relação a lei que as instituiu.”

Assim, entende Oliveira (2014), que a taxa é um tributo e por isso precisa de lei para ser instituída, ao passo que a tarifa, em razão de não configurar tributo, pode ser instituída tão somente por contratação. A questão central e limitante desta forma jurídica reside no fato de que, diante de uma situação de inadimplência, é praticamente impossível desligar o usuário inadimplente do “fornecimento” do serviço de drenagem, uma vez que, quando

disponível, serve a toda a população, indistintamente. O Quadro 2 resume o debate acerca da natureza jurídica da cobrança, a partir das definições do CTN.

Quadro 2 – Síntese da Legislação Tributária aplicada a Drenagem

Tributo	Definição	Argumentos a Favor	Argumentos Contrários
Imposto	Tributo cuja obrigação tem por fato gerador situação independente de qualquer atividade estatal específica, relativa ao contribuinte, i.e., <i>uti universi</i>	Forma simplificada de tributação; Presente em dois terços dos municípios que realizam cobrança da drenagem.	Impossibilidade de vincular a destinação da receita; Os valores são disputados com o que restar da receita municipal vinculada constitucionalmente em saúde e educação.
Taxa	Tem origem na utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, também dito <i>uti singuli</i> , i.e., há usuário determinado, com utilização particular e mensurável.	A partir do momento na qual o Estado aparelha-se para executar o serviço, está atendida a exigência de especificação. Se o serviço é divisível, logo, a taxa pode ser instituída.	Discussões enfrentadas nos tribunais; Dificuldade de se estabelecer o consumo individual do serviço de drenagem
Contribuição de Melhoria	Criada no caso de valorização de imóveis de propriedade privada, a partir de determinados tipos de investimentos públicas que as venham beneficiar. devido em razão das obras públicas.	A aplicação confere responsabilidade pecuniária somente aos beneficiários diretos de obras públicas; É capaz promover “Justiça distributiva”; Possui vocação de tributo progressivo	Possui caráter temporário; Não possibilita geração contínua de receitas; Valor máximo é de até 3% do valor do imóvel à época da cobrança
Tarifa	Preços de serviços públicos instituída através de contrato privado, entre o usuário, e o prestador do serviço	Não precisa de lei para instituir a cobrança; A adoção é voluntária;	Em casos de inadimplência, é praticamente impossível desligar o usuário devedor do “fornecimento” do serviço de drenagem urbana.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de CARRAZA, 2003; GOMES et. al, 2008; SILVEIRA ET. AL, 2009; LENGLER et. al, 2015; TASCA, 2016; CAPUTO E FURTADO, 2019; CAVALLIERI, 2019)

3.3. MODELOS DE FINANCIAMENTO

Atribuir valor financeiro ao déficit de drenagem nos centros urbanos pode não ser tarefa simples. A partir das definições de Souza et. al. (2013) é possível entender dificuldades, como a intangibilidade da avaliação de custos em determinados aspectos. Dois exemplos são: valorar as deficiências na comunicação e concepção dos projetos, ou mesmo a extensa campanha necessária para estabelecer os níveis de qualidade das águas pluviais na totalidade das sub-bacias de uma cidade. Neste sentido, os métodos de valoração monetária ambiental configuram alternativa válida para quantificar, ainda que de forma indireta, custos relacionados às seis categorias de déficit delineados por Souza et al. (2013) e apresentadas anteriormente.

Faria et al (2008) levantam a hipótese de que as pessoas ao adquirirem propriedades imóveis levam em conta as características locacionais e ambientais. Logo, podem ser estimados os prejuízos oriundos de falhas nos sistemas de drenagem urbana a partir da desvalorização imobiliária a que deu causa. Essa ligação auxilia a tomada de decisão e na alocação de recursos, quer na análise econômica de investimentos, ou pelo planejamento das políticas públicas (NETO et al., 2014).

Rodrigues e Santana (2012) classificam as técnicas em duas classes: direta e indireta. Na primeira, encontra-se o método de valoração contingente; na segunda, dentre outros, o método de custos de viagem e os preços hedônicos.

Uma acepção genérica acerca da técnica de avaliação contingente é feita sob a ótica de que esta metodologia utiliza questionários, aplicados a beneficiários de determinada intervenção ambiental (NETO et al, 2014). A estes, indaga-se a disposição de pagar pela implantação das melhorias, e assim, é possível valorar as vantagens financeiras de determinada intervenção (PEREIRA e NASCIMENTO, 1997).

O modelo do custo de viagem baseia-se no fato de que, para consumir serviços proporcionados pelo recurso natural de que se trate, os usuários devem deslocar-se até esse local (AGUIRRE e FARIA, 1997).

Aguirre e Faria (1997) ponderam que a precificação de um bem qualquer pode ser descrita em termos de uma quantidade relativamente pequena de características, tais como tamanho, localização e idade.

A literatura de preços hedônicos assume esta possibilidade; assim, os preços de um determinado imóvel podem ser estimados com uma função de preço hedônico, como explicado na equação 1:

$$P = f(X, y) \quad (1)$$

Onde:

- P é o preço do imóvel;
- X é um vetor de variáveis que afetam o preço do imóvel;
- y é a variável que indica a presença de benfeitoria pública.

Deste modo, o valor do imóvel torna-se a variável dependente e as variáveis explicativas são as características que determinam este preço (FARIA et. al, 2008; NETO et. al, 2014).

Uma possível função para o preço de um imóvel pode ser descrita da seguinte forma:

$$P = \beta_0 + \beta_1 * \text{Área} + \beta_2 * \text{Quartos} + \beta_3 * \text{IPTU} + \beta_4 * \text{Tipo_Pavimentação} + \beta_5 * \text{Alagamentos} + \beta_6 * \text{Esgoto} + \mu \quad (2)$$

Onde:

- a variável P corresponde aos preços da residência;
- os termos β_0 e μ correspondem à constante da regressão e ao termo aleatório que reflete componentes não observados nos preços de residências.

As variáveis contínuas são:

- Área, que corresponde ao tamanho do imóvel,
- Quartos, que consiste no número de quartos da residência;
- Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU);
- Tipo de Pavimentação, que corresponde ao pavimento presente na rua onde o imóvel está situado.

As variáveis Esgoto e Alagamentos são definidas a partir do conceito de “variável dummy”, conforme a definição de Missio e Jacobi (2009): “variáveis dummy são variáveis artificiais que assumem valores de 1 ou 0 (onde 0 indica a ausência de um atributo e 1 indica a sua presença)”. Assim, estas variáveis valem 1 no caso de a residência ter sido construída em área com esgoto e na presença de alagamentos, respectivamente. Do ponto de vista teórico é de se esperar que os sinais dos coeficientes sejam positivos para as variáveis IPTU, Asfalto, Esgoto e Quartos, e negativos para Tipo de Pavimentação e Alagamentos. Faria et al. (2008), acrescentam que não existe consenso na literatura sobre qual é a função apropriada entre preços de residências e características/atributos delas. A relação apresentada em (2) é denominada modelo linear.

Outros dois modelos são comumente estimados na literatura, conforme relatado por Hastie e Tibshirani (1986), Faria et al. (2008), Lisboa et al (2014) e Mei et al. (2017). Os modelos semi-logarítmico e logarítmico, respectivamente das equações (3) e (4):

$$\log(P) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Área} + \beta_2 * \text{Quartos} + \beta_3 * \text{IPTU} + \beta_4 * \text{Tipo_Pavimentação} + \beta_5 * \text{Alagamentos} + \beta_6 * \text{Esgoto} + \mu \quad (3)$$

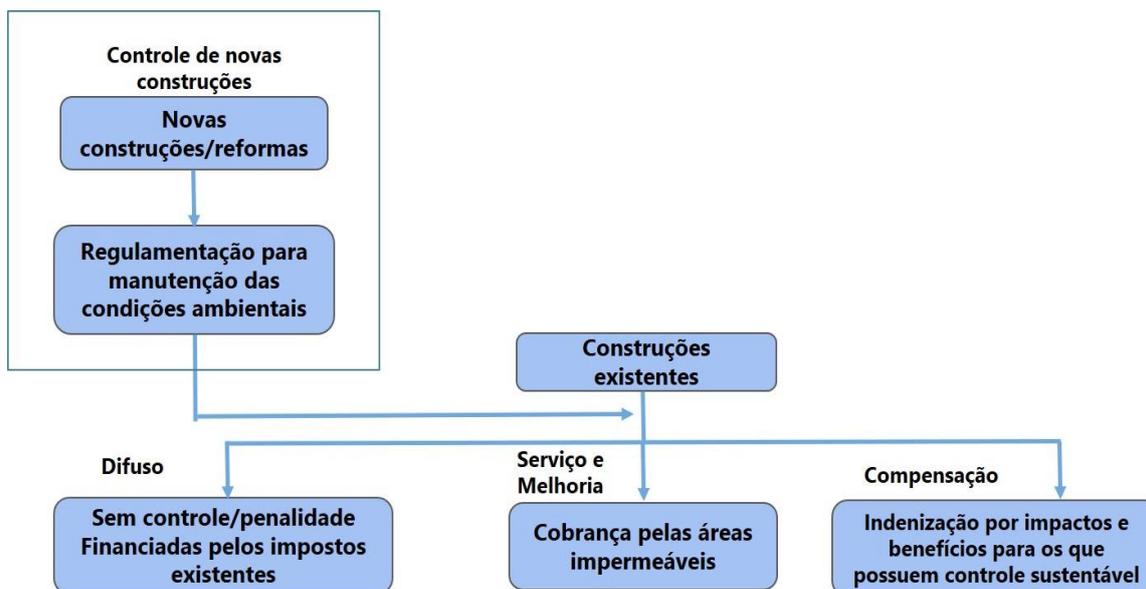
$$\log(P) = \beta_0 + \beta_1 * \log(\text{Área}) + \beta_2 * \log(\text{Quartos}) + \beta_3 * \log(\text{IPTU}) + \beta_4 * \log(\text{Tipo_Pavimentação}) + \beta_5 * \log(\text{Alagamentos}) + \beta_6 * \log(\text{Esgoto}) + \mu \quad (4)$$

Lisboa et. al (2016) em sua pesquisa, concluiu que os modelos lineares são adequados para representar a função de preços hedônicos. Faria et. al. (2008), encontrou melhores resultados com a função logarítmica. Diante da incerteza envolvida, os três modelos são simulados.

Qualquer que seja a técnica de valoração escolhida, a metodologia deve ser executada de forma cautelosa, a de forma a minimizar vieses na avaliação que prejudiquem o resultado.

Independente da forma legal de tributação, existem três esquemas de recuperação de custos de gestão e operação da drenagem urbana: sistema difuso, sistema de cobrança por serviço e melhoria e sistema de compensação, conforme mostra a Figura 2 (TUCCI, 2012).

Figura 2 – Esquema dos Modelos de financiamento



Fonte: Tucci (2012)

O primeiro concentra a arrecadação em impostos já existentes ou em um tributo adicional. Assim, quando adotado, verifica-se a incorporação dos custos no orçamento geral da administração. É o caso da taxa de iluminação pública e a limpeza das ruas. Este fato deriva de que o sistema não distingue os usuários. Esta estratégia pode limitar a gestão e expansão do manejo de águas pluviais, pois o recurso destinado divide espaço com outras demandas do orçamento público (LENGLER e MENDES, 2015; TASCA, 2016).

Por sua vez, o sistema de cobrança por serviço e melhoria diferencia classes de usuários. Em significativa parte dos modelos - tais como o Fator Equivalente Residencial (REF), a taxa desenvolvida pela Semasa (1997) em Santo André (SP), e Intensidade de Desenvolvimento (ID) - o princípio de arrecadação é proporcional ao volume de escoamento superficial gerado. Deste modo, o usuário que impermeabiliza maior quantidade de áreas em seu lote, arca com parcela maior dos custos, pois demanda estruturas capazes de abrigar o acréscimo de escoamento por ele criado.

Silveira et. al (2009) defendem a arrecadação através da relação entre a causa do impacto do escoamento das águas pluviais e os custos de minimização do efeito. O sistema de compensação parte desta ideia; indenizar impactos causados a jusante – por cada usuário - nos diferentes usos do solo, que modificam a condição natural preexistente. Desta forma,

conforme Tucci (2012), seria possível regular proprietários que não controlam o escoamento.

O sistema de compensação se diferencia do modelo de cobrança pelo serviço quanto à justificativa e aos incentivos nas ações individuais de controle dentro da propriedade. Para cada sujeito passivo à cobrança, haveria taxação específica, baseado na área impermeável em planta da propriedade e a conexão com a rede pública (TUCCI, 2012).

Tucci (2012) aponta limitações deste modelo, em face de dois fatores: os incentivos fiscais podem ser pequenos para uma parte da população, de modo a não incentivar a boa prática ambiental. E, em segundo, o risco de desequilíbrio entre receita e despesas na medida em que os usuários passem a adotar medidas individuais de infiltração para reduzir a taxa devida.

3.3.1. PROCESSOS DE CÁLCULO DA TAXA

Partindo das definições de Tasca (2016) e Zhao et al. (2019), os processos de cálculo de uma cobrança pelo MAP se dividem em duas classes: taxa fixa e taxa variável, também dita baseada em parcelas.

A seguir, são apresentadas a técnica de cálculo para a taxa fixa, e quatro técnicas para a taxa variável - a saber: unidade de águas pluviais equivalente (URAPE), fator equivalente residencial (REF), intensidade de desenvolvimento (ID) e área hidráulica equivalente (EHA).

3.3.1.1. TAXA FIXA

Nesta estrutura, o consumidor paga uma quantia fixa pelo uso do serviço de águas pluviais, independente do uso real (NEEFC, 2005). Há uma variante, que ocorre quando os lotes são categorizados por uso ou grupos de tamanho de propriedade, porém com valores fixos de cobrança (ZHAO et. al. 2019).

Nos Estados Unidos (EUA), em 2018, foram identificadas 236 cidades com esta estratégia de cobrança, com taxas que variam de US\$ 0,001 a US\$ 69,25 por mês (CAMPBELL, 2018). Na cidade de Denver (EUA), a definição do valor máximo de cobrança é 0,1% sobre o valor venal da propriedade (UDFCD, 2016).

Guayaquil, maior centro urbano do Equador, baseia o faturamento no consumo medido de água. Mejía et. al (2015) relatam valores médios de cobrança na ordem de US\$ 1,66 por cada 100 m³ de água tratada consumida (MEJÍA et al. 2015).

Berlim, capital da Alemanha, adota semelhante sistema; a diferença é que a arrecadação é baseada na área drenada de cada propriedade. Desde 1º de janeiro de 2018, o valor fixado é de 1,84 euros por metro quadrado (m²) de área drenada. (WATECO, 2017; WASSERBETRIEBE, 2018).

3.3.1.2. TAXA BASEADA EM PARCELAS

Na modalidade da taxa variável, o uso do sistema é determinado pelo volume de escoamento de águas pluviais produzido pela propriedade do consumidor (TASCA et. al, 2018). Vários parâmetros podem ser utilizados. Destacam-se a área impermeável, a quantidade de escoamento gerado e a intensidade de desenvolvimento.

Dentre os estudos no Brasil, Tucci (2002) define a taxa a partir do rateio dos custos para implantar um plano de drenagem, e sua posterior operação e manutenção das ações executadas. O estudo, pioneiro nas tratativas de delinear estratégias de arrecadação, avalia que o volume gerado pelas áreas impermeáveis seria 6,33 superior ao das áreas permeáveis. Assim, seria possível diferenciar valores por cada lote, conforme descrito na Equação 5.

$$T_x = \frac{A \cdot C_{u_i}}{100} (15,8 + 0,842 \cdot A_i) \quad (5)$$

Onde:

- A é a área da propriedade em metros quadrados (m²);
- C_{u_i} é o custo unitário da operação e manutenção da drenagem urbana, em R\$/m²;
- A_i é a porcentagem de área impermeável do lote calculado.

O custo unitário, por sua vez, é descrito pela Equação 6:

$$C_{u_i} = \frac{100 \cdot C_t}{[A_b \cdot (15,8 + 0,842 \cdot A_i)]} \quad (6)$$

Onde:

- C_t = Custo total (R\$) para realizar a operação e manutenção do sistema da cidade;
- A_b = Área da bacia em m²;
- A_i = Área impermeável de toda a bacia em %.

O trabalho de Lisboa et. al (2014), com base nestas premissas, avaliou renda per capita média, testada do imóvel e área impermeabilizada como parâmetros para o estabelecimento da cobrança, sendo que a testada do imóvel ofereceu melhores resultados na pesquisa realizada.

Nascimento et al. (2006) estabelecem modelo via custo médio de implantação e manutenção. O valor é obtido dividindo o custo total do sistema pelo total da área impermeabilizada atendida por ele. Os resultados indicam que o custo individual dos serviços não é desprezível, e a adoção do modelo pode estimular a adoção de técnicas compensatórias para reduzir os volumes de água liberados dos lotes, e reduzir, assim, o valor pago. Dentre as principais limitações, os autores apontam que as análises feitas pelo estudo ocorreram em bacia hidrológica hipotética, e que a pesquisa abre campo para análises de custo-benefício, ou com outros parâmetros.

A metodologia proposta por Gomes et. al (2008) não faz alusão ao índice de impermeabilização da bacia, mas, quantifica os custos do sistema de drenagem pela contribuição de cada lote e das vias públicas. Os autores identificaram que a taxa deverá cobrir somente os custos com operação e manutenção desses sistemas, pois a cobrança pelos investimentos realizados poderá inviabilizar social e economicamente a execução do instrumento.

No contexto atual, uma técnica de cálculo bastante difundida é o sistema de águas pluviais equivalentes (ERU). Este utiliza a média da área impermeável de lotes residenciais como unidade padrão. No Brasil, foi simulado para a cidade de Santo Amaro da Imperatriz, na região metropolitana de Florianópolis (SC), com adaptações (TASCA & ASSUNÇÃO, 2019). A relação entre a área impermeável e o impacto das águas pluviais é relativamente fácil de explicar ao público com base no argumento de que “você paga o que impermeabilizar” (EPA, 2008). Além disto, como neste modelo a análise de área permeável não é necessária, essa abordagem exige menor tempo para determinar a cobrança.

O modelo descrito por Tasca (2016), define a URAPE a partir dos conceitos da ERU, com adaptações de equações conforme descritas por Kea et. al. (2016). A taxa é cobrada com base na quantidade de área impermeável do lote, independentemente de sua área total. Uma unidade de URAPE é definida conforme a Equação 7:

$$URAPE = \frac{\sum A_{il}}{n} \quad (7)$$

Onde:

- $\sum A_{il}$ = Somatório de todas as áreas impermeáveis dos lotes residenciais;
- n = Quantidade de lotes na área urbana.

A taxa anual da URAPE é o simples rateio dos custos de operação e manutenção pelo total de URAPE da área considerada. O valor a ser pago por cada lote é comparado com a taxa unitária, ou seja, quantas URAPES o lote possui quando comparado à unidade padrão. Vale ressaltar que nesta metodologia todos os lotes são considerados como residenciais.

$$\text{Taxa anual por URAPE} = \frac{\text{Custo de operação e manutenção}}{\text{Total de URAPES}} \quad (8)$$

$$n^{\circ} \text{ de URAPE por propriedade} = \frac{A_{il}}{1 \text{ URAPE}} \quad (9)$$

$$\text{Taxa por lote} = n^{\circ} \text{ URAPE} * \text{Taxa anual por URAPE} \quad (10)$$

As desvantagens desta sistemática partem do fato de que as parcelas permeáveis não são computadas, além de avaliar a área média impermeabilizada da região considerada. Assim, a forma de cálculo é considerada menos equitativa que outras, tais como a Área Hidráulica Equivalente (EHA) ou Intensidade de Desenvolvimento (ID) (EPA, 2008).

Em paralelo, a ID baseia a alocação de custos na porcentagem de área impermeável em relação à área bruta do terreno. Todas as parcelas (inclusos aqui lotes vagos e parcelas permeáveis dos lotes) são cobrados uma taxa com base em sua intensidade de desenvolvimento. São criadas então, vários níveis de desenvolvimento, que diferenciam os níveis de cobrança (EPA (2008); FISHER-JEFFES e ARMITAGE (2013); CAMPBELL (2018)).

Devido ao fato de computar a totalidade do terreno, o cadastro técnico permanece atualizado por mais tempo. Todavia, tal aspecto dificulta a implantação, por ser um processo mais complexo. Em adição, o escoamento gerado não é computado e explicar aos usuários a metodologia de cálculo da taxa pode se tornar crítico.

O impacto combinado das áreas impermeáveis e permeáveis que geram escoamento é o pressuposto da Área Hidráulica Equivalente (EHA). A diferenciação ocorre na forma de faturamento: os espaços impermeáveis possuem valores de cobrança em patamares muito superiores aos das áreas ditas permeáveis. De modo análogo ao ID, a necessidade de análises mais detalhadas de cada lote requer mais tempo para determinar o preço final de cobrança. Também é mais complicado explicar aos clientes que o método ERU (EPA, 2008).

Um terceiro sistema que considera o escoamento gerado por cada propriedade é o Fator Equivalente Residencial (REF). Campbell (2018) afirma que diversas estratégias de cálculo para a determinação do escoamento superficial são relatadas neste sistema; a mais comum, porém, parte do método da Curva Número, do Serviço de Conservação de Recursos Naturais dos Estados Unidos (NRCS/EUA) (TASCA, 2016).

A taxa é um rateio dos custos pelos usuários, de modo proporcional ao escoamento gerado por ele. A chuva e o lote padrão referencial são arbitrários no sistema REF; logo, a seleção é política. Além destes fatores, autores afirmam que a arrecadação pode ser aquém das demandas orçamentárias e não ficar clara para os usuários, de modo a gerar conflitos jurídicos (TASCA et. al, 2018; CAMPBELL, 2018).

O escoamento (Q) é dado pelas equações 9 e 10, seguintes:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (11)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (12)$$

Sendo:

- Q = Escoamento (em milímetros),
- P = Precipitação (em milímetros),
- S= Potencial máximo de retenção (em milímetros);
- CN= número da curva da bacia.

A experiência de Santo André (SP), operada entre 1997 e 2014, criada pela Lei Municipal 7.606/97, tinha o objetivo de remunerar os custos de manutenção do sistema de drenagem urbana, até ser julgada inconstitucional pelo STF. A taxa de drenagem fora destinada à limpeza de bocas de lobo, galerias de águas pluviais, piscinões e córregos (SEMASA, 2019). O cálculo do tributo carregava similaridades com o REF e levava em conta o tamanho da área coberta do imóvel e o volume lançado no sistema de drenagem, conforme a equação 13 (CUCIO, 2009).

$$TD = p * V \quad (13)$$

Onde:

- TD - Taxa de drenagem, em reais;
- p - custo médio mensal, por metro cúbico do sistema de drenagem, em reais;
- V - Volume lançado pelo imóvel - em m³.

Este volume é calculado de acordo com índice pluviométrico médio dos últimos 30 anos, obtido pela curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF). Assim, a determinação de p é feita pela Equação 14:

$$p = P * Vt \quad (14)$$

Sendo:

- P - Custo total mensal do sistema de drenagem - em reais;
- Vt - volume mensal produzido na área urbana do Município, em m³.

Portanto, o escoamento gerado por cada lote advém da Equação 15:

$$V = 1,072 * 10^{-7} * c * i * A, \text{ sendo } \dot{i} = \frac{d * T^e}{(t + t_0)^f} \quad (15)$$

Onde:

- V - Volume lançado pelo imóvel j - em m³;
- c - coeficiente de impermeabilização;
- i - índice pluviométrico - em mm/h - método Otto-Pfasteter;

- A - área coberta do imóvel - em m²;
- t - Tempo de concentração - em minutos;
- T - Período de retorno - em anos.
- d, e, f, t₀ são parâmetros da região estudada, a serem determinados através do tipo de ajuste escolhido.

Apesar de extinta judicialmente, esta metodologia foi a maior experiência, com fórmula e forma direta de cobrança, a ser efetivamente executada no Brasil. Durante sua vigência, foi capaz de recolher aos cofres do Tesouro Municipal de Santo André (SP) cerca de R\$ 6 milhões/ano (TASCA, 2016).

De fato, qualquer mecanismo de tarifação da drenagem pluvial exige elevado esforço técnico, político e jurídico para tornar viável sua implementação (TASCA e ASSUNÇÃO, 2019). Assim, a adequada quantificação dos impactos da urbanização e sua associação às condições físicas particulares locais são requeridas. As informações do Quadro 3 resumem as vantagens e desvantagens de cada técnica de cálculo.

Quadro 3 – Resumo das Metodologias de Cálculo

	Técnica	Síntese da Metodologia de Cálculo	Vantagens	Desvantagens
Taxa fixa	Área Bruta do Imóvel	Valor cobrado sobre a área bruta do terreno.	Facilidade de cálculo.	Considerada injusta Abordagem pouco refinada
Taxa baseada em parcelas	Unidade de Águas Pluviais Equivalente (ERU)	Taxa cobrada sobre a média da área impermeável dos lotes residenciais.	É considerada justa; Fácil de explicar ao público Técnica possui boa aceitação.	Necessita de atualização constante dos Valores conforme expansão urbana; Áreas permeáveis são desconsideradas. Não considera os processos hidrológicos
	Fator Equivalente Residencial (REF)	Quantidade de escoamento de um lote unifamiliar padrão para determinada precipitação.	Considera os processos Hidrológicos;	A chuva escolhida e o lote padrão são arbitrados, podendo gerar distorções; Pode não arrecadar a totalidade dos recursos necessários.
	Intensidade de Desenvolvimento (ID)	É baseada no percentual de área impermeável de cada lote em relação a área bruta do terreno.	É equitativo, pois avalia as áreas permeáveis; permite manter o cadastro técnico atualizado por mais tempo, pois pequenas alterações nas áreas não modificam o valor da taxa	Lotes não são faturados em proporção direta ao escoamento das águas pluviais; Mais complexo explicar aos usuários.
	Área Hidráulica Equivalente (EHA)	Avalia o impacto combinado das áreas impermeáveis e permeáveis na geração do escoamento pluvial de cada terreno. A área impermeável é cobrada em uma taxa muito maior do que a área permeável.	Método equitativo	Exige mais tempo para determinar o número total de unidades de faturamento; Mais complexo explicar aos usuários.

Adaptado de EPA (2008), Tasca (2016), Campbell (2018) e Tasca e Assunção (2019)

4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa incorporou ações de drenagem e manejo de águas pluviais em dois municípios alagoanos: a capital, Maceió e Paulo Jacinto. A localização da área de estudo pode ser visualizada nas Figuras 6 e 8. A simulação da cobrança é feita em seis bacias hidrográficas a) Bacia do Reginaldo, Riacho do Silva, e Sudeste Atlântico, em Maceió; b) Bacia do Riacho Taquara, Drenagem Rio Paraíba e Riacho Lunga, em Paulo Jacinto.

Em linhas gerais, os domicílios que compõem a amostra apresentam fornecimento contínuo de água e coleta regular de lixo. Conforme esperado, constatou-se que o serviço de esgotamento sanitário não é universal. A Tabela 1 apresenta as condições gerais de acesso aos serviços de saneamento.

Tabela 1 – Condições gerais de acesso aos serviços de saneamento

Item/ Cidade	Maceió	Paulo Jacinto
1 - Abastecimento de Água		
Rede pública	95,90%	99,0%
Poço ou carro pipa	2,70%	1,00%
Não possui	1,40%	-
2 - Esgotamento Sanitário		
Rede pública	59,50%	19,30%
Fossa e Sumidouro	29,70%	50,70%
Não possui	10,80%	30,0%
3 - Coleta de Lixo		
Possui	97,30%	98,00%
Não possui	2,70%	2,00%
4 - Coleta Seletiva		
Sim	12,80%	-
Não	87,20%	100%

Fonte: O Autor a partir de pesquisa de campo

4.1.1. MACEIÓ

Maceió possui área de 503 km², com 1,02 milhões de habitantes e produto interno bruto (PIB) *per capita* de R\$ 20,8 mil (DATAVIVA, 2019). De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a densidade demográfica é de 1854,10 hab/km² e 47% da população tem acesso aos serviços de saneamento.

Localizado na Mesorregião Leste Alagoano, Maceió tem o maior PIB do Estado. Contudo, cerca de 63% da receita municipal advém de fontes externas – transferências constitucionais do estado e da União. A renda mensal média é de 2,7 salários mínimos, com 26,4% da população ocupada, empregados principalmente na administração pública e no setor de serviços (IBGE, 2017).

É importante destacar que cerca de 4 em cada 10 maceioenses vivem com rendimentos de até 1 salário mínimo (IBGE, 2017). A taxa de mortalidade infantil é de 12,8 óbitos a cada mil nascidos vivos e ocorrem 0,7 internações por diarreia a cada mil habitantes (IBGE, 2017).

A gestão da drenagem urbana de Maceió está a cargo da Secretaria Municipal de Infraestrutura e Urbanização – SEMINFRA. Desde julho de 2016 a capital dispõe de plano de saneamento básico (PMSB) (MACEIÓ, 2016). O diagnóstico do PMSB (2016) aponta que Maceió carece de instrumento normativo de padronização dos serviços de planejamento, fiscalização, operação e manutenção dos sistemas.

O sistema existente funciona da seguinte forma: as áreas localizadas em altitudes entre 70 e 114 m encaminham as águas pluviais através dos talvegues até as áreas planas junto à orla, com escoamento chegando aos rios e canais, e destes diretamente para o Oceano Atlântico ou para a Laguna Mundaú. Na parte alta da cidade, verifica-se ainda a presença de uma bacia endorréica (MACEIÓ, 2016).

Acerca dos recursos hídricos, a cidade é cortada por três regiões hidrográficas: Região do Rio Pratagy, do Rio Mundaú e do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM). Essas três regiões, na zona urbana, são subdivididas em 15 bacias hidrográficas: Águas de Ferro, Garça Torta, Guaxuma, Jacarecica, Meirim, Oeste Mundaú, Pratagy, Reginaldo, Riacho Doce, Mundaú, Riacho do Silva, Sudeste Atlântico, Sudoeste, Sul Atlântico e Endorréica do Tabuleiro. Para o presente estudo, foram consideradas as áreas concernentes às bacias do Riacho do Silva, Riacho Reginaldo e Sudeste Atlântico, que estão entre as cinco com maior contingente populacional inseridos nos seus divisores de água, conforme a Figura 6.

Deste modo, foi possível simular a cobrança em áreas com diferentes níveis de ocupação imobiliária. O processo escolhido possibilita, assim, obter amostra representativa da capital alagoana. As informações resumo podem ser vistas na Tabela 2.

Tabela 2 – Tamanho e população residente nas Bacias Hidrográficas de Maceió

Bacia	Tamanho	População (2010)	Área Impermeável estimada
Reginaldo	24,70	220.480	57%
Endorreica do Tabuleiro	40,84	179.941	41%
Sudoeste	11,29	123.424	80%
Riacho do Silva	12,81	93.637	30%
Sudeste Atlântico	7,34	88.733	85%
Jacarecica	26,21	61.971	SEM DADOS
Rio Mundaú	12,04	48.326	22%
Águas Férreas	5,42	41.908	41%
Riacho Doce	17,11	35.695	SEM DADOS
Garça Torta	11,05	22.883	SEM DADOS
Oeste Mundaú	3,54	15.787	25%
Sul Atlântico	2,30	15.111	37%
Pratagy	76,39	12.577	SEM DADOS
Meirim	163,76	4.641	SEM DADOS
Guaxuma	2,90	3.037	SEM DADOS

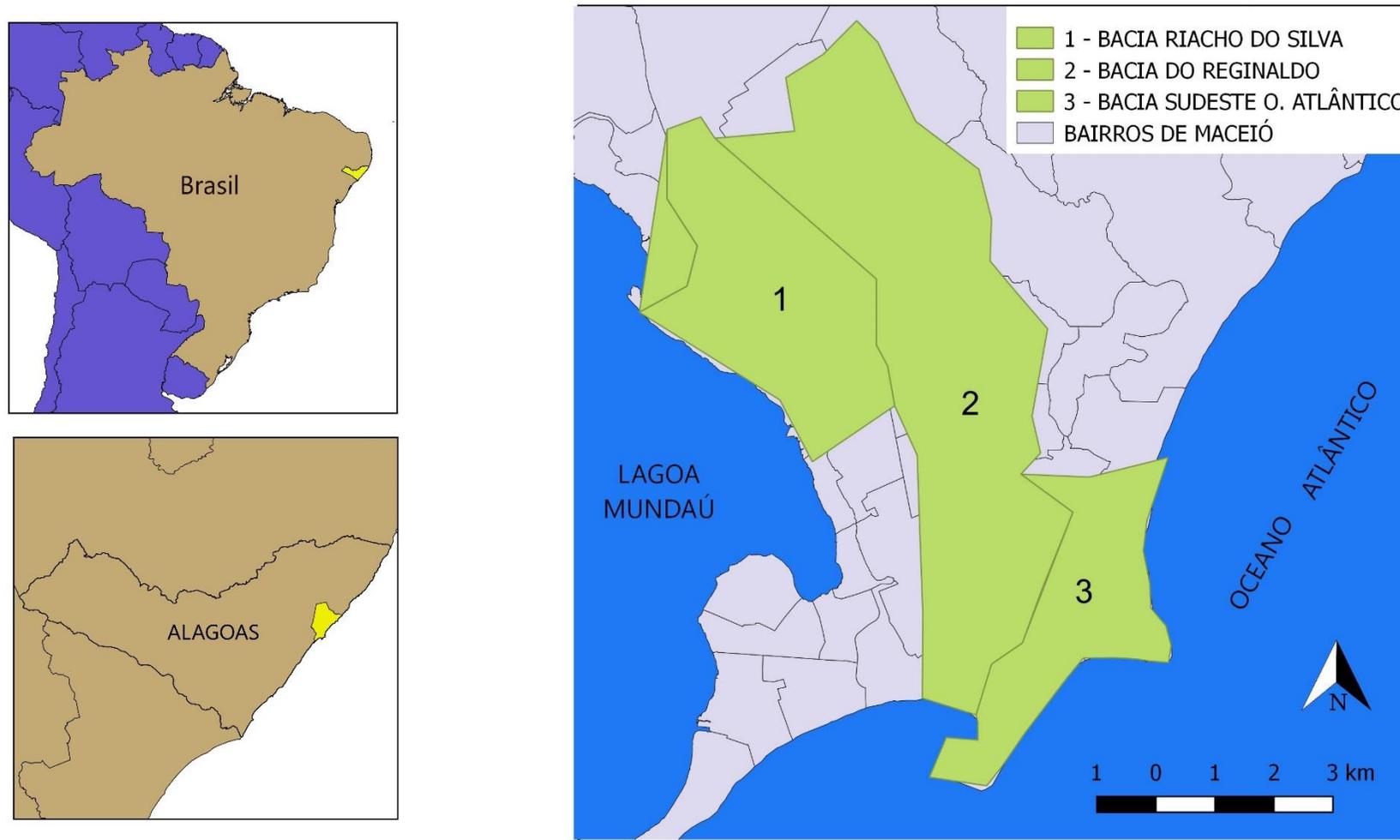
Fonte: Adaptado de Maceió (2016) e IBGE, (2010)

Peplau (2006), Neves et al. (2007), Fernandes (2010) e Silva et al. (2017) definem que a Bacia do Reginaldo está entre as principais da cidade de Maceió. Isto decorre do fato de a bacia abranger 17 dos 50 bairros da cidade, e abrigar cerca de 30% da população. O exutório da Bacia é o Oceano Atlântico (PEPLAU, 2006). Silva et al. (2017) acrescentam que a região apresenta grandes problemas de degradação ambiental e deficiências na infraestrutura urbana, especialmente de saneamento básico.

A Bacia hidrográfica do riacho do Silva, afluente da margem esquerda da laguna Mundaú, tem o seu território totalmente situado na área urbana da cidade de Maceió, assim como as outras bacias analisadas neste estudo. A rede de drenagem, de acordo com Silva e Fernandez (2015) se estende por cinco bairros: Tabuleiro do Martins, Petrópolis, Chã da Jaqueira, Gruta de Lourdes, com o exutório no Bebedouro.

A terceira área, correspondente à Bacia Drenagem Sudeste Atlântico, abriga total ou parcialmente seis bairros: Ponta da Terra, Ponta Verde, Cruz das Almas, Jatiúca, Jaraguá e Pajuçara. Concentra a maior parte da rede hoteleira da capital (MACEIÓ, 2016).

Figura 3- Área de Estudo em Maceió/AL (Bacias do Riacho do Silva, Reginaldo e Drenagem Sudeste Oceano Atlântico)

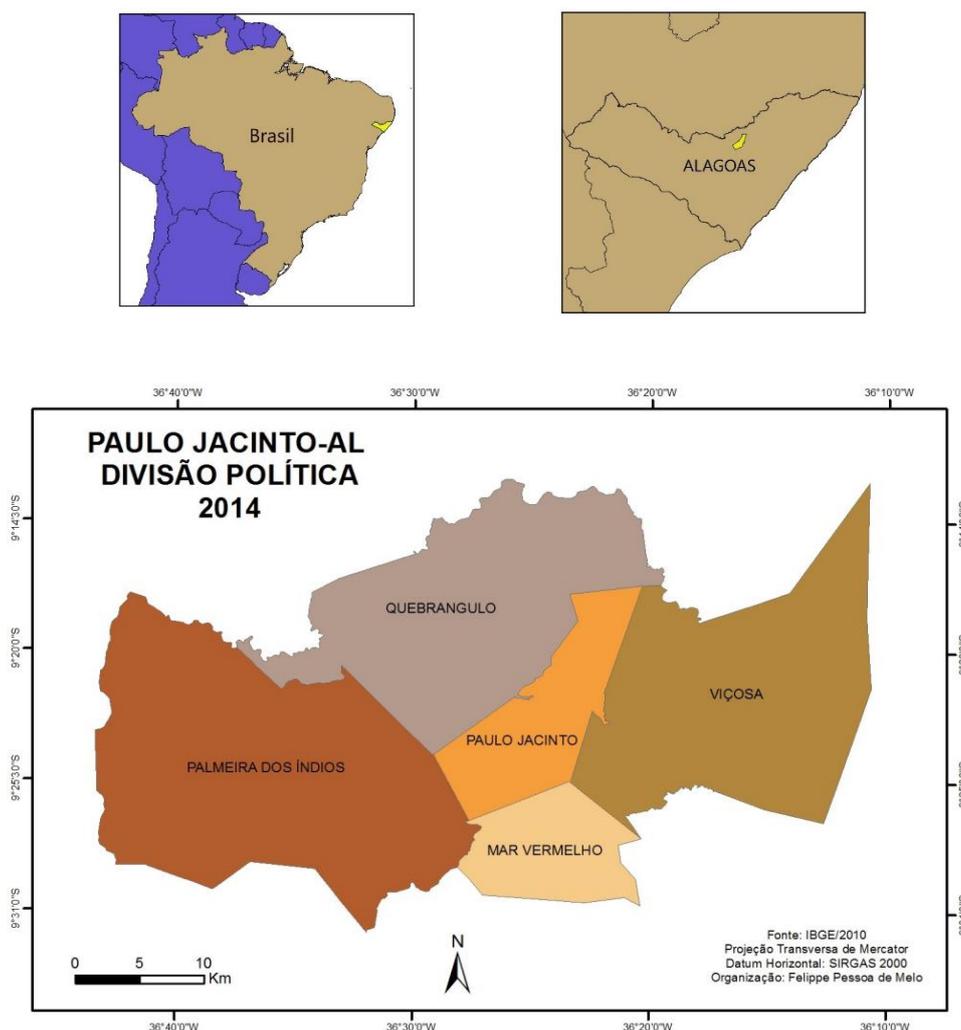


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Maceió (2016), IBGE (2010) e INPE

4.1.2. PAULO JACINTO

O município de Paulo Jacinto possui área de 118 km², conta com 7,68 mil habitantes e produto interno bruto (PIB) *per capita* de R\$ 8,07 mil (DATAVIVA, 2019). De acordo com dados do IBGE, a densidade demográfica é de 62,69 hab/km², e ao índice de cobertura de serviços de saneamento é de 12,6% (IBGE, 2017).

Figura 4 – Área de estudo - Paulo Jacinto/AL



Fonte: Melo, 2014

Localizado na Mesorregião do Agreste Alagoano, é um dos municípios mais pobres do estado. De fato, 93% da arrecadação do tesouro municipal advém de fontes externas – repasses constitucionais do estado e da União - e a renda mensal média é de 1,5 salários mínimos, com 7,5% da população ocupada.

As três principais ocupações são a administração pública, o setor de varejo e a pecuária, que respondem por 92% dos postos de trabalho ocupados (DATAVIVA, 2019). Mais da metade da população vive com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, em índice de 51,4% (IBGE, 2019). A taxa de mortalidade infantil é de 20,8 óbitos a cada mil nascidos vivos e ocorrem 0,4 internações por diarreia a cada mil habitantes (IBGE, 2019). O município encontra-se inteiramente na Região Hidrográfica do Rio Paraíba do Meio, como pode ser visualizado na Figura 6. Por sua vez, a zona urbana é subdividida em 3 bacias: Taquara, Paraíba e Riacho do Lunga.

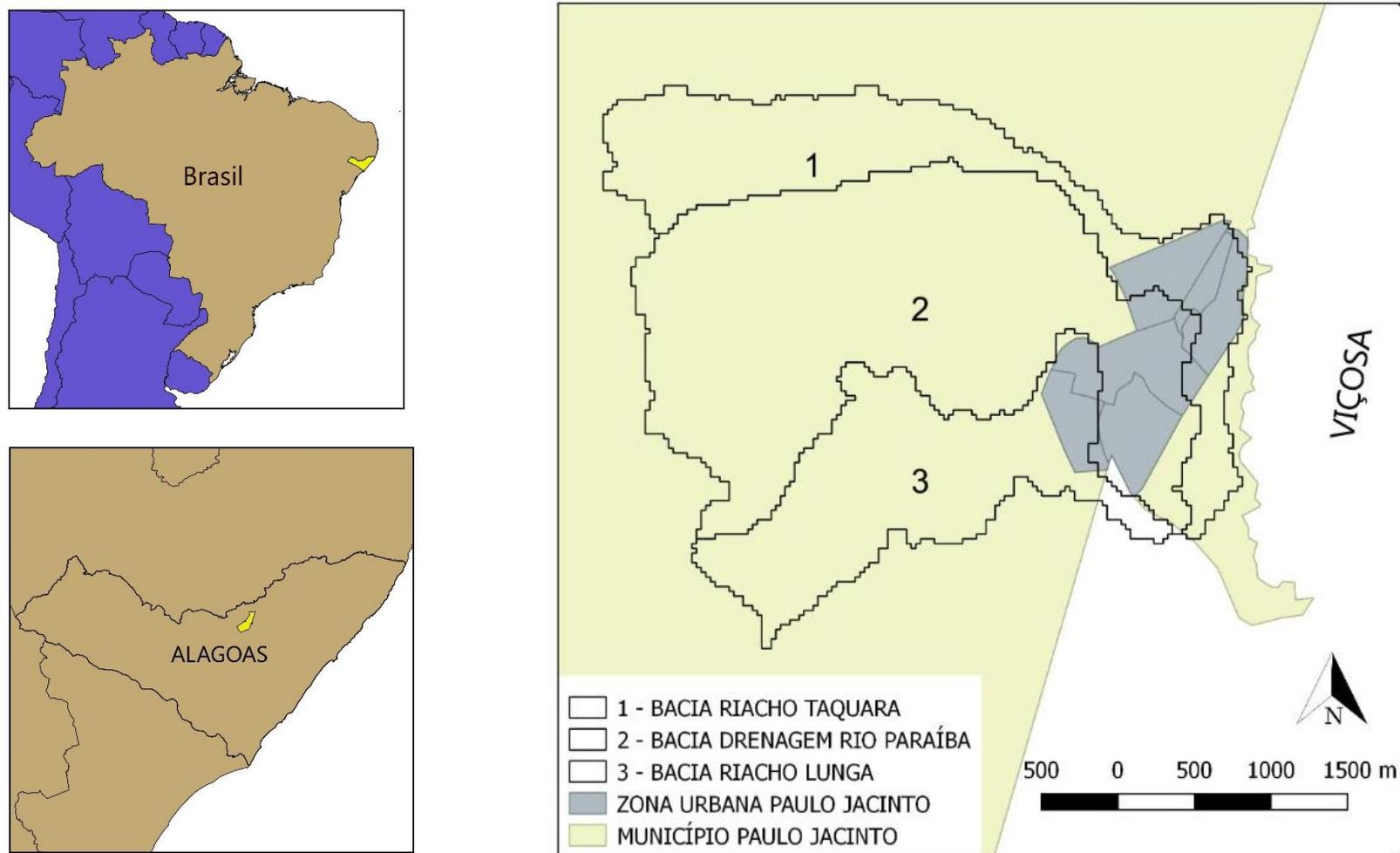
Apesar de ter recebido diversas intervenções no programa de reconstrução, ocorrida em todo o Vale do Paraíba após os eventos críticos de chuvas intensas em 2010, a cidade não dispõe de plano diretor de drenagem urbana, nem respondeu ao Diagnóstico de Drenagem Urbana realizado pelo governo federal (DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2019). Os serviços de saneamento básico são realizados pela Secretaria de Obras, e inexistem qualquer tipo de cobrança pelos serviços de drenagem.

Tabela 3 - Bacias Hidrográficas de Paulo Jacinto

Bacia	Tamanho (km ²)	Área Impermeável (estimada)
Riacho Taquara	0,85	15%
Drenagem Rio Paraíba	2,32	25%
Riacho Lunga	0,99	30%

Fonte: O Autor

Figura 5 - Área de Estudo em Paulo Jacinto (Bacia do Riacho Taquara, Bacia Drenagem Rio Paraíba, Bacia do Riacho Lunga)



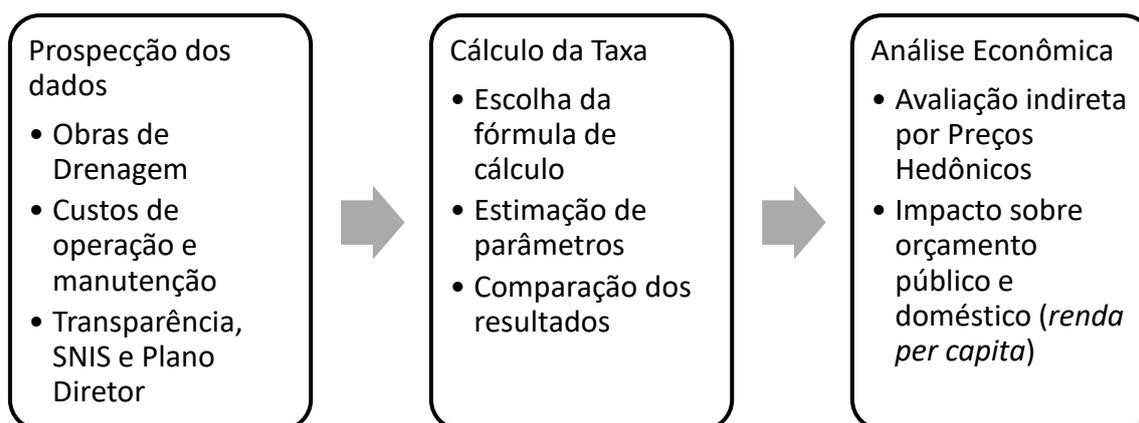
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Maceió (2016), IBGE (2010) e INPE

4.2. FERRAMENTAS E TÉCNICAS

As ferramentas utilizadas na pesquisa são aqui agrupadas em três etapas: primeiro, a prospecção e análise de dados de investimentos; na sequência, a escolha de três métodos de cálculo da taxa de drenagem, e por último, análise econômica, a partir do uso do método dos preços hedônicos, conforme ilustra o Quadro 4.

A escolha da avaliação via preços hedônicos visa estimar, de forma indireta, o prejuízo financeiro oriundo do déficit de investimento em drenagem urbana. O método elegido, dentre os três métodos citados no capítulo anterior, busca evitar os vieses que podem ser gerados quando perguntado diretamente a possíveis beneficiários de uma obra pública a disposição destes em pagar pela intervenção realizada.

Quadro 4 – Ferramentas e técnicas do plano de trabalho



Fonte: Elaborado pelo Autor

Na sequência são detalhados o algoritmo de cada etapa.

4.2.1. PROSPECÇÃO DOS DADOS DE INVESTIMENTO

O primeiro eixo serviu para delinear o atual modelo de gestão na área de estudo, ou mesmo constatar a sua inexistência, e fundamentar a solução apresentada. Para tanto, foram pesquisados dados secundários, acerca de obras de drenagem realizadas no período de 2014 a 2019 na área de estudo. Dados secundários são aqueles já coletados, tabulados e ordenados, quer por órgãos governamentais, quer por instituições privadas (GIL, 2007).

Foram utilizados dois métodos para a coleta de dados: o da observação e o da comunicação, conforme as definições de Mattar (1996): “O método da comunicação consiste em questionamentos verbais ou escritos que gerarão dados declarados verbalmente ou por escrito pelos respondentes”. Já na observação, há o registro de comportamentos, fatos e ações, não envolvendo questionamentos e respostas verbais ou escritas (Mattar, 1996).

Sob tal perspectiva, as informações concernentes foram obtidas através das próprias prefeituras, com base em dados disponíveis no Portal da Transparência e no Plano de Saneamento Básico. Elementos adicionais foram obtidos através do portal Alagoas em Dados, mantido pela Secretaria de Planejamento e Gestão do estado de Alagoas. Os resultados do Censo Demográfico do IBGE (2010), segregados por setor censitário, serviram de fonte de estimativa do número de lotes a serem utilizadas na simulação da taxa.

Por problemas administrativos nas prefeituras da região de estudo, não foi possível obter a informação dos custos indiretos da drenagem urbana, nem dos investimentos previstos diretamente a este item na lei orçamentária anual, uma vez que eles se encontram diluídos em outras dotações. Por este motivo, não foram considerados no presente estudo. As ações - previstas no Plano de Saneamento Básico de Maceió (PMSB) para universalizar o acesso ao serviço de drenagem urbana - foram agrupadas segundo os seis grupos de déficit definidos por Souza et. al (2013), conforme mostrado no Quadro 5.

Quadro 5 – Plano de Ação para universalizar o acesso à Drenagem

Tipo de Déficit	Ação
Institucional	Definir a regulação dos serviços de gestão das águas pluviais
	Elaboração do Plano Diretor de Drenagem
	Criação do Departamento de Drenagem
Comunicação e Concepção	Capacitação e da formação de recursos humanos
	Educação Ambiental para o Saneamento
	Implantação de um banco de projetos
Tecnológico	Implantação de base de custos para obras e serviços
	Incentivo às práticas sustentáveis de manejo das águas pluviais, via redução de impostos

Tipo de Déficit	Ação
Informação	Programa de cadastro das patologias estruturais dos canais e travessias
	Criar o cadastro informatizado do sistema de micro e macrodrenagem
	Criação de ferramenta computacional para fiscalização e montagem de equipe
	Implantar o SIG com cadastro da rede, zoneamento e lei de uso do solo e suas restrições
	Planejar ações preventivas com base em análise estatística e banco de dados georreferenciado.
Cobertura	Implantar Programa Manutenção Periódica de Limpeza e Desassoreamento.
Qualitativo	Implantação do Sistema de Alerta contra inundações.
	Monitoramento de qualidade da água na rede de drenagem

Fonte: Adaptado de Maceió (2016), a partir de Souza et. al. (2013)

O PMSB já prevê os recursos necessários para a execução das ações listadas em Maceió. A partir desta informação, a composição de custos foi construída, tendo por base a estrutura definida pelo IPEA (2012), e exibida no Quadro 6.

Quadro 6 - Itens de avaliação de custo dos serviços de drenagem urbana

Tipo	Descrição	% esperada
Administração	Custos administrativos	1,5%
Salários	Salários de pessoal.	40%
Gastos de custeio	Gastos correntes dos serviços	5%
Material permanente	Material permanente necessário à manutenção e à operação dos serviços.	18%
Serviços de terceiros relacionados	Serviços que podem ser incorporados nos anteriores, mas que são contratados externamente ao prestador de serviço.	5%
Serviços de mapeamento e de apoio	Serviços relacionados à identificação das áreas e alterações na impermeabilização. São serviços de geoprocessamento, compra de imagem etc.	11%
Plano diretor	Acompanhamento das ações do plano e sua revisão.	2,5%

Tipo	Descrição	% esperada
Contingência	Custos não previstos.	2%
Total	Subtotal e custo direto total.	85%
Outros	Fundo de reserva e taxas especiais.	15%
Custo total (CTS)	Custo final do serviço de MAP.	100%

Fonte: Adaptado de IPEA (2012)

Na sequência, o custo total é rateado entre a população, de modo a gerar um índice de investimento *per capita* necessário para universalizar o MAP. Este índice serviu para definir o custo total de investimento requerido em Paulo Jacinto, resultado do produto entre o investimento *per capita* e a população do município.

4.2.2. CÁLCULO DO TRIBUTO

Três métodos foram escolhidos para calcular o tributo: a replicação dos estudos de Tasca e Assunção (2019), com a técnica URAPE; em seguida, a experiência da Semasa (1997), em Santo André (SP), reproduzida com parâmetros adequados para a área de estudo, e, por fim, a avaliação de Tucci (2002), de acordo com as equações 5 e 6, definidas na revisão bibliográfica.

A adaptação da taxa praticada em Santo André (SP) considerou as relações expressas nas equações 11, 12 e 13. Utilizou-se a curva IDF correspondente às áreas de estudo. Para tanto, empregou-se a curva determinada por Santos (2018), conforme equação 16.

$$\dot{i} = \frac{1.021,17T^{0,1717}}{(t+8,5)^{0,7423}} \quad (16)$$

O tempo de retorno foi definido a partir de recomendações técnicas de projeto do Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais do Estado de São Paulo. Assim, foi escolhido o tempo de retorno $T=100$ anos e tempo de duração $t=2$ horas, com precipitação resultante de 61,2 mm.

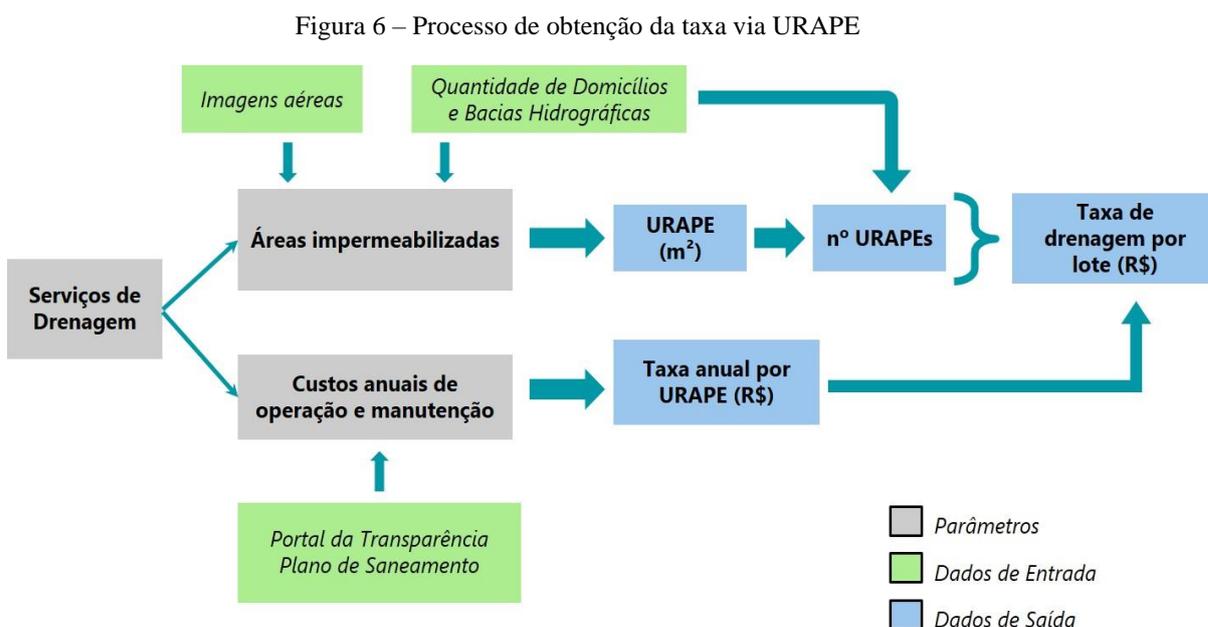
Conforme exposto no capítulo anterior, a URAPE, de modo equivalente à ERU, utiliza a média da área impermeável como denominador do valor de cobrança, independente da área total pesquisada, de acordo com a equação 5. A principal diferença do método de Tasca e Assunção (2019) para a ERU consiste no fato de que não há distinção entre os variados tipos de imóveis urbanos – tais como residência unifamiliar, condomínios, estacionamentos, estabelecimentos comerciais, dentre outros. A URAPE unifica as classes da cobrança, e considera todos os lotes como residenciais.

Segundo os autores, esta simplificação é crucial em vista da qualificação profissional dos servidores, necessária para implantar várias classes de cobrança, além da ausência de cadastros técnicos atualizados de uso e ocupação do solo nas cidades brasileiras (TASCA E ASSUNÇÃO, 2019).

A segunda distinção entre a URAPE e a ERU diz respeito aos custos considerados no rateio. Considerou-se que deve apenas cobrir os custos indiretos (manutenção e operação) da gestão da drenagem, priorizando o financiamento do sistema.

Os autores utilizaram ainda, como unidade de análise o setor censitário, menor unidade territorial estabelecida pelo IBGE. Para este estudo, contudo, optou-se por avaliar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, de modo a atender o critério utilizado pela PNRH (BRASIL, 2007).

O levantamento permite delinear um valor de cobrança anual da URAPE, proporcional ao escoamento gerado. Os custos de operação e manutenção dos sistemas são então rateados através expressão das equações 6, 7 e 8, definindo o tributo devido por cada lote (TASCA E ASSUNÇÃO, 2019) A Figura 6 descreve, resumidamente, o fluxograma de aplicação da URAPE.



Fonte: Adaptado de Tasca (2016)

4.2.3. OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS

4.2.3.1. DELIMITAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para confecção dos mapas foram utilizadas as malhas digitais existentes no IBGE - ano-base 2010, data do último censo demográfico realizado no país - donde se extraiu informações referentes aos municípios e setores censitários. A divisão por bairros ocorreu via mapas digitais disponibilizados pela Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio - Seplag/AL.

O contorno das bacias hidrográficas se deu a partir de técnica descrita por Cavalcante et. al (2013). Para a capital alagoana, empregou-se como base cartográfica o mapa elaborado no plano municipal de saneamento, obtido em formato PDF. A partir deste, o mapa foi convertido em arquivo dxf através de software de desenho assistido por computador (CAD).

Na sequência, a imagem gerada foi georreferenciada no datum de referência SIRGAS 2000. A extração e o georreferenciamento ocorreram através do software livre QGIS, em sua versão 3.4.

Já para a cidade de Paulo Jacinto, devido à ausência de plano de saneamento, ou mesmo de estudos que definissem divisores de água na zona urbana, recorreu-se a informações topográficas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e desenvolvidas por Valeriano (2005) e Valeriano et. al. (2009), no projeto Topodata.

O projeto Topodata, disponibilizado em 2009, oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo serviço geológico norte-americano (USGS) (INPE, 2019)

A folha correspondente à área de Paulo Jacinto é a de número 09_S375. Os dados foram incorporados ao QGIS, versão 3.4, e a modelagem das bacias hidrográficas a partir da função `r.watershed`, com a quantidade mínima de células – da folha 09_S375 analisada - para formar uma Bacia definida em 10000 células.

Esta configuração delineou três bacias na zona urbana da cidade, como visualizado anteriormente na Figura 8. Convencionou-se por denominá-las de Bacia do Riacho Taquara, Bacia Drenagem Rio Paraíba e Bacia do Riacho Lunga, que, de fato, são os três cursos d'água principais que perpassam o zoneamento urbano da cidade, sendo os dois riachos afluentes do Rio Paraíba do Meio.

4.2.3.2. CÁLCULO DAS ÁREAS IMPERMEÁVEIS

A determinação das áreas impermeáveis se deu a partir da classificação supervisionada de imagens. Para tanto, foram empregadas imagens de satélite obtidas através do software livre TerraIncognita, que disponibiliza imagens com resolução de até 0,5 m por pixel.

Esta classificação, em que é utilizada a informação espectral de cada pixel, permite determinar regiões homogêneas a partir de amostras de treinamento previamente cadastradas pelo usuário. As informações espectrais referem-se à tonalidade, textura e contexto dos objetos que compõem a imagem analisada. (FUSHITA et al., 2013).

Na classificação supervisionada, o usuário deve identificar na imagem uma área homogênea e representativa de cada classe de interesse, criando assim amostras de treinamento (INPE, 2016).

O algoritmo empregado neste estudo é o método da Máxima Verossimilhança, semelhante técnica utilizada por Tasca e Assunção (2019). Esta considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos relativamente complexos, traçando assim uma probabilidade de um determinado pixel analisado pertencer ou não a uma determinada classe (TASCA, 2016).

Segundo Richards (1993), o método da Máxima Verossimilhança pressupõe que a classificação errônea de um pixel não tem maior significância do que a classificação errônea de qualquer outro pixel presente na imagem.

Portanto, este algoritmo trata cada ponto como possuindo igual probabilidade de pertencer a qualquer classe. Por que razão, não se introduziram pesos para a classificação, de modo a evitar erro de tendenciosidade do operador.

A precisão, utilizando este tipo de classificador, é alcançada quando se tenham mais de uma centena de pixels treinados (CAVALCANTE, 2013). Fonseca (1998), define semelhante tamanho de amostra para o treinamento; para que considerada estatisticamente confiável, são necessários de 10 a 100 pixels selecionados por classe, considerando uma amostra homogênea, entretanto, que contenha toda a variabilidade existe dentro da amostra.

Sob tal perspectiva, foram cadastrados 250 polígonos de treinamento para cada bacia, de modo a atender, com segurança, os critérios supracitados. Também foram delineadas cinco classes de uso e ocupação do solo, a saber: vegetação, telhados, pavimento, solo exposto e cursos d'água. Estas informações compuseram o arquivo de assinatura espectral, salva em um arquivo vetorial.

Após os passos anteriores, deu-se início à classificação supervisionada das imagens obtidas de cada bacia, em que o arquivo de assinatura espectral é utilizado para identificar os pixels da imagem, e gerar um raster com os resultados. Com o raster gerado, o cálculo das áreas impermeáveis é resultado do algoritmo *r.report*, que gera estatísticas de área para rasters, de modo a concluir o processo de obtenção das bacias hidrográficas e a sua respectiva porcentagem de área impermeável.

4.2.4. ANÁLISE ECONÔMICA

A última etapa visou avaliar a viabilidade econômica, de modo a estabelecer relações entre o modelo teórico e a prática da gestão. Aqui se concentram três pontos: a simulação dos modelos, os impactos da cobrança sobre o orçamento da cidade e renda per capita dos municípios, e a aplicação do método dos preços hedônicos.

Para a aplicação e construção da função de preços hedônicos, foi aplicado questionário com 150 pessoas em Maceió e 150 pessoas em Paulo Jacinto, nas áreas das bacias investigadas. Entretanto, não foi distinguida a qual região o entrevistado pertence. A coleta das respostas efetivou-se pessoalmente, com entrevista porta-a-porta, complementada por envio de formulário eletrônico. A amostra alcançada define, nos resultados, índice de confiança de 90%, com margem de erro de 6%.

Treze perguntas foram feitas aos respondentes: sexo, idade, tamanho da casa/apartamento onde reside, quantidade de quartos do imóvel, valor pago de IPTU, valor do aluguel do imóvel, tipo de pavimento (terra batida, paralelepípedo ou asfalto) da rua onde está localizada a residência, forma do abastecimento de água, se há coleta de esgoto e coleta de lixo, se a rua onde reside possui problemas de alagamento e, em caso afirmativo, a frequência dos eventos de alagamento.

A partir da amostra coletada em campo, algumas observações foram eliminadas em concordância com o método de Faria et. al (2008). Entendeu-se que a informação referente ao valor pago em IPTU seria um importante variável de controle. Deste modo, os questionários que não dispuseram dessa informação foram excluídos.

Como citado anteriormente, nesse tipo de valoração, via questionário, é comum ocorrer algum tipo de viés relacionado ao valor do imóvel, já que esse valor é solicitado diretamente ao proprietário. Logo, para reforçar a consistência do trabalho, empregou-se a premissa levantada por Aguirre (1997) que mostrou que o preço do imóvel e o aluguel dele se equivalem pelo fato do segundo estimador ser transformação linear do primeiro. Assim, foi inquirido aos respondentes o valor pago de aluguel, ou o valor que estariam dispostos a pagar, em caso de imóvel próprio.

Os resultados da pesquisa permitiram então calcular a regressão linear múltipla, a partir de seis parâmetros, para definir o preço do aluguel: área do imóvel e quantidade de quartos, IPTU, tipo de pavimento, existência de serviço de coleta de esgoto, presença ou não de alagamentos, conforme a equação 1. Foram simulados os modelos lineares, semi-logarítmico e logarítmico, para determinar aquele que melhor se ajusta aos dados obtidos.

A partir do coeficiente calculado da variável alagamentos, construiu-se avaliação indireta de prejuízo, estimado pela desvalorização que este fator causa no preço final dos imóveis.

Aplicando o índice de rentabilidade de locação de imóveis - definido pela FIPE (Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas), para o mês de setembro de 2019 na cidade do Recife/PE – de 0,47% a.m, determina-se o valor médio dos imóveis a partir das respostas acerca do valor pago de aluguel coletadas no questionário. Com este índice é possível estimar o preço inicial de venda do imóvel.

Com este preço obtido, descontou-se o valor do prejuízo definido pela função de preços hedônicos para o fator alagamentos, e o resultado, estendido para a totalidade dos domicílios da cidade, é dividido pela área urbana do município.

As informações, compõem, assim, o impacto na precificação dos imóveis por conta da presença ou não de alagamentos, como parâmetro dos problemas de drenagem.

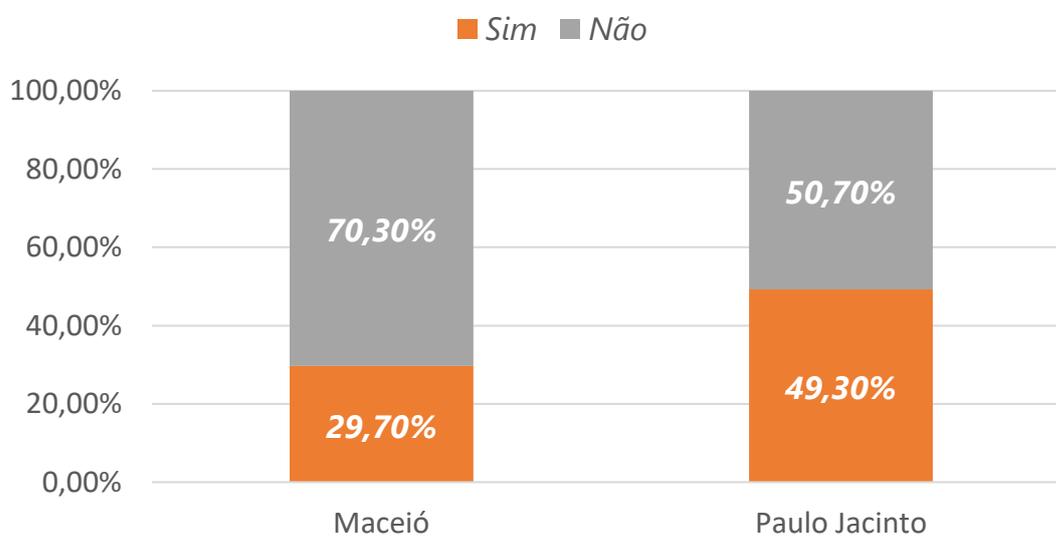
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ESTIMATIVA DE PREJUÍZOS A PARTIR DA FUNÇÃO DE PREÇOS HEDÔNICOS

Este levantamento, conforme dito anteriormente, visou analisar o impacto no preço de imóveis da área de estudo em face de falhas dos sistemas de drenagem nos dois recortes territoriais alvo da investigação.

Significante parcela dos entrevistados, durante a coleta de dados necessária para a aplicação do método, afirma enfrentar problemas relacionados com alagamentos. Na capital, cerca de um terço dos respondentes afirma residir em áreas com registro de alagamentos, índice que chega à metade da amostra em Paulo Jacinto, de acordo com a Figura 7. Este apontamento fornece indício de deficiência nos investimentos em serviços de drenagem urbana.

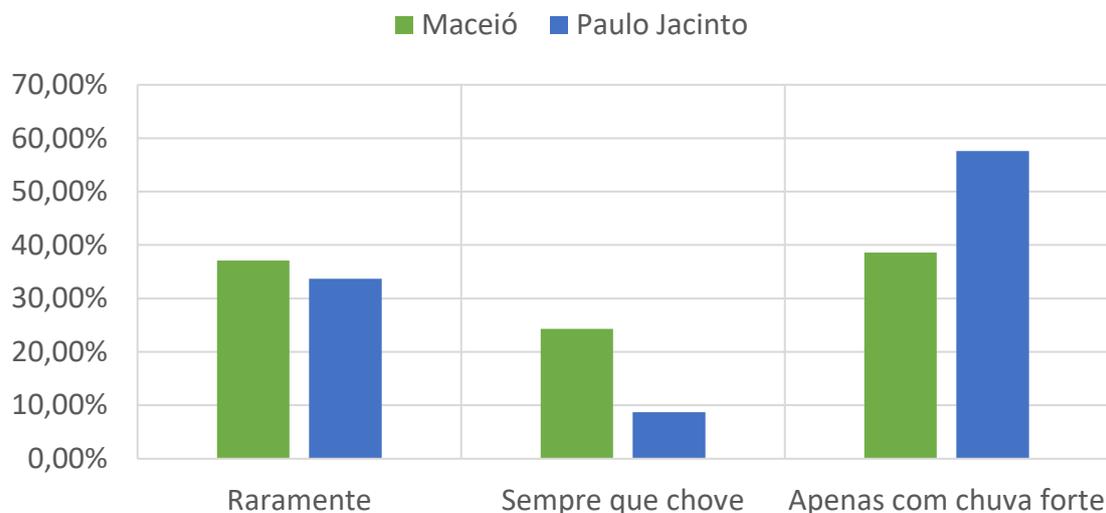
Figura 7 – Resposta à pergunta “A rua que você reside possui problema de alagamentos?”



Fonte: O Autor a partir de pesquisa de campo

Com vistas a ampliar a compreensão da extensão destes problemas, foi indagado, para aqueles que afirmaram residir em ruas afetadas com alagamentos, a frequência dos eventos, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Frequência dos eventos de alagamento

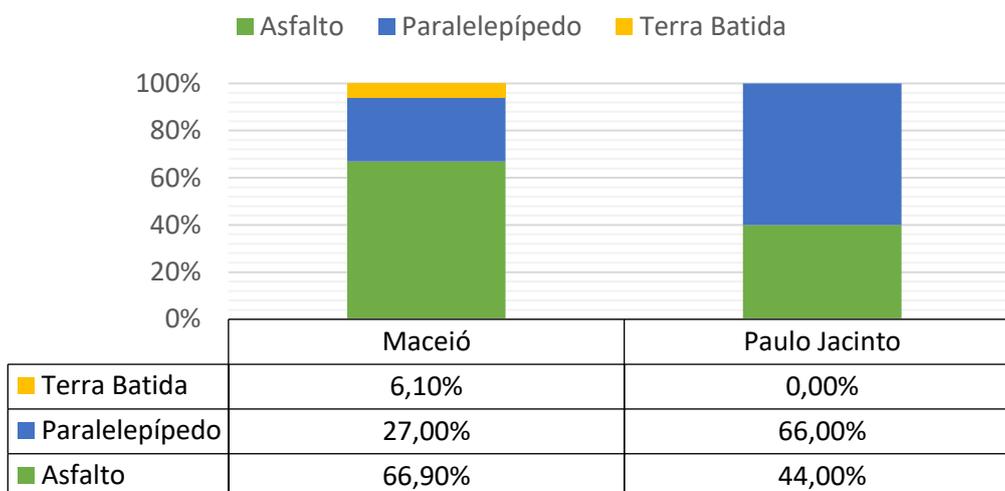


Fonte: O Autor a partir de pesquisa de campo

As respostas obtidas indicam, para além de uma possível heterogeneidade, indicativo de que os sistemas implantados funcionam adequadamente. De fato, a maior parte das respostas concentra-se na afirmativa de que o alagamento só ocorre em eventos definidos como “apenas com chuva forte”.

As condições de pavimentação, de acordo com a Figura 9, sugerem que o item não deve influenciar significativamente o preço dos imóveis. Verifica-se que há elevados índices de cobertura, quer por pavimentação asfáltica, quer por calçamento do tipo granítico.

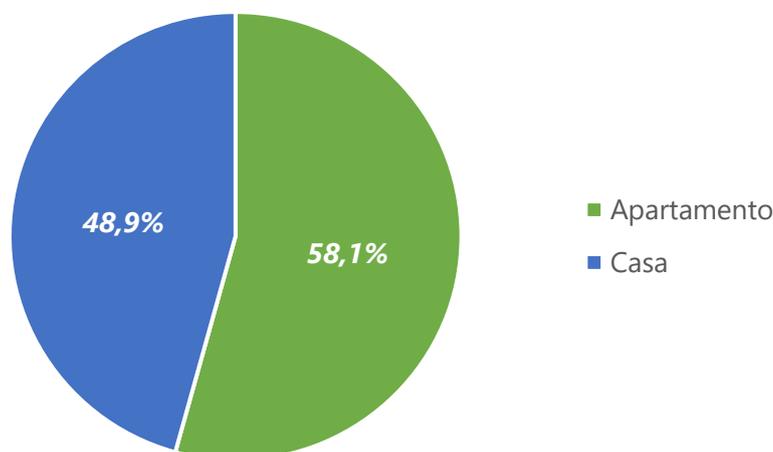
Figura 9 – Condições de pavimentação



Fonte: O Autor, com base em pesquisa de campo

A última pergunta realizada foi específica para Maceió. Foi indagado o tipo de imóvel a qual o entrevistado reside, como exposto na Figura 10.

Figura 10 – Gráfico Tipo de residência dos respondentes - Maceió



Fonte: O Autor, com base em pesquisa de campo

Este conjunto de respostas compôs os valores utilizados na aplicação dos preços hedônicos e estimados três modelos: linear, semi-logarítmico e o logarítmico, sendo os dois tomados na base logarítmica natural.

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados das regressões lineares múltiplas para cada função especificada. Em ambas as áreas de estudo, o modelo logarítmico ajustou melhor os parâmetros escolhidos, com R^2 ajustado igual a 59% para Maceió, e 43% para Paulo Jacinto.

O levantamento mostra que todas as variáveis são significantes com exceção da variável IPTU e Esgoto. Um fator explicativo possível é que a amostra coletada possui pouca variabilidade em torno da área média do imóvel, 122,86 metros quadrados, com erro padrão de 9,84 m². O baixo valor-p encontrado para a variável IPTU pode estar ligado a este fato.

A presença de alagamentos, como esperado, contribuiu para a redução do valor dos imóveis, evidenciado pelo sinal do coeficiente negativo. Dentre os modelos estimados, o que melhor se ajusta é o logarítmico.

Tabela 4 - Variável dependente – Valor do aluguel em Maceió

Modelos/Variáveis	Coefficiente	Erro padrão	Estatística-t	Valor-p
Função A: Modelo Linear				
Interseção	479,519	267,931	1,790	0,076
ALAGA	-99,041	93,024	-1,065	0,290
AREA	1,725	0,483	3,574	0,001
ESGOTO	43,254	65,788	0,657	0,512
IPTU	0,383	0,062	6,151	0,000
PAV_TIPO	-103,803	74,085	-1,401	0,164
QUARTOS	87,034	58,073	1,499	0,137
R ² ajustado	0,529			
Função B: Modelo Semi-logarítmico				
Interseção	6,479	0,075	-1,572	0,119
ALAGA	-0,118	0,000	2,285	0,024
AREA	0,001	0,075	-1,572	0,119
ESGOTO	0,056	0,000	5,825	0,000
IPTU	0,087	0,059	-3,104	0,002
PAV_TIPO	-0,184	0,059	-3,104	0,002
QUARTOS	0,097	0,075	-1,572	0,119
R ² ajustado	0,539			
Função C: Modelo Logarítmico				
Interseção	4,964	0,314	-1,425	0,157
ALAGA	-0,194	0,078	2,829	0,006
AREA	-0,110	0,054	0,673	0,502
ESGOTO	0,036	0,025	5,903	0,000
IPTU	0,159	0,036	-3,197	0,002
PAV_TIPO	0,210	0,061	1,376	0,172
QUARTO	0,160	0,117	-1,425	0,157
R ² ajustado	0,561			

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 5 - Variável dependente – Valor do aluguel em Paulo Jacinto

Modelos/Variáveis	Coefficiente	Erro padrão	Estatística-t	Valor-p
Função A: Modelo Linear				
Interseção	119,469	75,990	1,572	0,119
ALAGA	-14,856	26,718	-0,556	0,579
AREA	1,009	0,157	6,429	0,000
ESGOTO	-33,104	19,706	-1,680	0,096
IPTU	1,452	0,633	2,293	0,024
PAV_TIPO	-42,768	26,736	-1,600	0,112
QUARTOS	59,853	13,936	4,295	0,006
R ² ajustado	0,416			
Função B: Modelo Semi-logarítmico				
Interseção	5,160	0,214	24,151	0,000
ALAGA	-0,022	0,075	-0,297	0,767
AREA	0,002	0,000	5,016	0,000
ESGOTO	-0,129	0,055	-2,325	0,022
IPTU	0,004	0,002	2,154	0,033
PAV_TIPO	-0,084	0,075	-1,112	0,269
QUARTOS	0,156	0,039	3,992	0,000
R ² ajustado	0,414			
Função C: Modelo Logarítmico				
Interseção	4,051	0,319	12,715	0,000
ALAGA	-0,024	0,078	-0,309	0,758
ESGOTO	0,224	0,056	3,987	0,000
LOG_AREA	-0,117	0,058	-2,022	0,046
LOG_IPTU	0,118	0,064	1,853	0,066
LOG_QUARTOS	-0,082	0,078	-1,060	0,291
PAV_TIPO	0,530	0,122	4,347	0,000
R ² ajustado	0,427			

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com base no coeficiente da variável alagamentos – da função de preços hedônicos logarítmica - é possível inferir que a ocorrência de alagamentos impacta negativamente o preço dos imóveis em cerca de 11,8% para Maceió e 2,4% em Paulo Jacinto. Este valor resulta num prejuízo médio anual, por km², de R\$ 29.142,22.

Uma generalização, para o Brasil, ao considerar os parâmetros utilizados no estudo de Tucci (2012). Admitindo-se que a densidade demográfica urbana brasileira é de 65 habitantes/ha (EMBRAPA, 2008), e, de acordo com o IBGE, 81% da população brasileira se concentra nas cidades, é possível chegar ao valor de 23.500 km² de área urbana.

Assim, o prejuízo anual estimado, com base no estudo de preços hedônicos, é de R\$ 8,22 bilhões. O dado converge para o valor estimado por Tucci (2012), delineado a partir de estimativa de prejuízos para a cidade de Campo Grande (MS), na ordem de R\$ 8,39 bi/ano. Este número, vale ressaltar, encontra-se corrigido pela inflação acumulada do período do levantamento original, ano-base 2012, até 2019, data do presente levantamento.

5.2. CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

A segunda etapa consistiu no levantamento de custos para a universalização do acesso dos serviços de drenagem na área de estudo. O detalhamento dos resultados obtidos é exposto na Tabela 6.

Tabela 6 – Custo estimado - Ações de Operação e Manutenção em Drenagem Urbana – Maceió/AL

Tipo de Déficit	Ação	Valor
Institucional	Definir a regulação dos serviços de gestão das águas pluviais	R\$ 311.223,50
	Elaboração do Plano Diretor de Drenagem	R\$ 685.000,00
	Criação do Departamento de Drenagem	R\$ 480.000,00
Comunicação e Concepção	Capacitação e da formação de recursos humanos	R\$ 120.000,00
	Educação Ambiental para o Saneamento	R\$ 150.000,00
	Implantação de um banco de projetos	R\$ 6.390.000,00
Tecnológico	Implantação de base de custos para obras e serviços	R\$ 50.000,00
	Incentivo às práticas sustentáveis de manejo das águas pluviais, via redução de impostos	R\$ 60.000,00
Informação	Programa de cadastro das patologias estruturais dos canais e travessias	R\$ 358.500,00
	Criar o cadastro informatizado do sistema de micro e macrodrenagem	R\$ 114.750,00
	Criação de ferramenta computacional para fiscalização e montagem de equipe	R\$ 60.000,00
	Implantar o SIG com cadastro da rede, zoneamento e lei de uso do solo e suas restrições	R\$ 150.000,00
	Planejar ações preventivas com base em análise estatística e banco de dados georreferenciado.	R\$ 50.000,00
Cobertura	Implantar Programa Manutenção Periódica de Limpeza e Desassoreamento.	R\$ 480.000,00
Qualitativo	Implantação do Sistema de Alerta contra inundações.	R\$ 120.000,00
	Monitoramento de qualidade da água na rede de drenagem	R\$ 120.000,00
Orçamento Anual Requerido para Operação e Manutenção		R\$ 9.699.473,50
Orçamento anual requerido <i>per capita</i>		R\$ 9,68

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Maceió (2016)

A partir dos dados acima, verifica-se que é necessário o aporte de R\$9,68/ano/habitante para universalizar do acesso a drenagem em Maceió, considerando horizonte de 20 anos. Este investimento *per capita*, conforme mencionado anteriormente, foi replicado para Paulo Jacinto, totalizando um valor requerido anual de R\$ 72.291,09. A Tabela 7 contempla então a composição de custos para atender o montante de investimento requerido.

Tabela 7 – Composição de Custos para Operação e Manutenção da Drenagem em Maceió

Tipo	Descrição	% esperada	Valor
Administração	Custos administrativos	1,5%	R\$ 145.492,10
Salários	Salários de pessoal	40%	R\$ 3.879.789,40
Gastos de custo	Gastos correntes dos serviços	5%	R\$ 484.973,68
Material permanente	Material permanente necessário à manutenção e à operação dos serviços.	18%	R\$ 1.745.905,23
Serviços de terceiros relacionados	Serviços que podem ser incorporados nos anteriores, mas que são contratados externamente ao prestador de serviço.	5%	R\$ 484.973,68
Serviços de mapeamento e de apoio	Serviços relacionados à identificação das áreas e alterações na impermeabilização. São serviços de geoprocessamento, compra de imagem etc.	11%	R\$ 1.066.942,09
Plano diretor	Acompanhamento das ações do plano e sua revisão.	2,5%	R\$ 242.486,84
Contingência	Custos não previstos.	2%	R\$ 193.989,47
Total	Subtotal e custo direto total.	85%	R\$ 8.244.552,48
Outros	Fundo de reserva e taxas especiais.	15%	R\$ 1.454.921,03
Custo total (CTS)	Custo final dos serviços.	100%	R\$ 9.699.473,50

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IPEA (2012)

Com a composição de custos estabelecida, tem-se então o valor do déficit de investimento. Este advém da subtração dos valores de investimento executados, segundo a Tabela 8, e informados via Portal da Transparência de Maceió (MACEIÓ, 2019) e de Paulo Jacinto (PAULO JACINTO, 2019), considerando horizonte dos últimos cinco anos. O déficit, então, é o valor a ser empregado nas simulações da taxa.

Tabela 8 - Investimento em Drenagem Urbana (2014-2019)

Ano	Cidade	
	Paulo Jacinto	Maceió
2014	R\$ -	R\$ -
2015	R\$ -	R\$ 1.584.402,29
2016	R\$ -	R\$ 7.700.516,93
2017	R\$ 226.127,65	R\$ -
2018	R\$ -	R\$ -
2019	R\$ 2.928.759,33	R\$ 6.363.330,16
Total	R\$ 3.154.886,98	R\$ 15.648.249,38
Média Anual (A)	R\$ 45.225,53	R\$ 3.129.649,88
Investimento Requerido (B)	R\$ 72.291,09	R\$ 9.699.473,50
Déficit (B-A)	R\$ 27.065,56	R\$ 6.569.823,62

Fonte: Portal da Transparência (PAULO JACINTO, 2019; MACEIÓ, 2019)

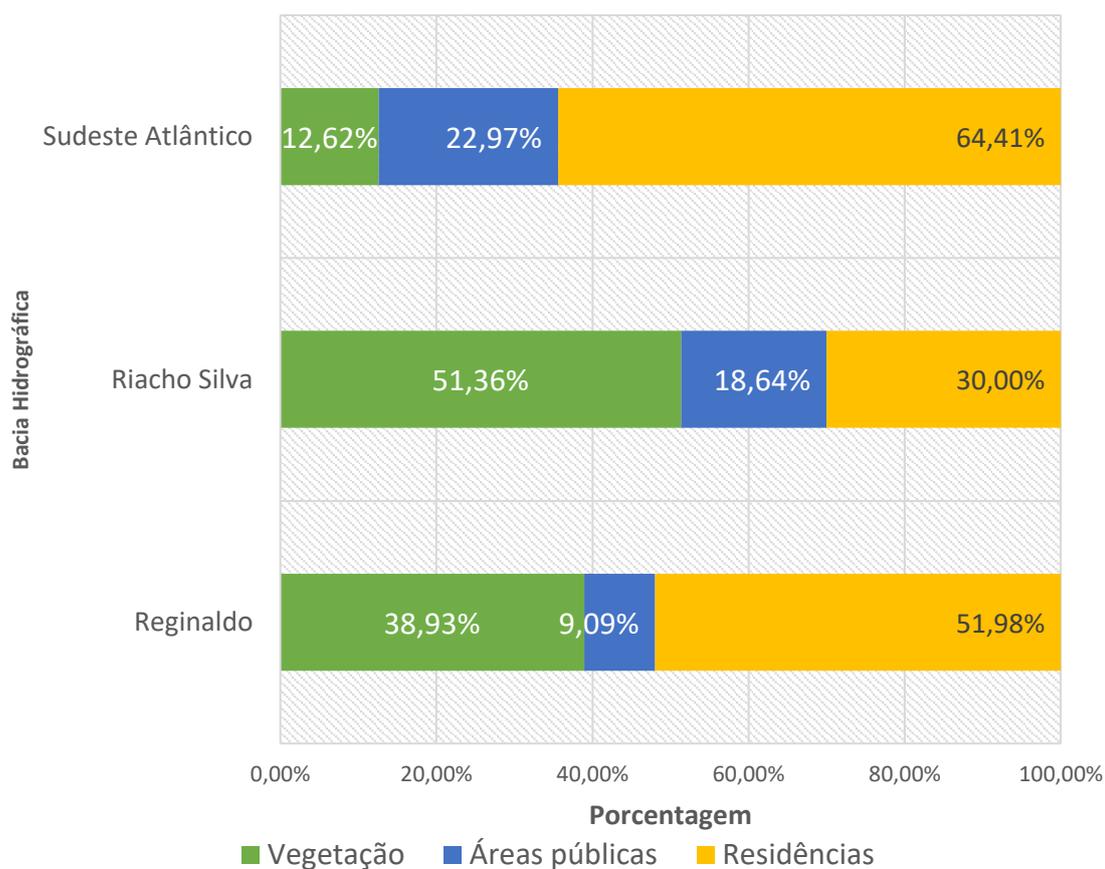
O valor de investimento registrado em 2019, para a cidade de Paulo Jacinto, foi considerado para fins de cálculo. Entende-se, que o valor elevado do investimento, atípico e oriundo de repasse de recursos da União para a construção de um parque municipal, se levado em consideração, zeraria teoricamente o déficit de investimento em drenagem, de modo a impossibilitar as análises aqui efetivadas.

5.3. ESTUDO DE CASO 1: MACEIÓ

Como esperado, as três bacias analisadas em Maceió apresentam configurações distintas de uso do solo. Há significativa variação na parcela impermeabilizada, quando alterada a região analisada. A Bacia Sudeste Atlântico - situada na área litorânea e altamente adensada, apresenta o maior índice de impermeabilidade, cerca de 88%, ao passo que a Bacia Riacho do Silva, na orla lagunar, e com menor densidade demográfica, apresenta índice em torno de 55%.

A configuração intermediária, da Bacia do Reginaldo, que perpassa dezoito bairros de Maceió, e por isso, abriga os principais eixos viários da capital, apresenta valores de 61,07% de impermeabilização, das quais 51% são residências. A distribuição encontrada é representada na Figura 11.

Figura 11 – Uso e Ocupação do Solo – Maceió



Fonte: Elaborado pelo Autor

Semelhante aos resultados obtidos por Tasca (2016), é importante salientar que a estimativa da média de área impermeabilizada, conforme exposto na Tabela 9, considerou a totalidade dos domicílios, sem avaliar se estão ocupados ou não. A razão para esta escolha reside na elevada dinâmica do desenvolvimento dos centros urbanos.

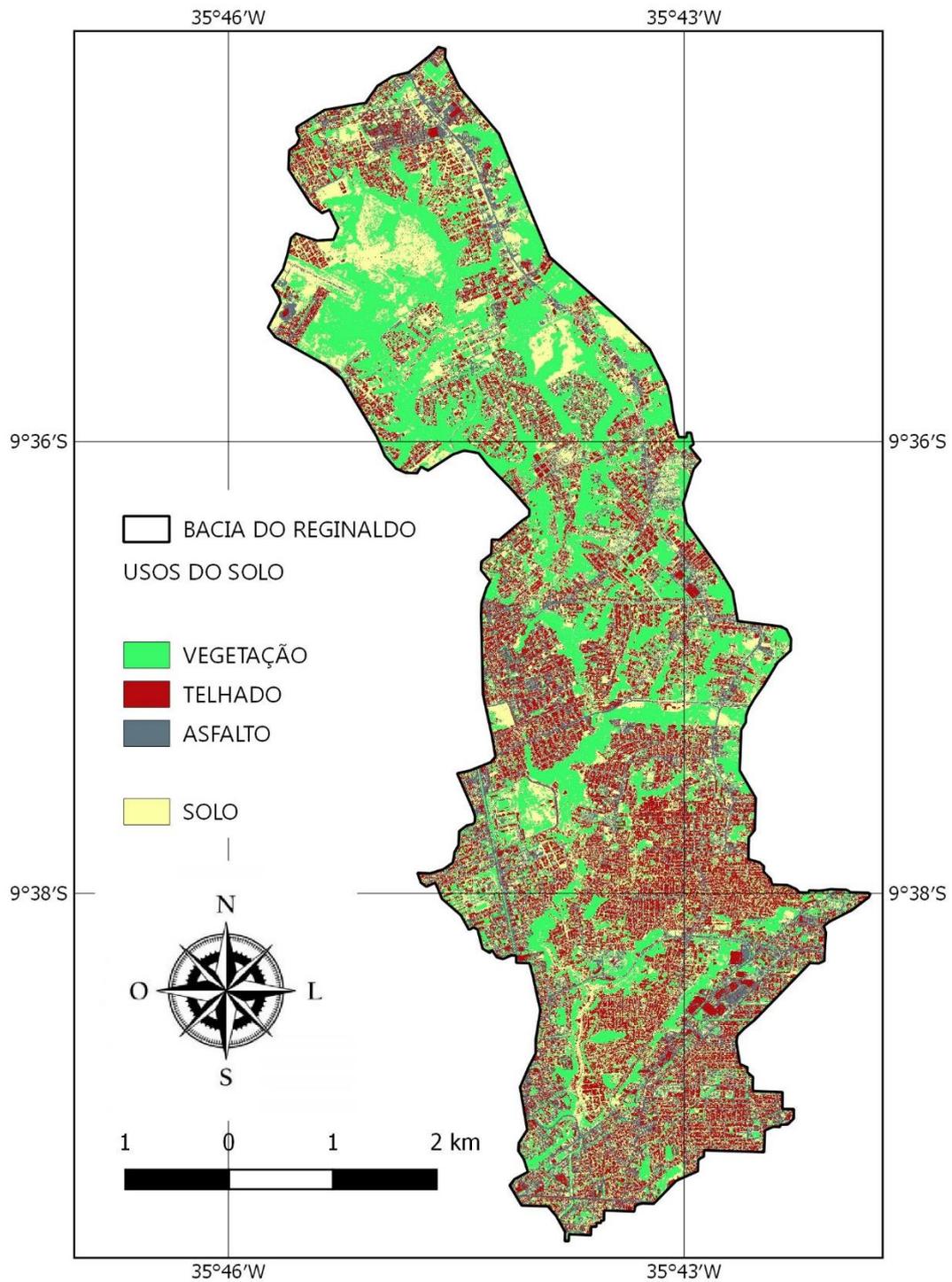
Tabela 9 – Dados Gerais - Maceió

Bacia	Renda <i>per capita</i> (R\$)	Quantidade de Lotes	Σ Área Impermeável (m²)	Custo de O&M (R\$/ano)
Reginaldo	R\$2.694,60	115.428	14.672.000,00	R\$ 2.628.662,68
Riacho Silva	R\$2.694,60	38.119	5.983.174,00	R\$ 868.090,87
Sudeste Atlântico	R\$2.694,60	37.209	3.141.027,00	R\$ 847.367,27

Fonte: Elaborado pelo Autor

As Figuras 12, 13 e 14 mostram o mapa de uso do solo individualizado por bacia.

Figura 12 – Mapa de uso do solo na Bacia do Reginaldo



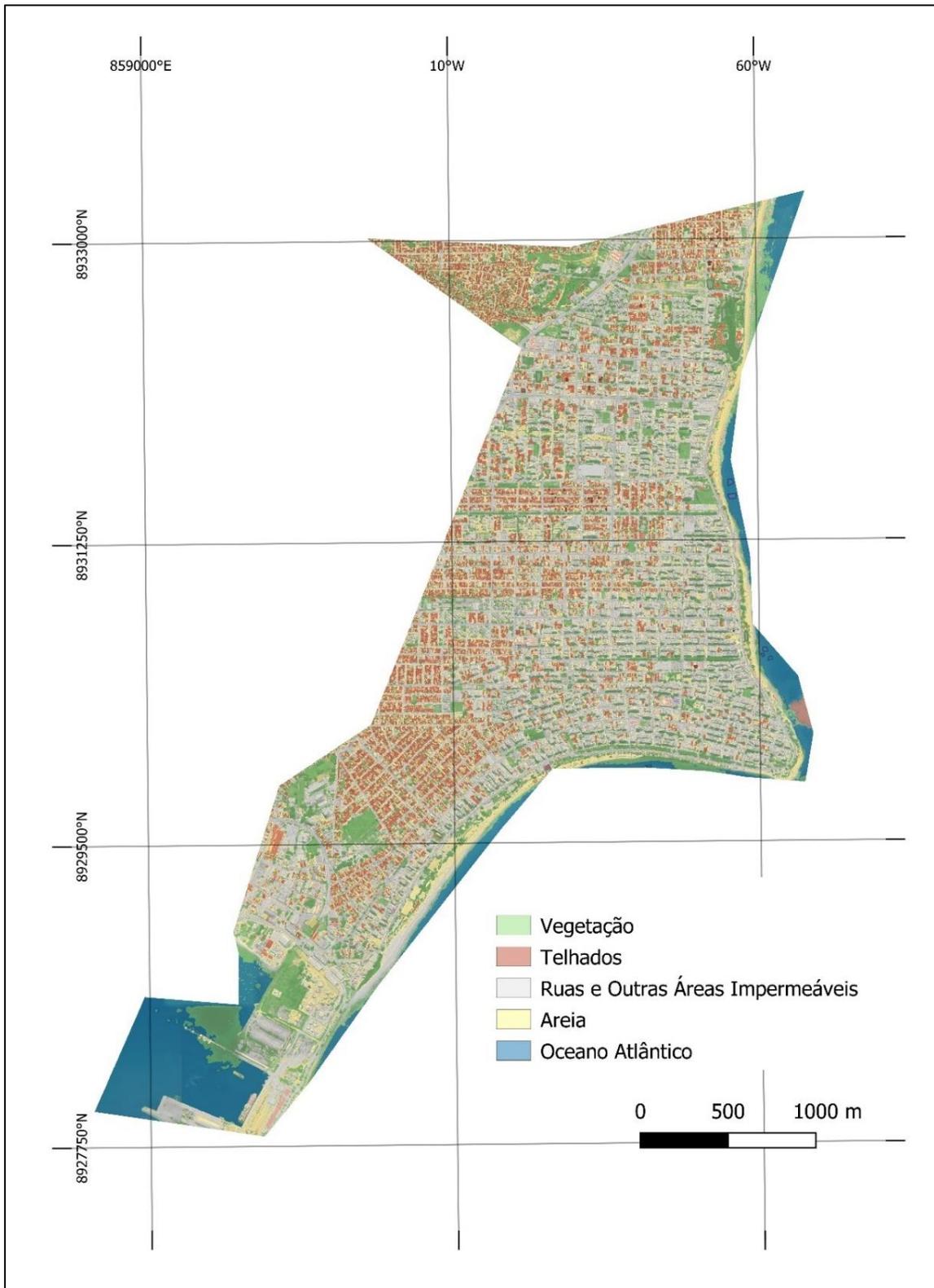
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 13- Mapa de uso do solo na Bacia do Riacho do Silva



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 14 - Mapa de uso do solo na Bacia do Sudeste Atlântico - Maceió



Fonte: Elaborado pelo Autor

A URAPE para a Bacia do Reginaldo foi estimada em 127,11m², com custo anual por URAPE de R\$22,77, ou R\$0,17 por m² de lote construído, conforme Tabela 10. As outras duas bacias produziram resultados semelhantes; A URAPE calculada para o Riacho Silva é de 157 m², com taxa anual de R\$0,14/m², ao passo que na Bacia Sudeste Atlântico, até em decorrência da elevada parcela impermeabilizada, a URAPE foi estimada em 84,42 m², onde são cobrados R\$ 0,27/m² por ano.

Tabela 10 – Simulação da URAPE (Método 1)

Bacia	URAPE (m ²)	Cobrança Anual por URAPE	Custo Anual (R\$/m ² *ano)	Cobrança Mensal por m ²
Reginaldo	127,11	R\$ 22,77	R\$ 0,179	R\$ 0,0149
Riacho Silva	156,96	R\$ 22,77	R\$ 0,145	R\$ 0,0121
Sudeste Atlântico	84,42	R\$ 22,77	R\$ 0,270	R\$0,0225

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os valores encontrados convergem para os resultados obtidos por Tasca e Assunção (2019), de R\$0,012/m², praticamente o mesmo preço determinado para a Bacia do Riacho do Silva. Compreende-se, que, apesar de situada em um grande centro urbano, a proximidade da porcentagem de impermeabilização da bacia – em torno de 35% - possibilita a obtenção de valores tão próximos de cobrança. Assim, apesar da URAPE ter sido desenvolvida originalmente para pequenos municípios, verifica-se aqui que ela é aplicável para grandes centros urbanos.

Em seguida, a simulação para o método 2, desenvolvida por Tucci (2002), é exibida na Tabela 11. São utilizados a porcentagem de área impermeável e área padrão de lote para simulação de acordo com o tamanho do terreno correspondente a 1 URAPE, de modo a permitir comparações posteriores.

Tabela 11 – Simulação pelo Método 2 – Tucci (2002)

Bacia	Área Total (m ²)	% Área Impermeável	Custo Anual (R\$/m ²)	Cobrança mensal por 100m ²	Custo de O&M (R\$/ano)
Reginaldo	25.666.230	61,07%	R\$ 0,629	R\$ 5,24	R\$ 2.628.662,68
Riacho Silva	13.581.373	44,05%	R\$ 0,395	R\$ 3,29	R\$ 868.090,87
Sudeste Atlântico	3.594.831	87,38%	R\$ 1,426	R\$ 11,88	R\$ 847.367,27

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os resultados obtidos neste segundo método apontam para taxas ligeiramente maiores, quando comparadas à técnica URAPE. Este pode estar vinculado à fórmula de cálculo, que considera a totalidade dos custos para implantar o plano de drenagem.

Com efeito, os valores são coerentes com a premissa do autor do método, de cobrar mais em regiões com maior adensamento. Vide a taxa para a bacia Sudeste Atlântico ser 3,6 vezes maior que a cobrada para a área do Riacho Silva, que possui praticamente a metade da parcela impermeabilizada verificada, 87,38% versus 44,05%, respectivamente.

Outra condição que pode explicar a variação é o fato de que o orçamento destinado à cada bacia foi obtido, em cima do custo total, de forma ponderada, para a quantidade de lotes existentes em cada bacia, de modo a manter fixo o nível de investimento.

Em adição, no trabalho original, o autor não simulou a taxa para uma situação real. A aplicação se deu de forma hipotética, a um terreno de 300m², em uma bacia de 40% de área impermeável e custo total (Ct) de R\$ 1.400,00/ha. A simulação do último método investigado, que corresponde à adaptação da cobrança praticada pela Semasa em Santo André (SP), está representada na Tabela 12.

Tabela 12 – Simulação pelo Método 3 - Semasa

Bacia	Custo Mensal do Sistema	C	Índice Pluviométrico (mm)	Área do Lote padrão (m ²)	Cobrança mensal por m ³ (Lote padrão) (R\$/m ³)	Valor de cobrança por 100m ²
Reginaldo	R\$219.055,22	0,6	61,2	127,11	R\$ 9,67	R\$ 10,40
Riacho Silva	R\$72.340,91	0,5	61,2	156,96	R\$ 2,93	R\$ 3,82
Sudeste Atlântico	R\$70.613,94	0,8	61,2	84,42	R\$ 2,79	R\$ 4,01

Fonte: Elaborado pelo Autor

De maneira análoga às considerações feitas para a simulação do método 2, na aplicação do método 3 foram utilizados os custos de investimento proporcionais à quantidade de lotes de cada área de estudo, assim como do tamanho de terreno padrão calculado como 1 URAPE. A simulação indica que as maiores cobranças ocorrem nas áreas de nível de investimento superior, neste caso, a Bacia do Reginaldo. Nela, a taxa por m³ beira os R\$100. Este condicionante parece se sobressair às diferenças de parcela impermeabilizada para cada área, de modo que este não consegue exercer influência de destaque no valor final da taxa.

Uma possível explicação pode estar vinculada ao fato de, para este modelo, ser calculada uma taxa única para a cidade inteira, que abriga valores médios de impermeabilização. Por outra perspectiva, o baixo nível de investimento em Santo André, dado que a cobrança ali implantada não tinha por meta gerar receitas para universalizar o acesso, ajudaria a explicar os elevados valores obtidos nesta simulação. A Tabela 13, então, condensa os resultados, e evidencia comparação para o seguinte cenário: cobrança mensal em lote padrão de 100 metros quadrados, com nível de investimento delineado no item anterior.

Verifica-se que o método 1, URAPE, apresenta os menores valores de cobrança dentre as metodologias avaliadas. Credita-se, para além dos fatos já apresentados, que a discrepância observada decorre, de, nos custos, ser considerado a recuperação de todo o montante necessário para a universalização do acesso ao serviço de drenagem

Tabela 13 – Comparação entre os métodos - Maceió

Bacia	Cobrança Mensal por 100m² URAPE	Cobrança Mensal por 100m² TUCCI	Cobrança Mensal por 100m² SEMASA
Reginaldo	R\$1,49	R\$ 5,24	R\$ 7,60
Riacho Silva	R\$1,21	R\$ 3,29	R\$ 1,86
Sudeste Atlântico	R\$2,25	R\$ 11,88	R\$ 2,93

Fonte: Elaborado pelo Autor

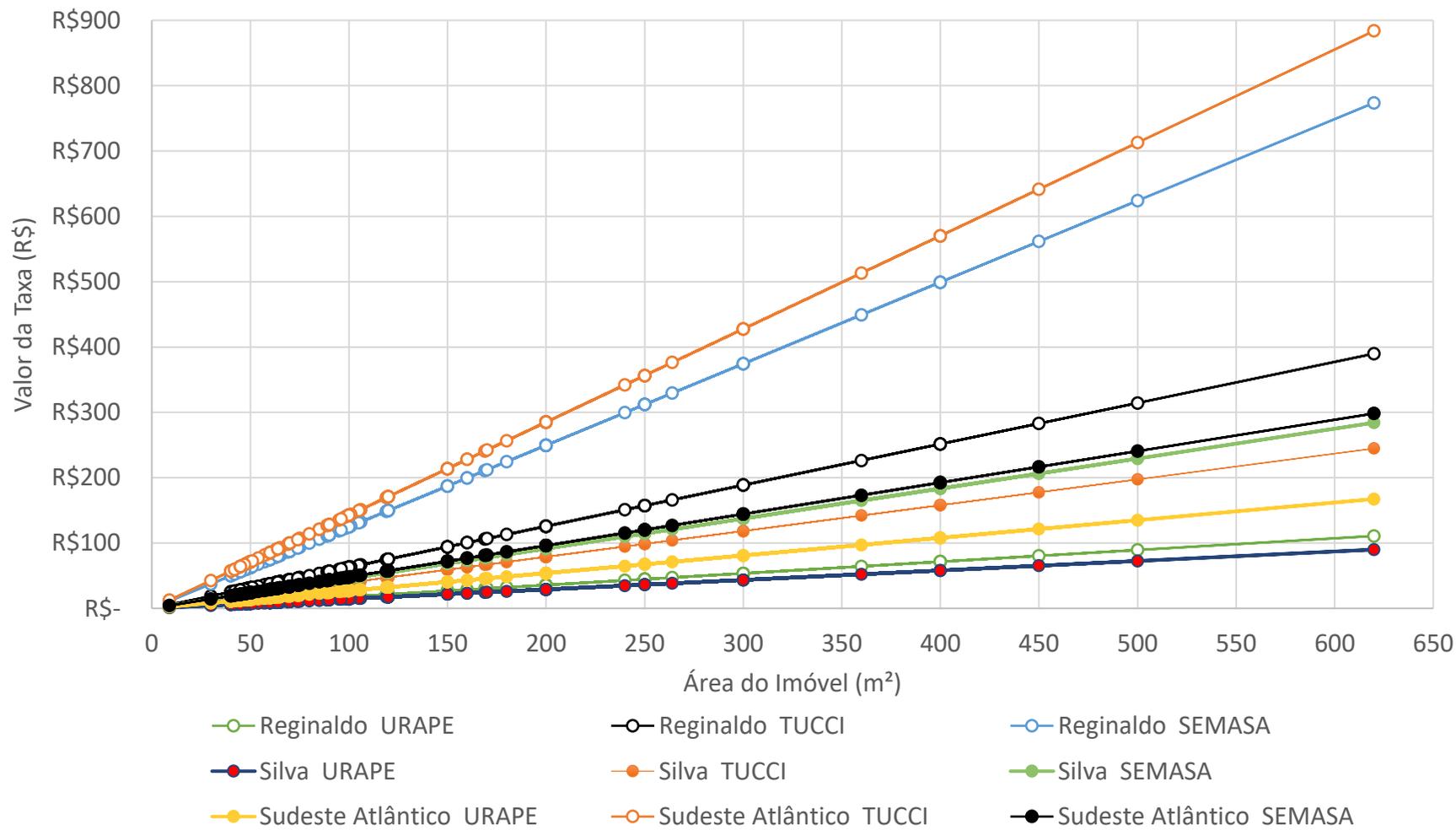
As relações obtidas apontam que, dentre os procedimentos avaliados, a que produz menores preços é a técnica URAPE. O valor médio mensal da cobrança, para um lote de 100 metros quadrados, é de R\$ 1,65 para o município de Maceió/AL e de R\$0,91 para a cidade de Paulo Jacinto/AL. A princípio, é possível notar que este valor é inferior ao obtido no estudo de Tasca e Assunção (2019), o que se deve a não inclusão dos lotes comerciais no cálculo da taxa.

Quando comparado à experiências internacionais, verifica-se que a cobrança calculada neste estudo é inferior aos demais países analisados. Nos Estados Unidos, para o ano de 2018, por exemplo, a cobrança média nas localidades que adotam o ERU pode alcançar até R\$ 485,12, considerando a cotação de 1 dólar equivalente a R\$4,30. Já no estudo desenvolvido na África do Sul, a cobrança alcança valores até R\$ 14,29, considerando a cotação de 1 rand sul-africano igual a R\$0,29.

Este fato deriva de não se considerar, no escopo do presente trabalho, os custos de investimento e expansão, do sistema, sendo computados apenas os valores referentes à operação e manutenção do mesmo. Em complemento, a Figura 15 apresenta o gráfico com a variação da taxa em relação ao tamanho do imóvel. A área dos imóveis foi obtida junto

às respostas coletadas durante a pesquisa de preços hedônicos, apresentada no item anterior. Os modelos aplicados nesta simulação, para as áreas calculadas, tendem a apresentar comportamento linear.

Figura 15 – Taxa de Drenagem versus Área do Imóvel – Por Bacia Hidrográfica

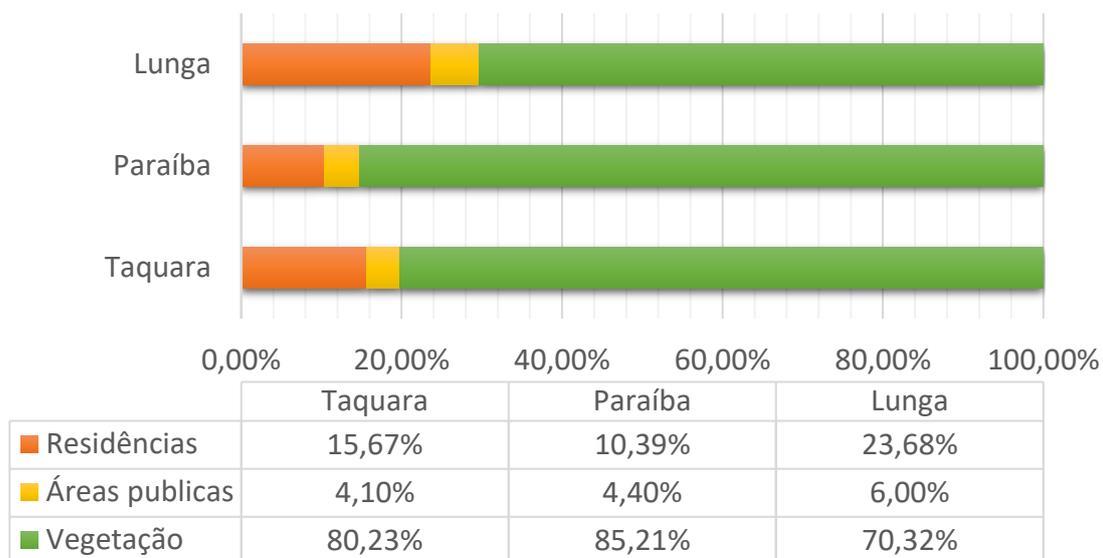


Fonte: O Autor

5.4. ESTUDO DE CASO 2: PAULO JACINTO

As três bacias sob a zona urbana de Paulo Jacinto apresentam configurações bastante similares de uso do solo, com a população agregada em uma pequena porção da área, e a maior parte com vegetação e solo exposto, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Uso e Ocupação do Solo – Paulo Jacinto



Fonte: Elaborado pelo Autor

Além do baixo desenvolvimento da malha urbana, pode-se explicar este fenômeno em razão da pecuária figurar entre as principais atividades econômicas da cidade. A tabela 13 dispõe as informações resumo para as 3 bacias consideradas.

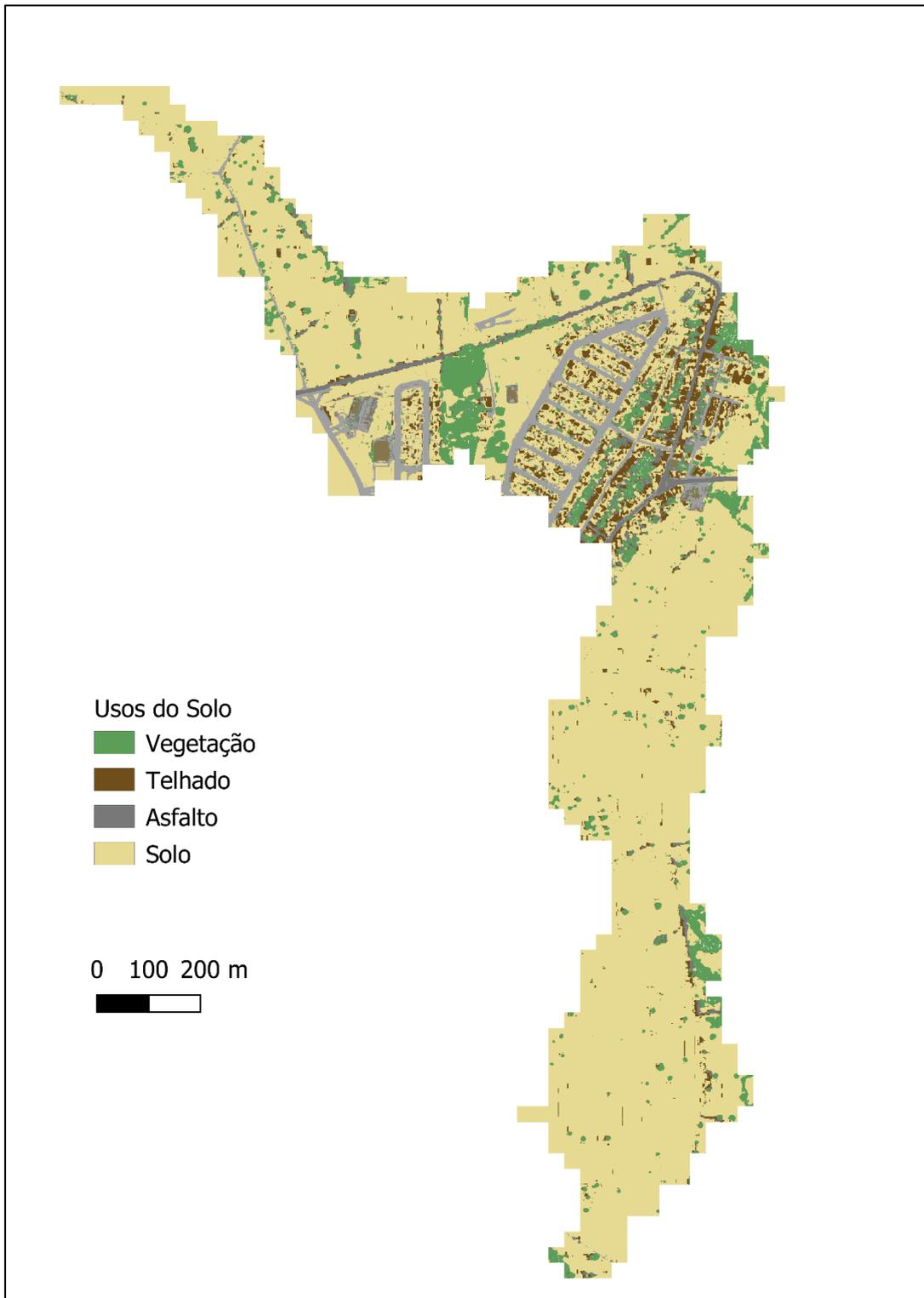
Tabela 14 – Dados Gerais Paulo Jacinto

Bacia	Renda <i>per capita</i> (R\$)	Quantidade de Lotes	Σ Área Impermeável (m ²)	Custo de O&M (R\$/ano)
Taquara	R\$1.497,00	500	134.197,00	R\$ 27.065,56
Drenagem Paraíba	R\$1.497,00	1.000	241.033,00	R\$ 27.065,56
Lunga	R\$1.497,00	1.000	235.312,00	R\$ 27.065,56

Fonte: Elaborado pelo Autor

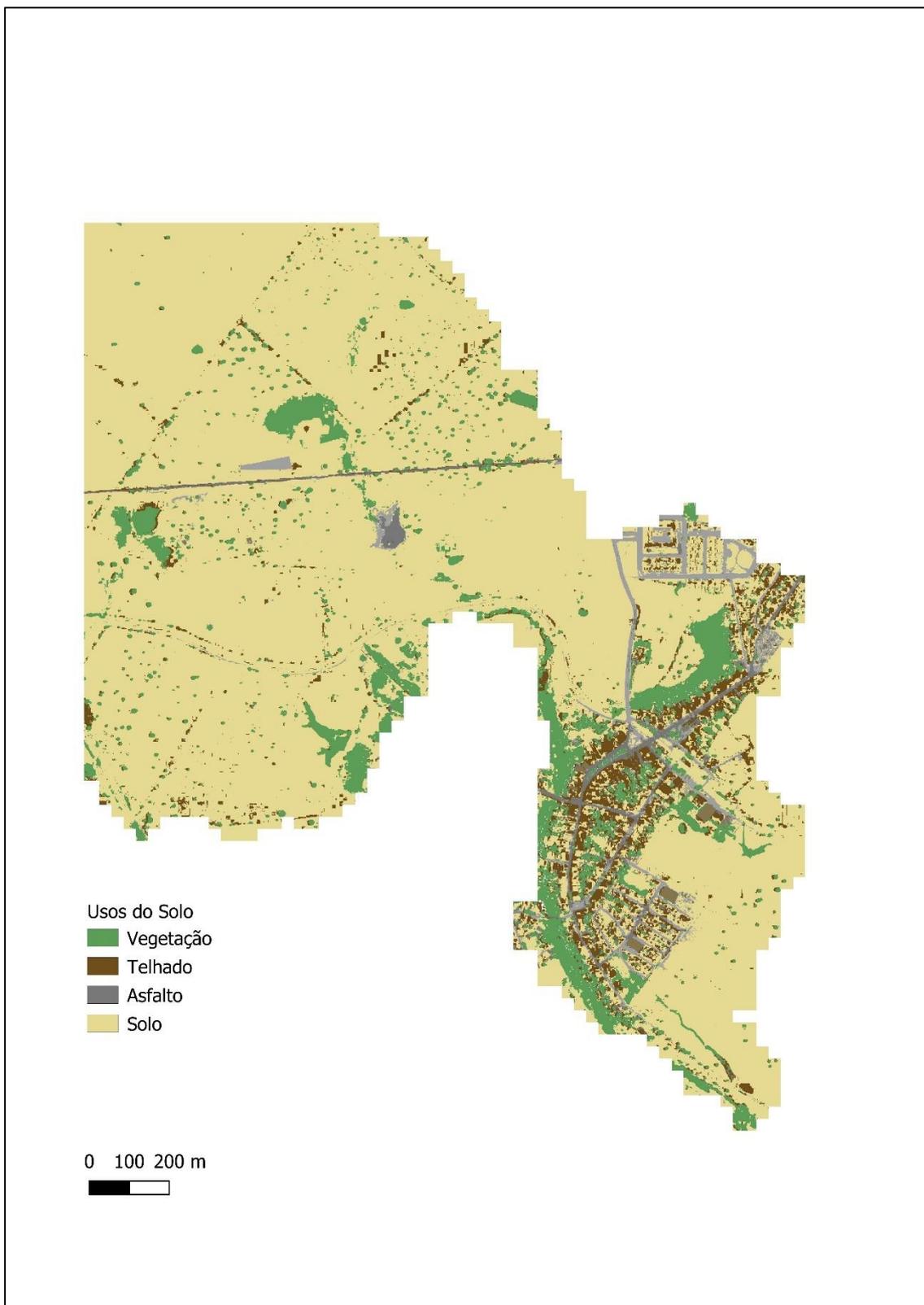
Mais uma vez, é importante salientar que a estimativa da média de área impermeabilizada, considera a totalidade dos domicílios, sem avaliar se estão vagos ou não, mantendo igual critério empregado quando da avaliação da taxa em Maceió. As Figuras 18, 19 e 20 mostram o mapa de uso do solo individualizado por bacia.

Figura 17 - Mapa de uso do solo na Bacia do Riacho Taquara



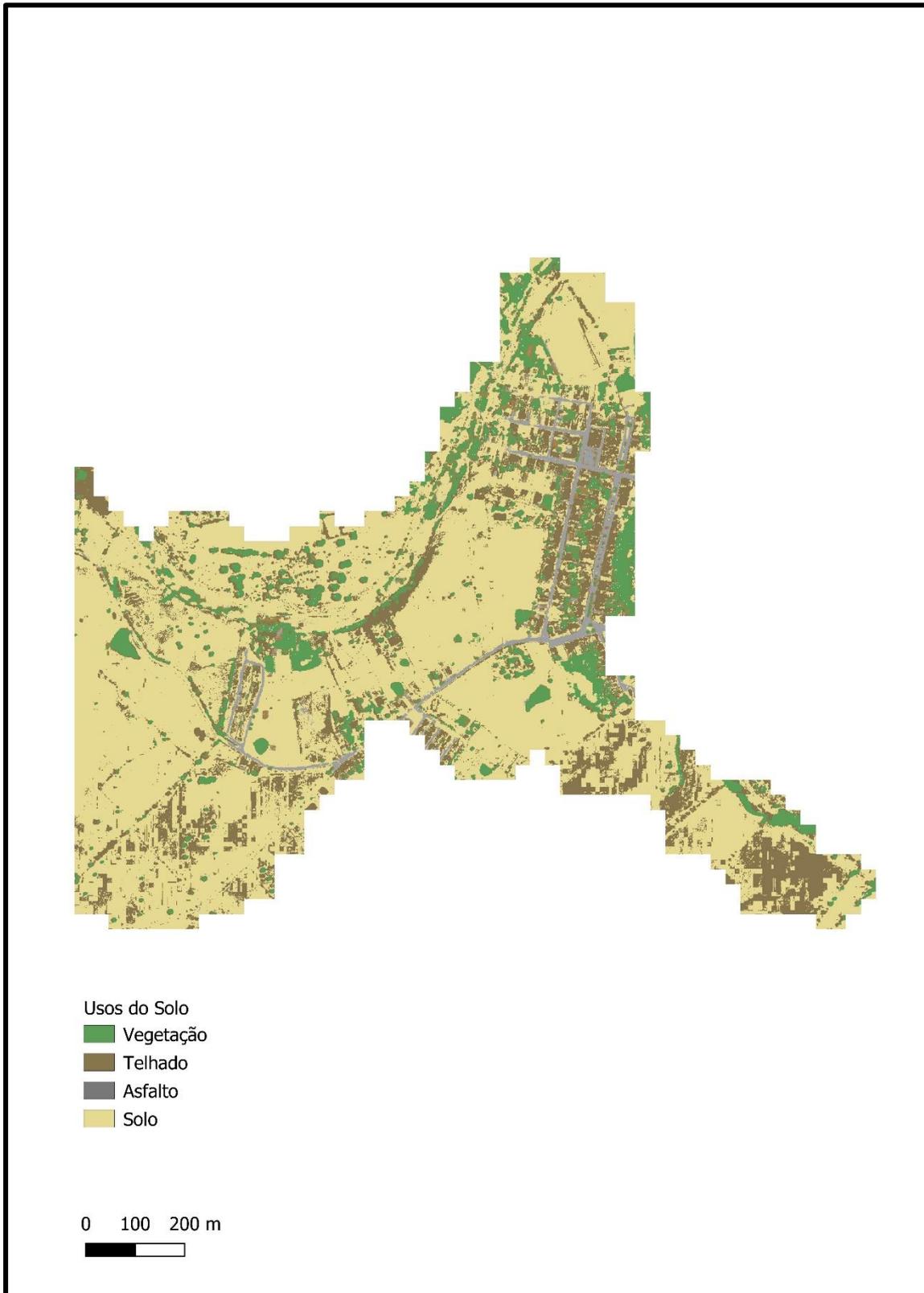
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 18 - Mapa de uso do solo na Bacia Drenagem Rio Paraíba



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 19 - Mapa de uso do solo na Bacia do Riacho Lunga



Fonte: Elaborado pelo Autor

A URAPE para a Bacia do Riacho Taquara foi estimada em 268,39m², com custo anual por URAPE de R\$27,07, ou R\$0,10 por m² de lote construído, conforme Tabela 10. As outras duas bacias produziram resultados idênticos. Deve-se, a isto, o percentual de área impermeabilizada diferir em 13%, entre a bacia mais adensada e a menos povoada. Deste modo, o resultado aqui obtido já era esperado.

Tabela 15 - Simulação da URAPE (Método 1)

Bacia	URAPE (m ²)	Taxa Anual por URAPE	Custo Anual (R\$/m ² *ano)	Cobrança Mensal por m ²
Taquara	268,39	R\$27,07	R\$0,101	R\$0,008
Drenagem Paraíba	241,03	R\$27,07	R\$0,112	R\$0,009
Lunga	235,31	R\$27,07	R\$0,115	R\$0,010

Fonte: Elaborado pelo Autor

De fato, os valores encontrados são razoáveis. Entretanto, dada as diferenças nas características de uso do solo, encontram-se em patamares inferiores aos resultados obtidos por Tasca e Assunção (2019), de R\$0,012/m².

Uma observação de relevância para a abrangência do método é que, a diferença na localização geográfica das cidades simuladas – Santo Amaro da Imperatriz (SC) e Paulo Jacinto (AL), não induz grandes alterações nos valores de cobrança. Este é um forte indício de que esta técnica pode ser replicada, com segurança, para quaisquer regiões do país, sem necessidade de adaptações, tais como as necessárias quando levado em conta as características de precipitação, constantes na curva IDF.

Em seguida, a simulação para o método 2, desenvolvida por Tucci (2002), é exibida na Tabela 11. São utilizados a porcentagem de área impermeável e área padrão de lote para simulação de acordo com o tamanho do terreno correspondente a 1 URAPE, de modo a permitir comparações posteriores.

Tabela 16 – Simulação de Tucci (Método 2)

Bacia	Área Total (m ²)	% Área Impermeável	Custo Unitário (R\$/m ²)	Custo de O&M (R\$/ano)
Taquara	856.484,00	15,67%	R\$0,529	856.484,00
Drenagem Paraíba	2.320.665,00	10,39%	R\$0,196	2.320.665,00
Lunga	993.539,00	23,68%	R\$0,454	993.539,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os resultados obtidos neste segundo método apontam para taxas ligeiramente maiores, quando comparadas à técnica URAPE. Novamente, a fórmula de cálculo pode ser responsável pelas alterações. Esta considera a totalidade dos custos para implantar o plano de drenagem.

Neste modelo, a exemplo das observações de Lisboa et al. (2014), não necessariamente as áreas mais permeáveis possuem a menor cobrança. Isto se deve à forte correlação do método com a área do lote. Vide a taxa para a bacia Taquara ser superior à cobrada para a área do Riacho Lunga, e apresenta número menor de parcelas impermeáveis.

Outra condição que pode explicar a variação é o fato de que o orçamento destinado à cada bacia foi obtido, em cima do custo total, de forma ponderada, para a quantidade de lotes existentes em cada bacia, de modo a manter fixo o nível de investimento.

Em adição, no trabalho original, o autor não simulou a taxa para uma situação real. A aplicação se deu de forma hipotética, a um terreno de 300m², em uma bacia de 40% de área impermeável e custo total (Ct) de R\$ 1.400,00/ha.

A simulação do último método investigado, que corresponde à adaptação da cobrança praticada pela Semasa em Santo André (SP), está representada na Tabela 12.

Tabela 17 – Simulação Semasa (Método 3)

Bacia	Custo Mensal do Sistema	C	Índice Pluviométrico (mm)	Área média do Imóvel (m ²)	Cobrança Mensal por m ³ (R\$/m ³)
Taquara	R\$ 2.255,46	0,8	61,2	268,39	R\$ 3,18
Drenagem Paraíba	R\$ 2.255,46	0,8	61,2	241,03	R\$ 2,85
Lunga	R\$ 2.255,46	0,8	61,2	235,31	R\$ 2,79

Fonte: O Autor

O cálculo realizado retorna valores bastante próximos aos cobrados em Santo André, durante a vigência da taxa – preços em torno de R\$3,00 a R\$4,00. Isto pode sugerir que o nível de investimento esteja próximo ao simulado nesta aplicação.

De maneira análoga às considerações feitas para a simulação do método 2, na aplicação do método 3 foram utilizados os custos de investimento proporcionais à quantidade de lotes de cada área de estudo, assim como do tamanho de terreno padrão calculado como 1 URAPE.

A Tabela 13, então, condensa os resultados, e evidencia comparação para o seguinte cenário: cobrança mensal em lote padrão de 100 metros quadrados, com nível de investimento delineado no item anterior.

Verifica-se que o método 1, URAPE, apresenta os menores valores de cobrança dentre as metodologias avaliadas. Neste segundo cenário, entretanto, a metodologia da Semasa retornou custos bastante similares aos obtidos no método URAPE.

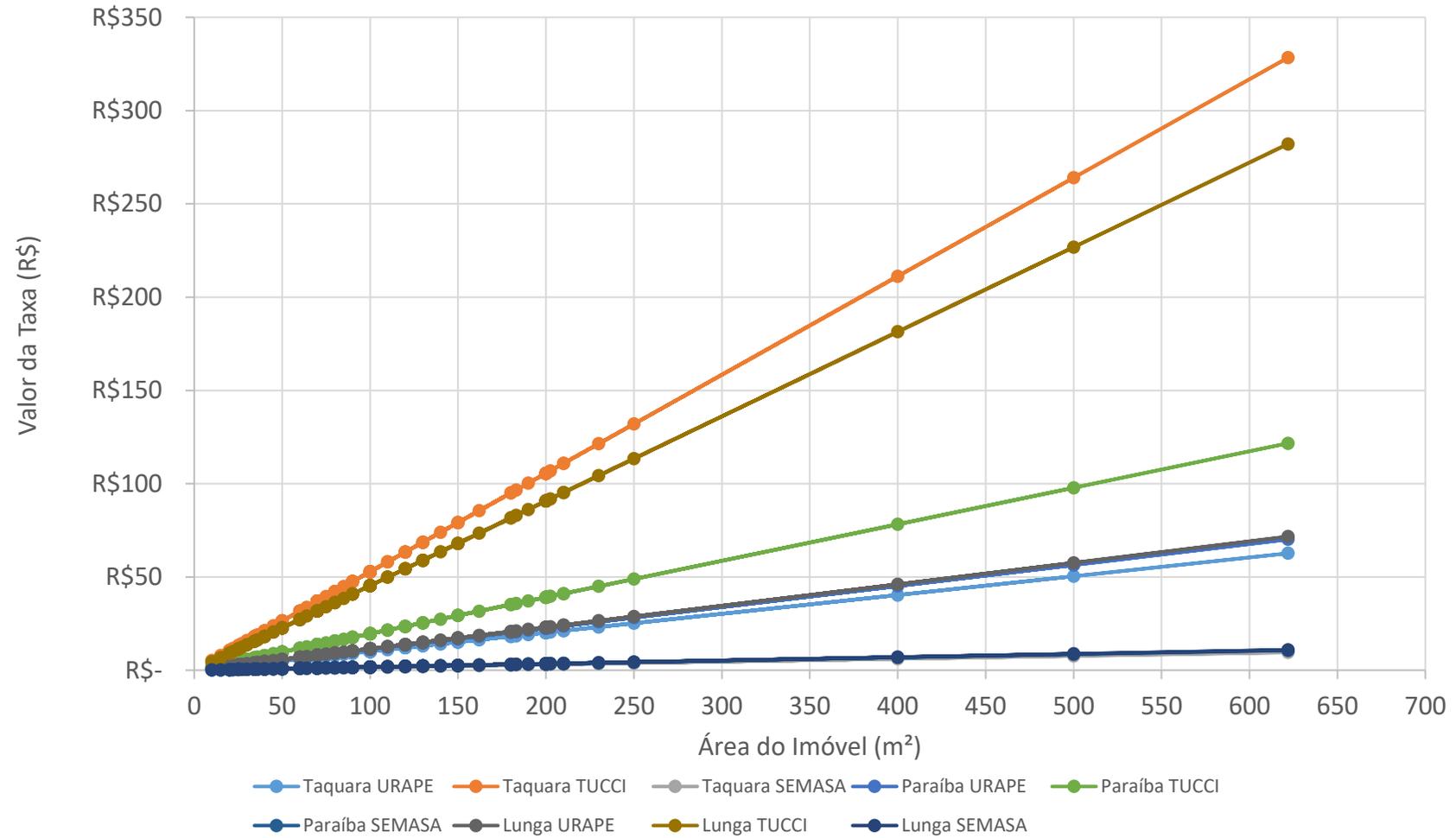
Tabela 18 - Comparação entre os métodos – Paulo Jacinto

Bacia	Cobrança Mensal por 100m² URAPE	Cobrança Mensal por 100m² TUCCI	Cobrança Mensal por 100m² SEMASA
Taquara	R\$0,84	R\$ 4,40	R\$ 1,18
Paraíba	R\$0,94	R\$ 1,63	R\$ 1,18
Lunga	R\$0,96	R\$ 3,78	R\$ 1,18

Fonte: O Autor

Em complemento, a Figura 15 apresenta o gráfico com a variação da taxa em relação ao tamanho do imóvel. A área dos imóveis foi obtida junto às respostas coletadas durante a pesquisa de preços hedônicos, apresentada no item anterior. Os modelos aplicados nesta simulação, para as áreas calculadas, tendem a apresentar comportamento linear.

Figura 20 - Taxa de Drenagem versus Área do Imóvel – Por Bacia Hidrográfica – Paulo Jacinto



Fonte: O Autor

6. CONCLUSÃO

O presente estudo ratifica e evidencia a necessidade de estabelecer um processo viável de custeio dos serviços de drenagem urbana. Define, de forma clara, os recursos financeiros necessários ao suporte dos serviços de drenagem, associado à modicidade tarifária obtida pelo modelo aqui replicado. Assim, é possível quebrar o paradigma do *modus operandi* do financiamento dos sistemas de drenagem.

Em paralelo, os resultados corroboram o elevado prejuízo causado por não se investir neste componente do saneamento, aqui estimados em R\$8,2 bilhões por ano, no Brasil. Ainda que a implantação não cesse os problemas relacionados à drenagem, sua execução possibilita aprimorar os processos de gestão, dado o volume de informações necessário para calcular e manter a cobrança.

As relações obtidas apontam que, dentre os procedimentos avaliados, a que produz menores preços é a técnica URAPE. Este valor é inferior ao obtido no estudo de Tasca e Assunção (2019), em decorrência da não inclusão dos lotes comerciais no cálculo da taxa, item passível de investigação por pesquisas posteriores. A pesquisa realizada, constitui, então, a

O valor é inferior também a média de valores obtidos em experiências internacionais, em decorrência de dois pontos: o menor nível de investimento realizado, bem como da renúncia em recuperar os custos de investimento, pois foram considerados somente o montante referente à operação e manutenção do sistema de drenagem.

Ainda assim, para não gerar distorções na mesma área, em face da diversidade socioeconômica presente entre a população inserida em uma mesma bacia hidrográfica, pode haver formas sociais de distribuição de custos, de modo a tornar a cobrança justa e equitativa.

A replicação do método URAPE fornece indício de que esta metodologia pode ser replicadas para outras regiões e localidades, independente do porte do município, ou mesmo em regiões com fenômeno de conurbação entre cidades vizinhas, dada a unidade de análise ser a bacia hidrográfica.

Uma segunda vantagem do método é permitir a arrecadação dos custos totais de operação e manutenção. De fato, a literatura mostra que esta técnica tem sido replicada com sucesso em diversas localidades, especialmente nos Estados Unidos.

Dois pontos merecem atenção como limitações da presente investigação. Primeiro, o estudo não avalia lotes com geração significativa de escoamento nas zonas urbanas. Também não foram suscitadas questões acerca da heterogeneidade socioeconômica presente numa mesma bacia hidrográfica. Numa mesma bacia podem haver zonas bem planejadas, com áreas verdes, ruas largas, e áreas com elevado adensamento e, por conseguinte, habitações precárias.

Futuros estudos devem avaliar as incertezas envolvidas no processo de cálculo na cobrança, com ênfase em dois pontos cruciais: a obtenção da área impermeável, e a composição de custos para a universalização do acesso do serviço de MAP na região a qual se deseja implantar a cobrança.

Outra linha de ação possível consiste no desenvolvimento das classes de cobrança, de modo a incluir os diversos tipos de imóveis urbanos no cálculo do tributo. Sugere-se também a simulação do efeito de programa de benefício fiscal para os proprietários que comprovem a adoção de técnicas compensatórias que reduzam o escoamento superficial em seus lotes.

A investigação científica executada torna perceptível o potencial de melhoria do nível de serviço do sistema, a partir de ações devidamente coordenadas. A escolha dos critérios de avaliação do tributo, consistiu no desafio de maior relevância para a execução deste estudo, dado que diversos autores defendem estratégias, critérios legais e técnicas divergentes para o cálculo do valor de cobrança.

Estabelecer uma base de cálculo para a cobrança pelo MAP, de forma objetiva e de fácil interpretação para os usuários, possibilita maior transparência na gestão dos recursos, uma vez que a arrecadação fica segregada dos outros tributos. Isso facilita a fiscalização da receita adquirida, além de potencializar o incentivo à adoção de práticas sustentáveis nos lotes urbanos.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, A.; FARIA, D. M. C. P. **A utilização de preços hedônicos na avaliação social de projetos.** Revista Brasileira de Economia. Rio de Janeiro, v. 51, n. 3, jul./set. 1997.

ALEXANDRE, Ricardo. **Direito Tributário esquematizado.** 4. ed. Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: Método, 2010. p. 35-104.

AMARO, L. S. **Direito Tributário Brasileiro.** 9 ed. São Paulo:Saraiva, 2003, p. 32.

ANGARITA, H. et al. **Identifying explanatory variables of structural state for optimum asset management of urban drainage networks: a pilot study for the city of Bogota.** v. 37, n. 2, p. 6 – 16, 2017. Disponível em: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingev/article/view/57752>>.

BACH, P. M. et al. **A critical review of integrated urban water modelling – Urban drainage and beyond.** v. 54, p. 88 – 107, 4 2014. Disponível em: <<https://www-science-direct.ez133.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1364815213003216?via%3Dihub>>. Acesso em: 2018-10-02T00:00:00+00:00.

BAPTISTA, M.B; NASCIMENTO, N.O. “**Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana**”, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 7, no. 1, Jan/Mar 2002, p. 29-49;

BERLINER WASSERBETRIEBE. “**Our tariffs for drinking water and drainage.**” Accessed March 15, 2019. <http://www.bwb.de/content/en/html /1712.php>.

BERTHIAUME, J.; QUIROZ, E.; IVEY, J. **Avoiding the pitfalls in setting stormwater utility fees while getting stakeholder support.** Stormwater Report, agosto de 2015. Disponível em: <https://stormwater.wef.org/2015/08/facilitating-fees/>. Acesso em 10 de dezembro de 2019.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 31 de agosto de 1981.

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, DF, 25 de outubro de 1966.

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, 2019.

BRASIL. Palácio do Planalto. Lei 11445/2007, **Política Nacional de Saneamento Básico**, 05 janeiro 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 07 fevereiro 2019. Política Nacional de Saneamento Básico.

BRASIL. Palácio do Planalto. Lei 9433/1997, **Política Nacional de Recursos Hídricos**, 08 janeiro 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 07 fevereiro 2019. Política Nacional de Recursos Hídricos.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Súmula nº 545**. 2014 In: _____. Súmulas.

CAMPBELL, C. (2018). **The Western Kentucky University Stormwater Utility Survey 2018**. Bowling Green, Kentucky. 59 p. Disponível em: <https://www.wku.edu/engineering/civil/fpm/swusurvey/western_kentucky_university_swu_survey_2018.pdf>. Acesso em 07 fevereiro 2019.

CAPUTO, U. K; FURTADO, A. P. F. V. **Aspectos Financeiros na Gestão de Drenagem Urbana**. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 2019. Disponível em: <http://anais.abrh.org.br/events/107>. Acesso em 15 janeiro 2020.

CARRAZZA, R.A. **Curso de Direito Constitucional Tributário**. 19ed. 2 Tiragem, São Paulo: Malheiros, 2003.

CAVALLIERI, G. **Legalidade da cobrança pela drenagem pluvial urbana: Estudo de viabilidade jurídica.** Disponível em: <https://gleissoncavallieri.jusbrasil.com.br/artigos/717166474/legalidade-da-cobranca-pela-drenagem-pluvial-urbana>. Jusbrasil, 2019. Acesso em 10 janeiro 2020.

CAVALCANTE, L. B; INÁCIO, A. S.; GOMES, H. B. **Utilização De Imagens Do Satélite World View 2 E Do Sensor Aster Para Análise De Bacias Hidrográficas Estudo De Caso Bacia Do Tabuleiro Do Martins, Maceió/Al**

CUCIO, M. S. **Taxa de Drenagem Urbana: O que é? Como Cobrar?** Escola Politécnica – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=4225. Acesso em 10 janeiro 2020.

EPA - Environmental Protection Agency. **Funding Stormwater Programs.** United States, 2008, 5p. Disponível em: <http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/upload/region3_fa_ctsheets_funding.pdf>.

FARIA, R. C; TABAK, B. M.; LIMA, A. P.; PEREIRA, S. D. P. S. **Uma aplicação do método de preços hedônicos no setor saneamento: o projeto de São Bento do Sul-SC.** Planejamento e políticas públicas, n. 31, junho de 2008

FERNANDES, N. B. **Planejamento territorial e águas urbanas em Maceió: O Plano Diretor e a Bacia Hidrográfica do Riacho Reginaldo.** Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010. Dissertação de Mestrado.

FISHER-JEFFES, L; ARMITAGE, N. **Charging for stormwater in South Africa.** Wsa, [s.l.], v. 39, n. 3, p.429-436, 3 jul. 2013. African Journals Online (AJOL). DOI: 10.4314/wsa.v39i3.13.

FONSECA, L. M. G., **Restauração de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR.** Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica), 1988.

FORGIARINI, F. R. et al. . **Avaliação de cenários de cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4^a. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, C. A. B. de M. **Drenagem urbana – Análise e proposição de modelos de gestão e financiamento**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 290 f., 2005

GOMES, C. A. B. de M.; BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos **Financiamento da Drenagem Urbana: Uma Reflexão**. [S.l.], 2008. 93 – 104 p. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Su-marios/14/55c87cb3c3eafa07bdfe2de49f325751_5313a3261f2b6ce2748218c69f04c211.pdf>. Acesso em: 2018-09-18T00:00:00+00:00.

GONÇALVES, H. A. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. Avercamp, 2014.

GRIGG, Neil S. **Is a Stormwater Fee a Rain Tax?** Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction, Vol. 11, n.3, agosto de 2019

HASTIE, T.J., TIBSHIRANI, R.J., 1986. **Generalized additive models**. Stat. Sci. 3, 297–318.

IBGE CIDADES. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=al>. Acesso em 01 de outubro de 2019.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Características da população e domicílios. IBGE: Rio de Janeiro, 2011.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Manuais – Tutorial de geoprocessamento**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>.

IPEA. Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas. **Textos para Discussão CEPA-IPEA, 48). Brasília, DF: CEPAL.** Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

KEA, K., DYMOND, R. & CAMPBELL, W. **An analysis of patterns and trends in United States stormwater utility systems.** Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 52 (6), 1433–1449.

LARENTIS, D. **Eficácia da drenagem nas cidades .** RHAMA. 1 de maio de 2017. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/eficacia-da-drenagem-nas-cidades/> Acesso em 12 de março de 2019.

LARENTIS, D. **Problemas na drenagem urbana .** RHAMA. 8 de maio de 2017. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/problemas-na-drenagem-urbana/> Acesso em 12 de março de 2019.

LEGLER, C. ; LEUCK, M. F. ; MENDES, C. A. B. . **Modelo para Criação de Incentivo Fiscal ao Amortecimento de Vazão em Lote: Simulação para o Município de Porto Alegre, RS.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, p. 295-307, 2014.

LEGLER, C. ; MENDES, C. A. B. . **O Financiamento da Manutenção e Operação do Sistema de Drenagem Urbana de Águas Pluviais no Brasil: Taxa de Drenagem.** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (ANPUR), v. 15, p. 201-218, 2013.

LEGLER, C.; MENDES, C. A. B. **O financiamento do investimento público no sistema de drenagem urbana de águas pluviais no Brasil.** Revista de Desenvolvimento Econômico, Salvador, v. 17, n. 31, p. 60-74, jan./jun. 2015.

LISBÔA, E. et al. **Aplicação de Inferência Estatística como Suporte ao Planejamento Financeiro de Bacias a Partir da Cobrança de uma Taxa de Drenagem.** RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos v. 19, n. 3, p. 179 – 190, 2016

LISBOA, E. G. ; BARP, A. R. B. ; MONTENEGRO, A.D . **A Cobrança de Taxa como Alternativa de Financiamento para um Plano de Drenagem Urbana no município de Belém/PA.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 17, p. 53-67, 2012.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: Edição compacta**. São Paulo: Atlas, 1996. 270 p.

MEI, Y.; SOHNGEN, B.; BABB, T. **Valuing urban wetland quality with hedonic price model**. *Ecological Indicators* 84 (2018) 535–545.

MEJÍA, A., SANTOS, J. L., RIVERA, D. & UZCÁTEGUI, G. E. **Pricing Urban Water Services in the Developing World: The Case of Guayaquil, Ecuador**. *Water Pricing Experiences and Innovations* (A. Dinar, V. Pochat & J. Albiac-Murillo, eds), 9th edn, Springer, Cham, Switzerland, pp. 393–405.

MELO, F.P. **Mapeamento cartográfico do município de Paulo Jacinto-AL**. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET*. e-ISSN 2236 1170 - V. 18 n. 1 abr. 2014, p.241-253;

MISSIO, F.; JACOBI, L. F. **Variáveis dummy: especificações de modelos com parâmetros variáveis**. *Ciência e Natura, UFSM*, 29 (1): 111 - 135, 2007

NACWA (National Association of CleanWater Agencies). 2016. **“Navigating litigation floodwaters: Legal considerations for funding municipal stormwater programs.”** Accessed March 15, 2019. [http://www.nacwa.org/docs/default-source/default-document-library/2016-12-08stormwater whitepaper.pdf?sfvrsn=0](http://www.nacwa.org/docs/default-source/default-document-library/2016-12-08stormwater%20whitepaper.pdf?sfvrsn=0).

NASCIMENTO, N. de O., CANÇADO, V., CABRAL, J. R. (2006). **Estudo da cobrança pela Drenagem Urbana por meio de uma taxa de drenagem**. RBRH: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v.11, n.2, p.135-147;

NEVES, M. G. F. P.; SOUZA, V. C. B.; PEPLAU, G. R.; PEDROSA, H. T. S.; CAVALCANTE, R. B. **Características da Bacia do Riacho Reginaldo em Maceió-AL e suas implicações no Escoamento Superficial**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007

OFWAT - **The Water Services Regulation Authority. Surface Water drainage**. Disponível em: < <http://www.ofwat.gov.uk/consumerissues/surfacewaterdrainage/swdcharges/> >

OLIVEIRA, B. C. B. **Taxas versus tarifas: Conceitos e diferenças.** Disponível em <https://jus.com.br/artigos/33881/taxas-versus-tarifas>. Acesso em 10 de janeiro de 2020

PEPLAU, G. R.; SILVA JÚNIOR, R. I.; PEDROSA, H. T. S.; SENA, M. C. R.; CAVALCANTE, R. B. L.; SOUZA, V. C. B.; CABRAL, J. J. S. P. (2006). “**Caracterização de Bacias Urbanas para Implantação de Estrutura de Monitoramento. Estudo de Caso: Riacho Reginaldo – Maceió/AL**”. In VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Gravatá-PE; out. 2006,

PEREIRA, O.; NASCIMENTO, L. F. **Projetos de tecnologia de infraestrutura urbana - das fases de análise econômica e licenciamento à gestão ambiental.** UFRGS, 1997

RICHARDS, J.A.: **Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction**, Springer, Berlin, 1993.

RODRIGUES, W.; SANTANA, W. C. **Análise econômica de sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos: o caso da coleta de lixo seletiva em Palmas, TO.** Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 4, n. 2, p. 299-312, jul./dez. 2012.

SANTOS, P. R. **Análise de métodos para obtenção de chuvas intensas para a cidade de Maceió. 2018.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

SÃO PAULO (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos.** São Paulo: SMDU, 2012.

SENRA, J. B.; NASCIMENTO, N. O. **Após 20 anos da lei das águas como anda a Gestão Integrada de Recursos Hídricos do Brasil, no âmbito das Políticas e Planos Nacionais setoriais-** REGA - Revista de Gestão de Água da América Latina - ISSN 2359-1919. VOLUME. 14 - JAN/DEZ - 2017

SILVA, K.; FERNANDEZ, E. C. **Impactos Ambientais sobre Áreas de Preservação Permanente. Estudo De Caso: Bacia do Riacho Silva -Maceió – AL.** 3º GeoAlagoas

2015 – Simpósio sobre as geotecnologias e geoinformação no Estado de Alagoas. Maceió, 2015

SILVA, S.A.; GAMA, J.A.S; CALLADO, N. H.; SOUZA, V. C. B. **Saneamento básico e saúde pública na Bacia Hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas.** Eng. Sanit. Ambient. vol.22 n.4 Rio de Janeiro, julho 2017

SILVEIRA, G.L; FORGIARINI, F.R; GOLDENFUM, J. A. **Taxa não é cobrança: uma Proposta para Efetiva Aplicação do Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos para a Drenagem Urbana.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 14, n. 4.Out/Dez 2009, p. 71-80

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2017.** Brasília: 2019.

SOUZA, V. C. B. de; MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. **Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição.** v. 1, n. 2, p. 162 – 175, 11 2013. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7213/6416>>. Acesso em: 2018-11-06T00:00:00+00:00.

TASCA, F. A. **Simulação de uma Taxa para Manutenção e Operação de Drenagem Urbana para Municípios de Pequeno Porte.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Dissertação de Mestrado

TASCA, F. A., Assunção, L. B. & Finotti, A. R. **International experiences in stormwater fee.** Water Science and Technology 1, 287–299.

TASCA, F. A., ASSUNÇÃO, L. B. **A stormwater fee for operations and maintenance in small cities.** Water Science & Technology doi: 10.2166/wst.2019.043, Janeiro de 2019

TORTAJADA, C. **Policy dimensions of development and financing of water infrastructure: The cases of China and India.** Environmental Science & Policy 64 (2016) 177–187. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2016.07.001>

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

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana** (Textos para Discussão CEPA-IPEA, 48). Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

UDFCD. **Urban Drainage and flood control district**. Disponível em: https://udfcd.org/wp-content/uploads/uploads/vol1%20criteria%20manual/02_Drainage%20Law.pdf. Acesso em 12 de março de 2019.

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. p. 1-8.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F.; ALBUQUERQUE, P. C. G. **Topodata: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, RN. Anais..., São José dos Campos, SP: INPE, 2009. v. CD-ROM. p. 1-8

WATECO UE. **Common implementation strategy for the water framework directive**. Guindance no. 1 - Economics and the Environment – The Implementation Challenge of the Water Framework Directive. ISBN 92-894-4144-5 European Comission, 2017.

APENDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO

Questionário - Avaliação de Acesso a Serviços de Saneamento Básico

Esta pesquisa faz parte do Trabalho de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento de Eng. Civil intitulado “Modelo para Gestão Financeira da Drenagem Urbana”, desenvolvido no PPGRHS/Ufal. São perguntas rápidas e objetivas sobre o acesso a serviços de saneamento (abastecimento de água, tratamento de esgoto, coleta de resíduos sólidos e drenagem urbana) e o valor de impostos pagos. Sua participação é muito importante. Muito obrigado!

1. Qual o seu sexo?
 - a. Feminino
 - b. Masculino

2. Qual a sua idade?

3. Onde você reside? Casa ou apartamento?
 - a. Casa
 - b. Apartamento
 - c. Outros

4. Qual a área aproximada do imóvel?

5. Quantos quartos?
 - a. 1 quarto
 - b. 2 quartos
 - c. 3 quartos
 - d. 4 quartos
 - e. Mais de 4 quartos

6. Qual o valor pago de IPTU?

7. Qual bairro você reside?

8. Se você alugasse este imóvel, quanto pagaria de aluguel?
9. Qual é o tipo de pavimentação da sua rua?
 - a. Terra batida
 - b. Paralelepípedo
 - c. Asfalto

10. A sua casa (ou apartamento) possui abastecimento de água?
 - a. Não
 - b. Sim, por carro pipa
 - c. Sim, água encanada

11. A sua casa (ou apartamento) possui coleta de esgoto?
 - a. Não
 - b. Sim, com fossa e sumidouro
 - c. Sim, com rede coletora

12. A sua casa (ou apartamento) possui coleta de lixo?
 - a. Não
 - b. Sim

13. Em caso afirmativo, a coleta de lixo é seletiva?
 - a. Não
 - b. Sim

14. A sua rua possui problema de alagamento?
 - a. Não
 - b. Sim

15. Em caso afirmativo, com que frequência?
 - a. Raramente
 - b. Apenas com chuva forte
 - c. Sempre que chove