

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL**



**CAUANA SCHUMANN**

**ANÁLISE ECONÔMICA DA PRESERVAÇÃO DE MATAS CILIARES NA PERDA DE  
SOLOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS:  
Estudo de Caso da Sub-Bacia do Arroio Moinho/RS**

**Porto Alegre, 2021**

**CAUANA SCHUMANN**

**ANÁLISE ECONÔMICA DA PRESERVAÇÃO DE MATAS CILIARES NA PERDA DE  
SOLOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS:  
Estudo de Caso da Sub-Bacia do Arroio Moinho/RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na Linha de Pesquisa de Infraestrutura e Planejamento Urbano e Ambiental, como requisito para obtenção do título de Mestre em Planejamento Urbano e Regional.

**Orientador:** Prof.º Dr.º Carlos André Bulhões  
Mendes

**BANCA EXAMINADORA**

Prof.º Dr.º Alfonso Risso

Prof.º Dr.º André Luiz Lopes da Silveira

Prof.º Dr.º Júlio Celso Borello Vargas

### CIP - Catalogação na Publicação

Schumann, Cauana  
ANÁLISE ECONÔMICA DA PRESERVAÇÃO DE MATAS CILIARES  
NA PERDA DE SOLOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS:  
Estudo de Caso da Sub-Bacia do Arroio Moinho/RS /  
Cauana Schumann. -- 2021.  
84 f.  
Orientador: Carlos André Bulhões Mendes.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa  
de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional,  
Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Bacias Hidrográficas. 2. Planejamento Urbano. 3.  
Análise Econômica . 4. Matas Ciliares. 5. Erosão  
Hídrica. I. Mendes, Carlos André Bulhões, orient. II.  
Título.

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro na execução desta pesquisa.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR) pela oportunidade de estudos e a utilização de suas instalações e, sobretudo, pela a enriquecedora experiência acadêmica e pessoal.

Aos meus colegas e amigos (M19), por dividirem diversos momentos e somarem imensamente na minha trajetória, meu muito obrigada.

## RESUMO

Um dos principais fatores associados à erosão e à degradação hídrica nas cidades brasileiras está relacionado ao padrão de urbanização no seu território. A falta de integração das políticas de gestão dos recursos hídricos e de uso do solo em bacias hidrográficas urbanas promove impactos ambientais e consequências econômicas para as cidades. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar as consequências econômicas na perda solos em bacias hidrográficas urbanas levando em consideração a preservação ambiental das margens dos recursos hídricos na cidade, utilizando a Sub-Bacia do Arroio Moinho, localizada no município de Porto Alegre/RS, como estudo de caso. Desta forma, foram avaliados dois cenários, levando em consideração o uso e cobertura do solo na região de estudo através do uso de ferramentas de geoprocessamento. No Cenário 1, foi considerado o modelo de uso e cobertura do solo atual, enquanto no Cenário 2, foi alterado o uso e cobertura do solo atual a partir da simulação da inserção de uma faixa de proteção vegetal de 30 metros nas margens dos cursos d'água da Sub-Bacia. Nos dois cenários, foram dimensionados os potenciais de erosão hídrica para a região de estudo através do modelo USLE e estimados os custos com o serviço de dragagem e desassoreamento dos recursos hídricos. No mesmo sentido, foi analisado o possível impacto econômico no orçamento municipal da cidade de Porto Alegre com as diferenças encontradas nos dois cenários avaliados. Os resultados encontrados demonstram que, atualmente, apenas 40% das margens dos recursos hídricos da Sub-Bacia do Arroio Moinho encontram-se preservados e a inserção de uma faixa de proteção ambiental nas margens dos cursos d'água na região pode promover uma diminuição de quase 20% dos gastos municipais com o serviço de limpeza nas águas neste local. A organização destas informações contribui para elucidar as consequências econômicas da preservação ambiental nas cidades, além de fornecer um instrumento numérico para a análise da proteção vegetal nas margens dos recursos hídricos em bacias hidrográficas urbanas a fim de auxiliar na tomada de decisão da gestão urbana.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica; Uso e Cobertura do Solo; Mata Ciliar; Análise Econômica.

## **ABSTRACT**

One of the main factors associated with erosion and water degradation in Brazilian cities is related to the pattern of urbanization in its territory. The lack of integration of water resources management and land use policies in urban watersheds promotes environmental impacts and economic consequences for the cities. In this sense, the objective of this research is to evaluate the economic consequences of soils loss in urban watersheds taking into account the environmental preservation of the water margins in the city, using a case from Arroio Moinho Sub-Basin, located in the municipality of Porto Alegre - RS. Thus, two different scenarios were evaluated taking into account the land use and cover in the study region through the use of geoprocessing tools. In Scenario 1, the current land use and cover model was considered, while in Scenario 2, a vegetation lining strip of 30 meters wide from the edge of water of the Sub-Basin was simulated. In both scenarios, the potentials for the water erosion found through the model USLE were dimensioned and the costs with the dredging and desilting service of municipal streams were estimated. In the same direction, the economic impact on the municipal budget in the city of Porto Alegre with the differences found in the two scenarios was evaluated. The results found shows that, currently, only 40% of the water margins in the study area are vegetated and the simulation of the recovering the riparian forest buffer of vegetation of water in the Arroio Moinho Sub-Basin can promote a reduction of almost 20% in municipal expenses with water cleaning services. The organization of this information helps to elucidate the economic consequences of environmental preservation in cities, besides providing a numerical instrument for the analysis of the riparian forest protection of water resources in urban watersheds in order to assist in decision-making in urban management.

**Keywords:** Watersheds; Land Use and Cover; Riparian Forest; Economic Analysis.

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas  
APP – Área de Preservação Permanente  
DEMHAB – Departamento Municipal de Habitação  
DEP – Departamento de Esgotos Pluviais  
ELC - Equipe de Licitações e Contratos  
FAO – Food and Agriculture Organization  
GIS – Sistema de Informações Geográficas  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.  
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo  
MDE – Modelo Digital do Terreno  
MEA - Millenium Ecosystem Assessment  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil  
PSA – Pagamento por Serviços Ambientais  
SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses  
SMF – Secretaria Municipal da Fazenda  
UNDRR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction  
USLE – Universal Soil Loss Equation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da cidade Porto Alegre/RS.....	36
Figura 2 - Localização da Sub-Bacia do Arroio Moinho .....	38
Figura 3 - Localização dos lotes das Habitações Irregulares e Áreas de Risco identificados pelo DEMHAB na Sub-Bacia do Arroio Moinho.....	40
Figura 4 - Tipos de Solos na Sub-Bacia do Arroio Moinho.....	49
Figura 5 - Curvas de Nível da Sub-Bacia do Arroio Moinho.....	50
Figura 6 - Modelo Digital de Elevação da Sub-Bacia do Arroio Moinho.....	51
Figura 7 - Fator LS da Sub-Bacia do Arroio Moinho .....	52
Figura 8 - Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 1) .....	55
Figura 9 - Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 2) .....	58
Figura 10 - Estimativas de Perda de Solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 1) .....	60
Figura 11 - Estimativas de Perda de Solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 2) .....	63



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação geral do valor econômico dos recursos ambientais. ....	33
Tabela 2 - Classificação de Erosão Hídrica segundo a FAO (1980). ....	45
Tabela 3 - Séries históricas de precipitação do município de Porto Alegre/RS para cálculo de Fator R. ....	47
Tabela 4 - Tipos de Solos e Fator K da Sub-Bacia do Arroio Moinho. ....	48
Tabela 5 - Classificação do Uso e Cobertura do Solo e Fator C da Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 1. ....	54
Tabela 6 - Classificação do Uso e Cobertura do Solo e Fator C da Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 2. ....	56
Tabela 7 - Estimativas de Erosão Hídrica para Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 1. ....	59
Tabela 8 - Estimativas de Erosão Hídrica para Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 2. ....	61
Tabela 9 - Análise dos impactos dos usos e coberturas do solo na Sub-Bacia do Arroio Moinho. ....	65
Tabela 10 - Descrição da Faixa Marginal de 30 metros da borda dos Recursos Hídricos da Sub-Bacia do Arroio Moinho. ....	66
Tabela 11 - Custos com a dragagem e desassoreamento de arroios no município de Porto Alegre em 2015. ....	69
Tabela 12 - Custos com dragagem e desassoreamento de arroios no município de Porto Alegre inflacionados. ....	69
Tabela 13 - Estimativas de custos com dragagem e desassoreamento na Sub-Bacia do Arroio Moinho. ....	70
Tabela 14 - Balanço consolidado das finanças públicas para o município de Porto Alegre em 2020. ....	72
Tabela 15 - Avaliação do impacto da dragagem e desassoreamento dos recursos hídricos nas contas públicas do município de Porto Alegre. ....	73

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1. Considerações Gerais .....	12
1.2. Relevância do Tema e Lacuna do Conhecimento .....	13
1.3 Problema de Pesquisa.....	15
1.4. Hipótese .....	15
1.5. Objetivo Geral.....	15
1.5.1. Objetivos Específicos .....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Recursos Ambientais.....	17
2.2 Ocupações Habitacionais em Área de Risco.....	18
2.3 Legislação ambiental x Legislação Urbana .....	21
2.4 Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.....	26
2.5 Erosão Hídrica .....	29
2.6 Estimativas de Perda de Solos: Modelo USLE .....	30
2.7 Avaliação Econômica: Análise de Custos.....	32
3. PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA .....	35
3.1 Classificação da Pesquisa .....	35
3.2 Local de Estudo .....	35
3.3 Dimensionamento de Geração de Sedimentos .....	41
3.3.1 Cálculo USLE .....	41
3.3.2 Cálculo da USLE com auxílio de software GIS .....	44
3.4 Avaliação Econômica: Estimativas de Custos .....	45
3.4.1 Volume de Sedimentos Gerados .....	45
3.4.2 Custo por Volume de Sedimentos Gerados .....	46

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	47
4.1 Fatores para Entrada no modelo USLE .....	47
4.2. Modelo USLE para Sub-Bacia do Arroio Moinho.....	59
4.3. Avaliação Econômica: Estimativas de Custos .....	64
4.3.1 Volume de Sedimentos Gerados .....	64
4.3.2 Custo por Volume de Sedimentos Gerados .....	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Considerações Gerais

O crescimento urbano no Brasil, ocorrido a partir da década de 70, atraiu para os centros urbanos uma massa de pessoas em busca de emprego e melhores condições de vida. A rápida inversão populacional impulsionada pelo estímulo ao processo de industrialização no Brasil exigiu um aumento na demanda por infraestrutura urbana nas principais regiões do país (IBGE, 2010). A alta demanda por serviços associada ao desenvolvimento territorial desigual no espaço urbano, provocou um enorme déficit nos setores de serviços básicos de atendimento à sociedade que perpetua até hoje.

Segundo Rolnik (2010), as cidades brasileiras retratam e reproduzem de forma paradigmática as injustiças e desigualdades da sociedade. Enquanto, a minoria da população tem acesso a condições urbanísticas adequadas, a maior parte da sociedade encontra-se em situação precária e de vulnerabilidade (ROLNIK, 2010). Esta disparidade, no acesso à infraestrutura urbana básica no desenvolvimento das cidades, torna-se um dos principais fatores para os problemas sociais e, conseqüentemente, influência nos problemas ambientais encontrados no país.

O desenvolvimento urbano, por si só, altera a cobertura vegetal do território e provoca vários efeitos nos componentes do ciclo hidrológico natural. Com a urbanização, a área de drenagem de um determinado curso d'água e seus afluentes, ou seja, sua bacia hidrográfica, sofre alterações em sua cobertura natural, como na impermeabilização do solo, e, assim, introduz condutos para o escoamento pluvial no meio urbano (TUCCI, 2007). Quando a modificação do processo hídrico natural ocorre de forma desordenada, como na degradação das margens dos cursos d'água, as conseqüências dos efeitos nos componentes hidrológicos na cidade podem provocar o aumento de desastres ambientais no meio urbano.

O processo de ordenamento territorial urbano das cidades depende de seu planejamento que, embora envolva fundamentos interdisciplinares, na prática é realizado dentro de um âmbito restrito de conhecimento. As políticas de uso e cobertura do solo do meio urbano no Brasil, na maior parte das vezes, não consideram as bacias hidrográficas urbanas como um elemento fundamental para o desenvolvimento da cidade

(MOTA,1981). Além de problemas ambientais associados a falta da integração das políticas de gestão dos recursos hídricos e de uso do solo em bacias hidrográficas urbanas, há também consequências econômicas para a gestão municipal.

Segundo o Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura de Porto Alegre/RS (2019), o Arroio Dilúvio, um dos mais importantes córregos que atravessa a capital gaúcha, recebe anualmente mais de 50 mil metros cúbicos de terra e resíduos em suas águas. Assim, os cursos d'água e seus afluentes, necessitam de limpezas e dragagens periódicas, resultando no aumento dos custos com os serviços municipais na manutenção e remediação dos impactos sentidos nestes recursos naturais no município.

Um dos principais fatores para promoção da erosão e degradação hídrica nas cidades brasileiras está associado ao padrão de ordenamento territorial urbano do país durante o processo de desenvolvimento urbano. Parte dos domicílios brasileiros ocupam as margens dos recursos hídricos nas cidades, devido à necessidade de moradia de uma parcela da população, que acaba por habitar espaços menos valorizados pelo setor imobiliário e fundiário disperso pelo tecido urbano (IBGE, 2010).

A incapacidade do Estado em promover condições de vida básica para toda a sociedade propicia um modelo de desenvolvimento urbano que intensifica os danos ambientais e limita o desenvolvimento social das populações mais vulneráveis (ACSELRAD, 2001). Ao mesmo tempo, a permissividade do setor público com as ocupações irregulares em áreas de proteção ambiental promove a suscetibilidade de riscos para toda sociedade e intensifica os gastos públicos.

Procurando demonstrar que o processo de desenvolvimento urbano, que não considera as questões ambientais e de risco, prejudica o desenvolvimento das cidades brasileiras, este trabalho tem como tema a *“avaliação das consequências econômicas na perda de solos resultante do processo de erosão hídrica através da supressão de matas nativas nas margens dos recursos hídricos em bacias hidrográficas urbanas”*.

## **1.2. Relevância do Tema e Lacuna do Conhecimento**

O atual modelo de gestão pública no Brasil, muitas vezes, é permissivo a ocupação habitacional em matas ciliares nas cidades, o que resulta não só no aumento

da degradação ambiental urbana, como também, implica nas más condições de desenvolvimento das populações residentes nesses locais. De acordo com Schumann *et al.* 2021, no município de Porto Alegre quase 24% da área total dos empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV (programa nacional de acesso habitacional no Brasil), encontra-se em regiões consideradas pelo próprio órgão municipal como de risco e/ou destinadas para a preservação ambiental na cidade.

Desta forma, as medidas encontradas atualmente para lidar com a problemática urbana derivada deste processo de organização territorial, acabam por fomentar os gastos públicos na manutenção das condições já existentes, ao mesmo tempo que não visam a solução deste problema, pelo contrário, estimulam ainda mais este modelo de desenvolvimento urbano no território em áreas de risco e de importância ambiental (CARNEIRO *et al.*, 2010).

A vulnerabilidade das bacias hidrográficas urbanas está relacionada ao aumento da ocorrência de erosão, ao lançamento de resíduos sólidos e entulhos nos corpos d'água, aos despejos de esgotos e efluentes industriais em locais inapropriados, além da invasão dos leitos por ocupação habitacional (TUCCI, 2004). Da mesma forma, o processo de organização do território urbano, intensifica a impermeabilização solo e introduz elementos nos fluxos d'água, que impactam diretamente no aumento de inundações urbanas.

Segundo Tucci (2004), as inundações urbanas estão associadas a obstrução ou a incapacidade dos condutos e canais pluviais de realizarem o escoamento das águas urbanas e, muitas vezes, são consequências ao aumento da produção de sedimentos pela falta de proteção vegetal nas margens d'água e pela introdução de resíduos sólidos nos recursos hídricos urbanos. Para minimizar os impactos causados pelos processos de degradação dos corpos d'água na cidade, medidas estruturais e de controle acabam sendo adotadas pelos órgãos públicos, como o constante serviço de dragagem e desassoreamento de sedimentos de arroios. Estas medidas impactam diretamente nos cofres públicos, pois aumentam os gastos públicos com a gestão urbana.

Em um processo de desenvolvimento urbano sustentável, a diminuição dos gastos públicos deve estar associada à preservação dos recursos naturais, cada vez mais escassos na cidade. Neste sentido, as análises econômicas surgem como ferramentas

para fomentar a elaboração de programas e práticas que busquem o planejamento urbano e ambiental integrado e, assim, auxiliam no quadro de planejamento e gestão urbana atual, a fim de assegurar que o desenvolvimento urbano seja acompanhado de infraestrutura, habitação e qualidade de vida (BENAKOUCHE e CRUZ, 1994).

Desta forma, a lacuna de conhecimento está *nas implicações econômicas resultantes do processo de ocupação urbana nas margens dos recursos hídricos da cidade que intensificam a erosão hídrica através da perda de solo em bacias hidrográficas urbanas*. Deste modo, estudos que procurem avaliar as consequências econômicas presentes neste processo de desenvolvimento urbano através da supressão de matas nativas nas cidades, propiciam o esclarecimento da sociedade e, do próprio órgão público, sobre o atual modelo de gestão urbana adotado.

### **1.3 Problema de Pesquisa**

A supressão das matas nativas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) das margens dos recursos hídricos urbanos colabora para o aumento dos gastos públicos?

### **1.4. Hipótese**

A preservação das matas ciliares dos recursos hídricos em bacias hidrográficas urbanas promove a diminuição dos gastos públicos municipais.

### **1.5. Objetivo Geral**

Este trabalho possui como objetivo geral avaliar as consequências econômicas na perda de solos em bacias hidrográficas urbanas levando em consideração a preservação ambiental das margens dos recursos hídricos, tendo como estudo de caso a Sub-Bacia do Arroio Moinho, localizada na capital do estado do Rio Grande do Sul, município de Porto Alegre.

### 1.5.1. Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliar dois cenários, na Sub-Bacia do Arroio Moinho, envolvendo a alteração do uso e cobertura do solo na faixa marginal de 30 metros dos recursos hídricos urbanos;
- b) Determinar às estimativas de perdas de solos através do uso do Modelo USLE (*Universal Soil Loss Equation*) para a Sub-Bacia do Arroio Moinho nos dois cenários avaliados;
- c) Estimar os custos públicos empregados na remoção e dragagem de sedimentos dos recursos hídricos, gerados a partir da USLE, nos dois cenários analisados da Sub-Bacia do Arroio Moinho;
- d) Analisar a diferença dos custos encontrados nos dois cenários avaliados e dos impactos econômicos quanto ao orçamento municipal da cidade de Porto Alegre.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Recursos Ambientais

Os ecossistemas proporcionam uma variedade de produtos e serviços que contribuem, direta ou indiretamente, para o bem-estar humano e para o equilíbrio ambiental da Terra (FAO, 2007). A manutenção da quantidade e da qualidade dos recursos naturais está diretamente ligada aos serviços de suporte e regulação, que irão ser prestados por estes ecossistemas, através do uso e manejo adequado do solo e a conservação dos recursos hídricos. A mata ciliar é considerada uma importante provedora para proteção das bacias hidrográficas e, a existência de áreas nativas nas margens dos cursos d'água fornece diversos serviços ambientais para a Terra, como, o controle de erosão e sedimentação, a regularização do fluxo da água e a manutenção da qualidade do habitat aquático (LANDELL-MILLS e PORRAS, 2002).

Apesar de sua importância, grande parte dos recursos naturais estão sendo ameaçados pelas atividades antrópicas, através de sua exploração substancial, resultando na sua degradação e na sua destruição como consequência do crescimento econômico global (MEA, 2003). Segundo Peralta (2014) “para construir uma nova racionalidade que vise a sustentabilidade ambiental, deverá ser reestruturado o processo de incentivos econômicos que conduza os seres humanos a degradar o meio ambiente”. Desta forma, os instrumentos econômicos tornam-se importantes mecanismos para a orientação, de maneira sustentável, das atividades dos agentes econômicos e para a distribuição, de maneira mais adequada, dos custos socioambientais.

A legislação brasileira prevê instrumentos coercitivos, tais como as multas que são baseadas no princípio de “poluidor-pagador”, como mecanismos para garantir os serviços ambientais prestados pelos ambientes naturais preservados. No entanto, alguns autores têm demonstrado que o controle da poluição tem maior eficácia quando se utiliza de políticas de incentivo, como aquelas baseadas no princípio de “provedor-recebedor” (CLAASSEN *et al.*, 2001).

O instrumento de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) é definido como um mecanismo de compensação flexível baseado no princípio do “provedor-recebedor”, no qual, os prestadores de serviços ambientais são pagos pelos beneficiários dessas

atividades. Atualmente, os programas que utilizam o PSA são considerados mecanismos promissores para o financiamento da proteção e restauração ambiental, assim como, complementam e reforçam os mecanismos de regulações existentes (FAO, 2004).

No Brasil, temos exemplos de experiências que utilizam o conceito de Pagamento por Serviços Ambientais, no meio rural, na manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos. O “Programa Produtor de Água”, criado pela Agência Nacional de Águas (ANA), estimula os produtores rurais a investirem no cuidado do trato das águas através da preservação de áreas nativas nas suas margens. Os projetos desenvolvidos por este programa promovem pagamentos à fornecedores de serviços ambientais, através de práticas e manejos conservacionistas, que contribuam para a melhoria das condições dos recursos hídricos, seguindo o conceito de provedor-recebedor, onde o beneficiário dos serviços ecossistêmicos paga e o conservacionista recebe (ANA, 2012).

Segundo a ANA (2012), a criação de programas que utilizem o conceito de PSA no meio rural visa, além do ganho econômico na produção agrícola, a melhora na quantidade e qualidade dos recursos naturais. Avaliando esta iniciativa econômica de preservação ambiental no meio urbano, pode-se entender que a proteção de áreas ambientais nas margens dos corpos hídricos também representa um ganho econômico, porém, no sentido de produção da cidade, impactando diretamente na qualidade de vida urbana. Ou seja, as matas ciliares urbanas podem exercer do mesmo princípio dos programas que utilizam o PSA, pois, são locais que necessitam de incentivo econômico para serem preservados ao mesmo tempo que fornecem uma maior sustentabilidade para as cidades.

## **2.2 Ocupações Habitacionais em Área de Risco**

A crescente urbanização a partir da segunda metade do século XX, tem reflexos na organização e ordenamento do espaço urbano, visivelmente percebida no processo de construção de moradia. Ao ocupar espaços, os indivíduos reivindicam na moradia a sua necessidade básica para viver (RODRIGUES, 2001).

O espaço urbano dispõe do suporte físico para a vivência em sociedade, porém, as reais condições da aquisição de moradia no Brasil impossibilitam a conquista dessas

mercadorias pelo mercado formal (ABRAMO, 2007). Nesse ambiente de ausência do Estado em prover alternativas para a carência de moradia a uma parcela da população, os espaços menos valorizados pelo setor imobiliário e fundiário, dispersos pelo território urbano, acabam por ser habitados (IBGE, 2010).

Este modo de reprodução no espaço urbano vincula a forma urbana à reprodução da pobreza através da produção da cidade (ABRAMO, 2007). Desta forma, o território natural que deveria ser destinado à preservação surge como alternativa para a ocupação habitacional, reproduzindo assim, atividades que essencialmente contribuem para a degradação ambiental das cidades brasileiras. A pressão exercida por este padrão habitacional nas cidades brasileiras sobre o meio ambiente urbano, tem contribuído para o crescente aumento de tragédias ambientais no país. A intensificação das ocupações nas margens dos recursos hídricos urbanos e a supressão das matas nativas provocam o aumento dos impactos ao meio físico, como: erosão, assoreamento, inundações, poluição das águas e perda de vegetação (TUCCI, 2007). Essas consequências são, na sua maior parte, à população de baixa renda e que não possui acesso a infraestrutura.

Acsehrad (2001), apresenta a relação da desigualdade social e da desigualdade ambiental na formação do meio urbano, como reprodução, local da forma de funcionamento e produção do capitalismo globalmente. O autor destaca que a degradação ambiental tende a acontecer nas comunidades mais pobres como efeito deste funcionamento e produção, que, através do incentivo ao consumo e à geração de resíduos, impõe esta realidade. Os efeitos negativos produzidos pelo sistema global são encaminhados para a parcela mais pobre de cada sociedade e, desta forma, este processo de transferências de cima para baixo, permite a continuidade do padrão tecnológico e locacional, como na sua origem.

No entanto, a presença populacional em áreas destinadas à proteção ambiental não é exclusiva da população de baixa renda. Villaça (1998) apresenta que a alta renda também ocupa esses espaços, porém, não pela falta de oportunidade de estar em outros lugares, mas sim, como privilégio de ocupar locais ambientalmente favorecidos. O autor ainda ressalta que, devido ao poder político que esta camada representa na sociedade, ela acaba por pressionar o Estado por investimentos e infraestrutura urbana. Assim, o

que diferencia os locais destinados à proteção ambiental, quando ocupados pelas populações de alta renda, é a presença do suporte estrutural.

Embora o presente estudo não procure caracterizar o poder aquisitivo dos habitantes na área de análise, é preciso ressaltar que há uma diferença nos processos de ocupações urbanas em áreas ambientais e, ao mesmo tempo, nos impactos sentidos pela população presente nestas áreas, quando considerado a sua classe social. Rolnik (2000) também contribui nesse sentido, ao salientar que a ocupação do espaço urbano se faz de forma segregada e excludente no Brasil. Sobretudo, porque segundo a autora, a função que é designada ao Estado de garantir condições e equipamentos urbanísticos adequados aos cidadãos, não se dá de modo equânime, o que tem proporcionado situações precárias e injustiças sociais em territórios de exclusão e segregação de promoção estatal.

Em um estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil (2016), foi identificado que as habitações localizadas em áreas irregulares e que apresentam problemas estruturais em sua formação, denominadas de aglomerados subnormais pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possuem índices de cobertura de atendimento a saneamento básico muito inferiores quando comparados com a média nacional. Nesses locais, apenas 20,5% da população têm acesso aos serviços de abastecimento de água, e, somente 9,4% desses assentamentos têm acesso a rede de esgoto.

A ausência do suporte estrutural urbano é um dos principais fatores associados à vulnerabilidade da população e ao aumento de áreas riscos no Brasil. Cerca de 4,3% da população brasileira está exposta em áreas de risco com suscetibilidade à processos erosivos decorrentes de movimentos de massa (deslizamentos de encosta, corridas de massa, solapamentos de margens/terras caídas, queda/rolamento de blocos rochosos e processos erosivos) e/ou à processos erosivos hidrológicos (inundações, enxurradas, grandes alagamentos) (IBGE, 2018). Os assentamentos irregulares estão cada vez mais presentes nas cidades brasileiras e ocorrem pela falta de política de fiscalização do Estado, ou mesmo, com a conivência dele (MARICATO, 2008). Segundo Maricato (2008), a ação ou omissão do poder público em relação às ocupações habitacionais em áreas ambientalmente frágeis acentua as condições de riscos e compromete a qualidade de vida da população e do meio ambiente.

Os problemas relacionados aos impactos nos recursos naturais ultrapassam os limites de fronteiras e divisões político-administrativas. Os recursos hídricos, diretamente afetados por este processo de ordenamento territorial urbano, necessitam de uma gestão compartilhada da administração pública e que os mais distintos setores administrativos os considerem em seu planejamento. Contudo, a gestão integrada do território em sua prática ainda não reconhece os conflitos de uso da terra e de organização territorial como uma vulnerabilidade que precisa ser enfrentada para a preservação e conservação do meio ambiente (PERES e CHIQUITO, 2012).

### **2.3 Legislação ambiental x Legislação Urbana**

Desde os anos de 1930, estiveram presentes na agenda federal políticas de ocupação e modernização do território nacional. As políticas de desenvolvimento, nesse contexto histórico, caracterizaram os padrões de organização do espaço brasileiro na conformação da estrutura territorial, na fixação de valor ao solo, na forma de relacionamento entre lugares e, sobretudo, nos modos de apropriação e conservação da natureza e uso dos recursos naturais (PERES e CHIQUITO, 2012).

O Código Florestal, criado como decreto em 1934 devido a demanda da produção cafeeira no país e, alterado em 1965 como lei federal, teve suas contribuições para a legislação ambiental brasileira. Em 2012, o governo federal instituiu o Novo Código Florestal, Lei Nº 12.651, restabelecendo as normas gerais sobre a proteção, exploração e controle da vegetação nativa e definindo o conceito de Área de Preservação Permanente (APP), como:

“área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

Nela, os incisos do Art. 4º definem as áreas que devem ser consideradas como de preservação permanente no país, são eles:

“I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente (...) II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais (...) III - as áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais (...) IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica (...) V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° (...) VI - as restingas (...) VII - os manguezais (...) VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas (...) IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras (...) X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros (...) XI - em veredas” (BRASIL, 2012).

Ainda no Art. 4º, são estabelecidas as faixas de proteção para essas áreas que desempenham importante função ambiental. No caso dos recursos hídricos, a delimitação da área preservada irá variar de acordo com a largura do curso d’água presente, onde o valor mínimo estabelecido para as zonas urbanas é de 30 metros desde a borda da calha do leito regular.

Já o 2º parágrafo do Art. 8º do Novo Código Florestal, institui os casos de intervenção ou supressão da vegetação em Áreas de Preservação Permanente, nas hipóteses de utilidade pública, interesse social e baixo impacto social, como:

“A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente de que tratam os incisos VI e VII do caput do art. 4º poderá ser autorizada, excepcionalmente, em locais onde a função ecológica do manguezal esteja comprometida, para execução de obras habitacionais e de urbanização, inseridas em projetos de regularização fundiária de interesse social, em áreas urbanas consolidadas ocupadas por população de baixa renda” (BRASIL, 2012).

Ou seja, define-se que somente as áreas de restingas ou de manguezais poderão sofrer intervenção ou supressão de vegetação nativa, ficando proibido o direito à regularização de futuras intervenções ou supressões de vegetação nativa em outras

áreas definidas como de preservação permanente, como as faixas marginais de qualquer curso d'água natural. Assim, a urbanização das margens dos recursos hídricos na cidade é contrária à Lei Nº 12.651/2012.

Da mesma forma que surge uma demanda por regularização de áreas ambientais no país, a partir da década de 30, o grande processo de industrialização das cidades brasileiras, na década de 70, também instiga o surgimento de normas para a condução do crescimento urbano no Brasil.

Nesse sentido, a Lei Federal de Parcelamento do Solo Nº 6.766, criada em 1979, procura regulamentar o parcelamento do solo para fins urbanos no Brasil. O Art. 2º da lei condiciona o parcelamento do solo nas cidades brasileiras mediante as legislações federais, estaduais e municipais, enquanto o Art. 3º da lei, reitera o compromisso com a conservação da Área de Preservação Permanente (APP) no país, não permitindo o parcelamento de solo em:

“I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas; II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados; III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes; IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação; V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.” (BRASIL, 1979).

É possível observar que a Lei Nº 6.766/1979 procura manter os critérios já estabelecidos pela lei 12.651/2012, em relação a preservação de áreas ambientais no meio urbano, e, desta forma, é definido que o parcelamento do solo não poderá ser realizado em áreas destinadas à preservação ambiental, como a APP. Porém, a mesma lei determina a possibilidade de intervenção nestes locais, se realizadas “providências”, “exigências” e “correções” urbanísticas pelas autoridades.

A necessidade por regularização ambiental e urbana no Brasil, torna as ações governamentais essenciais na gestão das águas no país, uma vez que os problemas relacionados a este recurso natural ultrapassam qualquer fronteira das divisões político-administrativas. A crescente demanda sobre a gestão dos recursos hídricos no território brasileiro fomentou a criação da Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei Nº 9.433 de 1997 que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos no país.

Tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e de gerenciamento, esse sistema reconheceu e consolidou, como instâncias regionais de gestão, os Comitês de Bacia Hidrográfica e suas respectivas Agências de Água. Porém, até hoje a integração destes órgãos com as entidades governamentais visando um planejamento conjunto e estratégico é tema de discussões sobre os problemas encontrados para a sua real efetividade (PERES e SILVA, 2013).

Procurando regulamentar a política urbana nas cidades brasileira, a Lei Nº 10.257 de 2001, definida como Estatuto da Cidade, surge para estabelecer as diretrizes gerais da política urbana no Brasil, definindo as “normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental”. No inciso VI do Art. 2º, o Estatuto da Cidade estabelece que a ordenação do solo deve evitar:

“a) a utilização inadequada dos imóveis urbanos; b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes; c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana; d) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como pólos geradores de tráfego, sem a previsão da infraestrutura correspondente; e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização; f) a deterioração das áreas urbanizadas; g) a poluição e a degradação ambiental; h) a exposição da população a riscos de desastres.” (BRASIL, 2001).



Nesse sentido, o Estatuto da Cidade evidencia que a urbanização das cidades brasileiras, deve seguir princípios de desenvolvimento urbano e social, respeitando o meio ambiente e, desta forma, as intervenções urbanísticas devem fornecer infraestrutura ao mesmo tempo que não devem degradar as áreas ambientais.

A preservação ambiental nas cidades depende fortemente do acesso à infraestruturas urbanísticas que promovem a qualidade de vida da sociedade. Assim, a Lei Nº 11.445 de 2007 surge com o intuito de universalizar o acesso aos serviços básicos de infraestrutura no país através de diretrizes nacionais para o saneamento básico. Esta lei procura direcionar as políticas de desenvolvimento urbano, de habitação e de proteção ambiental para a melhoria da qualidade de vida, buscando eficiência e sustentabilidade econômica.

O acesso ao abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo de águas pluviais são os serviços que a Lei Nº 11.445 procura universalizar para promover melhorias para a população. Porém, a universalização do acesso aos serviços básicos de saneamento no Brasil ainda está longe de acontecer, segundo o Instituto Trata Brasil (2019), das 100 maiores cidades brasileiras, 78 ainda não possuem cobertura de 100% da população atendida com água potável, e, 36 destas cidades possuem menos de 60% da população com acesso a coleta de esgotos.

Os grandes centros brasileiros evidenciam as desigualdades encontradas no país e, ainda, se tornam locais de atração populacional. As grandes concentrações populacionais no entorno dos centros urbanos brasileiros demonstraram que somente a gestão municipal não atende os fluxos presentes nestas regiões. Assim, procurando estabelecer diretrizes gerais para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum nas regiões metropolitanas e aglomerados urbanos, o Estatuto da MetrÓpole, Lei Nº 13.089 de 2015 surge com o objetivo de promover a governança interfederativa no campo de desenvolvimento urbano nesses locais. Apesar de procurar estabelecer uma gestão conjunta entre os municípios brasileiros, a fim de buscar desenvolver estas regiões sem promover desigualdades, o estatuto da metrÓpole ainda encontra barreiras em promover a equidade governamental entre os municípios no país.

Ainda mais recente, a Política de Regularização Fundiária Rural e Urbana, Lei Nº 13.465 de 2017, surge com intuito de promover no território nacional normas gerais e procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana (Reurb), a qual “abrange medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais destinadas à incorporação dos núcleos urbanos informais ao ordenamento territorial urbano e à titulação de seus ocupantes”. A lei estabelece no inciso VIII do Art. 11 que ocupante é “aquele que mantém poder de fato sobre o lote ou fração ideal de terras públicas ou privadas em núcleos urbanos informais”, definindo que constatada a existência de núcleo urbano informal situado, total ou parcialmente, em área de preservação permanente, a regularização será admitida, desde que os estudos técnicos comprovam que essas intervenções de regularização fundiária implicam na melhoria das condições ambientais em relação à situação de ocupação informal anterior.

É possível observar que a legislação brasileira urbana permite a regularização de ocupações habitacionais no território nacional, porém, somente se ocorrer melhorias nas condições de vida dos ocupantes e, ao mesmo tempo, não comprometer o meio ambiente natural. Para que isso ocorra, deve-se considerar que a gestão das águas no planejamento e gestão das cidades brasileiras ultrapassa os limites fronteiriços político-administrativos e, como tal, devem estabelecer políticas que procurem integrar o desenvolvimento territorial de forma sustentável (PERES e CHIQUITO, 2012).

As ocupações habitacionais irregulares em áreas que desempenham importante função ambiental podem implicar em danos não só para a cidade local, mas também para toda a região de influência (SILVA e PORTO, 2003). Assim, a gestão deste movimento territorial deve sempre procurar minimizar de forma integrada os possíveis impactos resultantes deste processo, e não externalizar os seus efeitos, como vem sendo feito atualmente.

## **2.4 Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**

O aumento do número de desastres no Brasil e no mundo, nos últimos anos, demonstra as vulnerabilidades enfrentadas por grande parte da sociedade e que, em alguns casos, só são conhecidas quando o desastre ocorre. Segundo relatório elaborado

pela Organizações das Nações Unidas (ONU), nos últimos 20 anos houve um aumento de mais de 40% no número de desastres registrados em todo o mundo. Os desastres são a concretização dos riscos gerados pelo encontro dos fatores de ameaça e do processo de vulnerabilização que ocorre em um determinado local em uma escala espacial e temporal (VALENCIO e VALENCIO, 2017).

Tanto os desastres como os riscos, são construídos socialmente e, muitas vezes, as medidas técnicas de proteção adotadas pelas autoridades constituídas não conseguem ser mais abrangentes do que aquelas que a complexa vida social constrói. A dinâmica profunda das tensões e contradições sociais encontradas nas cidades brasileiras tornam as medidas de monitoramento e de diminuição de riscos ineficazes no controle socioambiental (GONÇALVES; MARCHEZINI; VALENCIO, 2012).

Os recorrentes desastres em território brasileiro produziram uma resposta política com a aprovação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), Lei Nº 12.608 de 2012. A PNPDEC abrange ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à proteção e defesa civil buscando integrar as políticas de ordenamento territorial e a gestão dos recursos hídricos tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável. O Art. 4º da Lei estabelece suas diretrizes:

- I - atuação articulada entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios para redução de desastres e apoio às comunidades atingidas;
- II - abordagem sistêmica das ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação;
- III - a prioridade às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres;
- IV - adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água;
- V - planejamento com base em pesquisas e estudos sobre áreas de risco e incidência de desastres no território nacional;
- VI - participação da sociedade civil.” (BRASIL, 2012).

Para combater as incertezas quanto à ocorrência de desastres a PNPDEC cria o Plano Nacional de Defesa Civil que envolve realizar estudo de causas e das possibilidades de desastres; mapear áreas de risco; monitorar áreas de risco; e, estabelecer as diretrizes de ações a serem tomadas. Assim, a PNPDEC torna o Estado responsável na proteção daqueles que necessitam de medidas urgentes para que sua vida e seu patrimônio sejam resguardados.

As intervenções propostas pela PNPDEC são realizadas pelos órgãos responsáveis pela defesa civil nas cidades. Em Porto Alegre, segundo a Lei Municipal Nº 11.397, a defesa civil atua para reduzir os desastres, desde a prevenção até a recuperação das áreas ambientais, em quatro fases: Preventiva; Socorro; Assistencial e; Recuperativa. Nesse sentido, o órgão municipal participa dos processos de regulamentação e adequação estrutural de habitações em áreas de risco.

Porém, o processo de estruturação de comunidades em áreas de risco vem sendo questionado devido a ineficiência na prevenção de desastres e na impossibilidade de promover uma melhora na qualidade de vida nas comunidades (VALENCIO e VALENCIO, 2017). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística até 2010, 8,3 milhões de brasileiros viviam em áreas de risco de desastres naturais, apresentando alta vulnerabilidade e condições estruturais inadequadas, o que demonstra a ineficiência do Estado em promover condições de vida adequadas para certa parcela da população, contribuindo para aumento do número de desastres ambientais nas cidades.

O crescente número de desastres ambientais, no Brasil e no mundo, nos últimos anos, expõe as vulnerabilidades em que se encontra grande parte da sociedade e que, em alguns casos, só são conhecidas depois que o desastre ocorre. Segundo relatório elaborado pela *United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR (2020)*, sobre os riscos de desastres naturais nos últimos 20 anos (2000-2019), houve um aumento de mais de 42% no número de desastres desta ordem registrados em todo o mundo quando comparado com o período anterior, de 1980 a 1999. As inundações foram responsáveis por mais de 40% dos desastres, afetando 1,65 bilhão de pessoas, seguidas por tempestades, 28%, terremotos, 8%, e temperaturas extremas, 6% (ONU, 2020).

## 2.5 Erosão Hídrica

A erosão hídrica do solo é um processo natural que consiste no desgaste do solo e das rochas de áreas altas para áreas baixas, ocasionando remoção, transporte e deposição de sedimentos. Segundo Costa *et al.* (2005), os processos erosivos são fundamentais para dinâmica ambiental e renovação do solo, entretanto, podem prejudicar o ritmo natural do ecossistema, quando potencializados pelos impactos antropogênicos, resultando no empobrecimento do solo e em consequências negativas aos recursos hídricos. Os processos erosivos hídricos são influenciados pelas intensidades das chuvas; pelas características físicas, químicas e morfológicas do solo; pela cobertura vegetal de maior ou menor proteção do solo e; pelos declives e comprimentos das encostas (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012).

Para Bertoni e Lombardi Neto (2012), a conservação do solo deve considerar formas que impliquem em menor valor de perda de solos que, teoricamente, permita a sua regeneração natural. Porém, segundo os autores, ao suprir as matas ciliares nas áreas urbanas, a cobertura vegetal perde a sua função de proteção do solo e, conseqüentemente, intensifica o processo erosivo. Quando as medidas estruturais de controle de erosão não são adequadas, as partículas dos solos são erodidas e transportadas até se depositarem em locais onde a energia do escoamento, disponível para o transporte, é insuficiente.

De acordo com Tucci (2007), a deposição de sedimentos no fundo dos leitos d'água nas cidades reduz a capacidade do escoamento hídrico em períodos de cheias, resultando no transbordamento de canais de macrodrenagem e no aumento das inundações urbanas. Em geral, a solução adotada pelos órgãos públicos é a dragagem do material depositado nos canais. Os problemas associados ao processo de dragagem das águas urbanas estão no alto custo de operação, na necessidade de locais para dispor o material dragado, na degradação das margens dos cursos d'água e, nas interrupções de trânsito que ocorrem quando o material é retirado por caminhões. Ainda, há a implicação da capacidade de condutos, onde o problema se torna mais sério, já que a limpeza dos mesmos representa custos significativos. Além dos impactos físicos e

econômicos, Tucci (2007) salienta que o transporte de poluentes agregados aos sedimentos reduz a qualidade das águas e contamina os recursos hídricos urbanos.

Conforme o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2019), o desenvolvimento urbano do município reproduz, ao longo dos anos, o aumento das ocupações urbanas e da impermeabilização do solo na cidade, o que impacta diretamente na obstrução nos cursos d'água através do acúmulo de sedimentos e descarte incorreto de resíduos nestes locais. A vegetação que estava presente na maior parte dos morros e margens de arroios em Porto Alegre foi sendo eliminada ao longo dos anos, deixando o solo da região mais exposto ao efeito das chuvas, que acabam por carregar a terra rapidamente para as áreas de menor altitude da cidade, causando assoreamento das redes pluviais e os inevitáveis problemas de drenagem urbana (ELC,2015). Portanto, os sistemas de drenagem urbana e os recursos hídricos do município necessitam de limpeza sistemática, a fim de manter a eficiência no fluxo das águas.

Segundo a Equipe de Licitações e Contratos do município de Porto Alegre (ELC, 2015), os serviços com a dragagem e desassoreamento dos arroios da cidade devem ser executados de forma contínua. O objetivo destes serviços consiste em manter a rede hídrica urbana em condições de pleno funcionamento, permitindo o fluxo e escoamento às águas provenientes das redes canalizadas e seus afluentes que neles fazem seus descartes. Nesse sentido, o serviço de limpeza acontece para que não ocorram situações de inundação e nem de alagamentos na cidade, assim como suas decorrências à Saúde e Segurança Pública.

## **2.6 Estimativas de Perda de Solos: Modelo USLE**

Um dos modelos mais utilizados e difundidos para expressar o impacto do processo erosivo hídrico é a Equação Universal de Perda de Solo, (USLE - *Universal Soil Loss Equation*), desenvolvida pelo Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos EUA, na década de 1950. Este modelo, representa um importante instrumento de investigação, a partir das características e propriedades do

terreno, para ações mais efetivas de planejamento ambiental e otimização dos recursos naturais (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

A Equação Universal de Perda de Solo, expressa pela Equação 1, visa estimar a perda de solos por erosão laminar de uma área em função das condições do clima, do solo, do relevo, da vegetação e das práticas conservacionistas.

$$A = R.K.L.S.C.P \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

A: perda de solo por unidade de área e tempo (t/ha.ano);

R: fator de erosividade da chuva, expressa a erosão potencial, ou poder erosivo da precipitação média anual da região (MJ.mm/ha.h.ano);

K: fator de erodibilidade que representa a capacidade do solo de sofrer erosão por uma determinada chuva (ton.h./MJ.mm);

L: fator topográfico que expressa o comprimento do declive (adimensional);

S: fator topográfico, que expressa a declividade do terreno ou o grau de declive (adimensional);

C: fator que expressa uso e manejo do solo e cultura (adimensional);

P: fator de práticas conservacionistas (adimensional).

A USLE trata-se de um modelo empírico desenvolvido para análise de prognóstico, porém, este modelo não identifica as condições de transporte e deposição dos sedimentos. Ao longo dos anos, o modelo USLE passou por diversas modificações e aprimoramento de sua utilização. Atualmente, a aplicação da USLE tem sido facilitada pelo uso de Sistema de Informações Geográficas (GIS) que demonstram eficiência na integração de diferentes dados temáticos e na geração de novos produtos cartográficos, como a perda de solos (PINTO e GARCIA, 2005).

O presente estudo procurou utilizar o modelo USLE como um instrumento de tomada de decisão para bacias hidrográficas urbanas, através da combinação de *softwares* cartográficos com cálculos matemáticos em dois cenários estabelecidos, a fim de expressar as dinâmicas encontradas nas cidades. Procurou-se, através desta aplicação, estimar as diferenças encontradas nos cenários a partir da adoção de um determinado uso e cobertura do solo e, assim, aprimorar o processo de tomada de decisão municipal para o planejamento urbano da cidade.

## 2.7 Avaliação Econômica: Análise de Custos

A ineficiência da gestão das bacias hidrográficas urbanas nas cidades representa grande impacto financeiro para as prefeituras municipais. Segundo o Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, em 2015, o município gastou aproximadamente 5,5 milhões de reais com a dragagem e o desassoreamento de arroios na cidade (ELC, 2015).

Os impactos econômicos da ocupação urbana nas margens dos cursos d'água da cidade, podem ser observados nos custos com a dragagem e remoção de sedimentos e resíduos dos recursos hídricos, mas também, podem ser percebidos em diversas outras áreas da gestão municipal, como na saúde, na educação e nas atividades econômicas. Deste modo, a avaliação econômica do meio ambiente, no caso, da mata ciliar urbana, surge como uma tentativa de atribuir, sob o enfoque econômico e com razoável precisão, valores para os usos dos bens ambientais e, ao mesmo tempo, entender os impactos no desenvolvimento das cidades (SALAZAR, 2010).

Entretanto, deve-se ressaltar que na avaliação econômica ambiental, quem recebe o valor não é o recurso natural em si, mas sim, as tomadas de decisões em relação a um recurso ou ao serviço ambiental (MAY *et al.* 2003). No caso das matas ciliares, ao tentar atribuir um “valor” para o uso destes recursos, procura-se simbolizar a importância da sua presença na cidade, onde a tomada de decisão encontra-se em preservá-la ou não no ambiente urbano.

Para Motta (2006) os métodos de valoração econômica do meio ambiente são necessários para a determinação dos custos e dos benefícios sociais de projetos de investimentos públicos que afetam a população. Os métodos econômicos para avaliações de projetos, em geral, visam determinar a viabilidade dos investimentos através do uso de critérios que permitam, através de cálculo de indicadores, a comparação de resultados e a tomada de decisão sobre os investimentos, de forma científica (SALAZAR, 2010). A Tabela 1 apresenta a avaliação dos critérios para a classificação geral da valoração de recursos ambientais.



Tabela 1 - Classificação geral do valor econômico dos recursos ambientais.

VALOR ECONÔMICO DO RECURSO AMBIENTAL			
Valor de Uso		Valor de Não Uso	
Valor de Uso Direto	Valor de Uso Indireto	Valor de Opção	Valor de Existência
Bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso e consumidos hoje.	Bens e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas apropriados e consumidos indiretamente hoje.	Bens e serviços ambientais de usos diretos e indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro.	Valor não associado ao uso atual ou futuro e que reflete questões morais, culturais, étnicas ou altruístas.

Fonte: Motta (1998)

Porém, as análises econômicas de projetos públicos, que visam o desenvolvimento social de uma determinada região, devem ser avaliadas de maneiras diversas e, não seguindo a lógica da lucratividade dos empreendimentos privados. Para Benakouche e Cruz (1994) o processo de avaliação dependerá sempre do objetivo perseguido, enquanto nos projetos privados visam, em princípio, a rentabilidade máxima, nos projetos públicos os custos e benefícios podem apresentar proporcionalidades diferentes, pois, o objetivo principal das ações públicas não está vinculado, necessariamente, a lucratividade dos projetos, mas sim, ao bem-estar social.

Nesse sentido, a análise econômica da preservação de áreas ambientalmente importantes nas margens dos recursos hídricos urbanos pode representar uma análise de projeto de investimento público. Pois, a preservação e a manutenção destes recursos naturais proporcionam impactos aos cofres públicos e, ao mesmo tempo, impactam socialmente na cidade. Diante das diversas variáveis econômicas existentes na preservação de mata ciliares nas cidades, este trabalho limitou-se em analisar os custos da geração de sedimentos em bacias hidrográficas urbanas a partir da adoção de

determinado uso e cobertura do solo. Para poder pensar essa questão, serão analisados dois cenários de uso e cobertura do solo. Para Correia Neto (2009), a análise de cenários é um método comumente utilizado para avaliar os riscos de um determinado projeto, pois considera os efeitos de diferentes situações hipotéticas e complexas possíveis de ocorrer em uma determinada área de estudo.

Seguindo os princípios apresentados por Benakouche e Cruz (1994) na avaliação monetária do meio ambiente, o presente estudo procurou comparar as despesas geradas a partir de diferentes usos e coberturas do solo, levando em consideração a preservação de matas ciliares em bacias hidrográficas urbanas. Nesse sentido, a Análise de Custos surge como uma alternativa para a estimativa das despesas empregadas no processo de remoção e dragagem de sedimentos de recursos hídricos, através do conhecimento do processo de custeio empregado nesta atividade.

Assim, procurou-se avaliar como estes custos irão se comportar a partir da alteração das formas do uso e cobertura do solo na cidade. Portanto, ao avaliar diferentes cenários na cidade em relação a preservação ambiental nas margens dos seus recursos hídricos, pretende-se demonstrar os custos e benefícios econômicos presentes em determinados modelos de ordenamento territorial urbano, ou seja, os resultados orçamentários existentes com a tomada de decisão de determinado uso e cobertura do solo na cidade. Deste modo, a análise econômica realizada neste estudo, procura auxiliar o quadro de gestão municipal através do uso de ferramentas para análise de cenários.

### **3. PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA**

#### **3.1 Classificação da Pesquisa**

O estudo consiste em uma Análise Quantitativa de uma Pesquisa Documental, Descritiva ou Exploratório, relacionada a dados secundários disponíveis pelo governo. Os dados demográficos, econômicos e georreferenciados foram obtidos em plataformas governamentais e disponibilizados por órgãos públicos.

A fim de delimitar espacialmente o cenário de pesquisa, adota-se a Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Moinho como unidade de análise. Desta forma, classifica-se o Estudo de Caso como a forma mais adequada para a investigação do fenômeno dentro de seu contexto real, onde os limites deste fenômeno e o contexto podem ser claramente percebidos (YIN, 2001).

#### **3.2 Local de Estudo**

O estudo foi realizado no município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, localizado no sul do Brasil, que detém uma população de aproximadamente 1,5 milhão de habitantes e uma área territorial de 495,390 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) o município apresenta uma altitude média de 10 m acima do nível do mar, chegando à uma altitude máxima de 331 m, e está inserido nas unidades geomorfológicas do Escudo Sul-Rio-Grandense e da Depressão Central, com influência da Planície Costeira. A Figura 1 apresenta a localização do município de Porto Alegre.

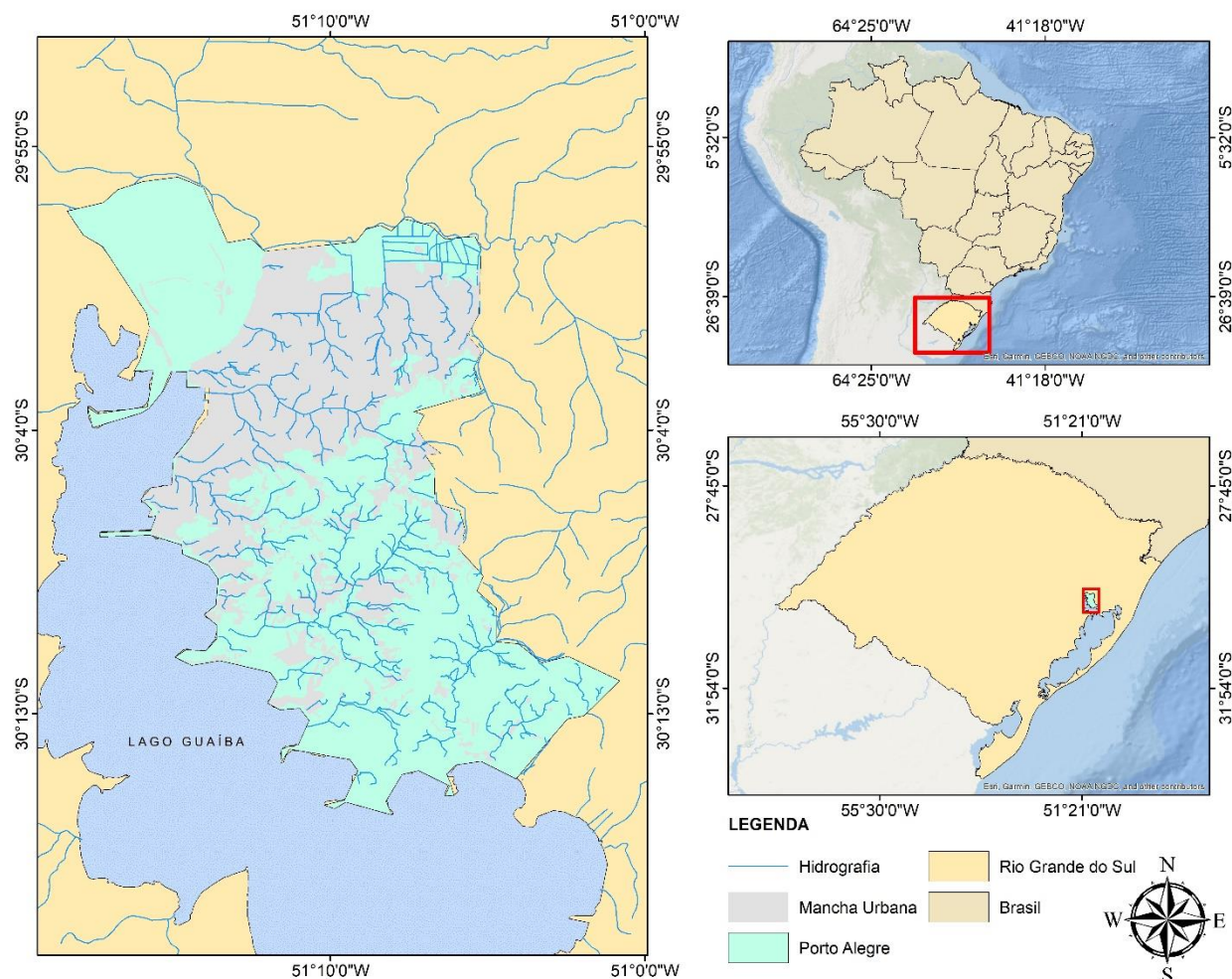


Figura 1 - Localização da cidade Porto Alegre/RS

Fonte: Elaboração da pesquisadora com base em dados do IBGE (2020).

Segundo o Departamento de Habitação da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2009), a posição geográfica do município, cuja topografia é extremamente complexa, apresenta características que potencializam a ocorrência de enchentes e de alagamentos, caso não ocorram processos estruturais adequados no meio urbano. Conforme o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP, 2020), o município possui 27 arroios e seus braços, cercada pelo Rio Gravataí, Lago Guaíba e, ao sul, pela Lagoa dos Patos. A cidade é formada por morros e áreas planas e áreas com altitude baixa, onde as regiões com altitudes baixas possuem aproximadamente 35% de sua área urbanizada

abaixo da cota de 3 m acima do nível do mar, ou seja, praticamente no mesmo nível médio das águas dos rios (DEP, 2020).

O Arroio Dilúvio, principal curso d'água da cidade, pertence à Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio e possui uma área total de 80 km<sup>2</sup>, onde 81% desta área está localizada no Município de Porto Alegre. As águas do arroio foram controladas por meio da sua retificação e canalização a partir da década de 1940 e a obra mudou o traçado do manancial, incluindo a construção das pistas de pavimentação para circulação de veículos (DEMHAB, 2009). A extensão da canalização do Arroio Dilúvio é de, aproximadamente, 12 km e existem, atualmente, 17 pontes e cinco travessias para pedestres em sua extensão (DEP, 2019). A Figura 2 apresenta a localização da Bacia do Arroio Dilúvio no município de Porto Alegre e área de estudo analisada.

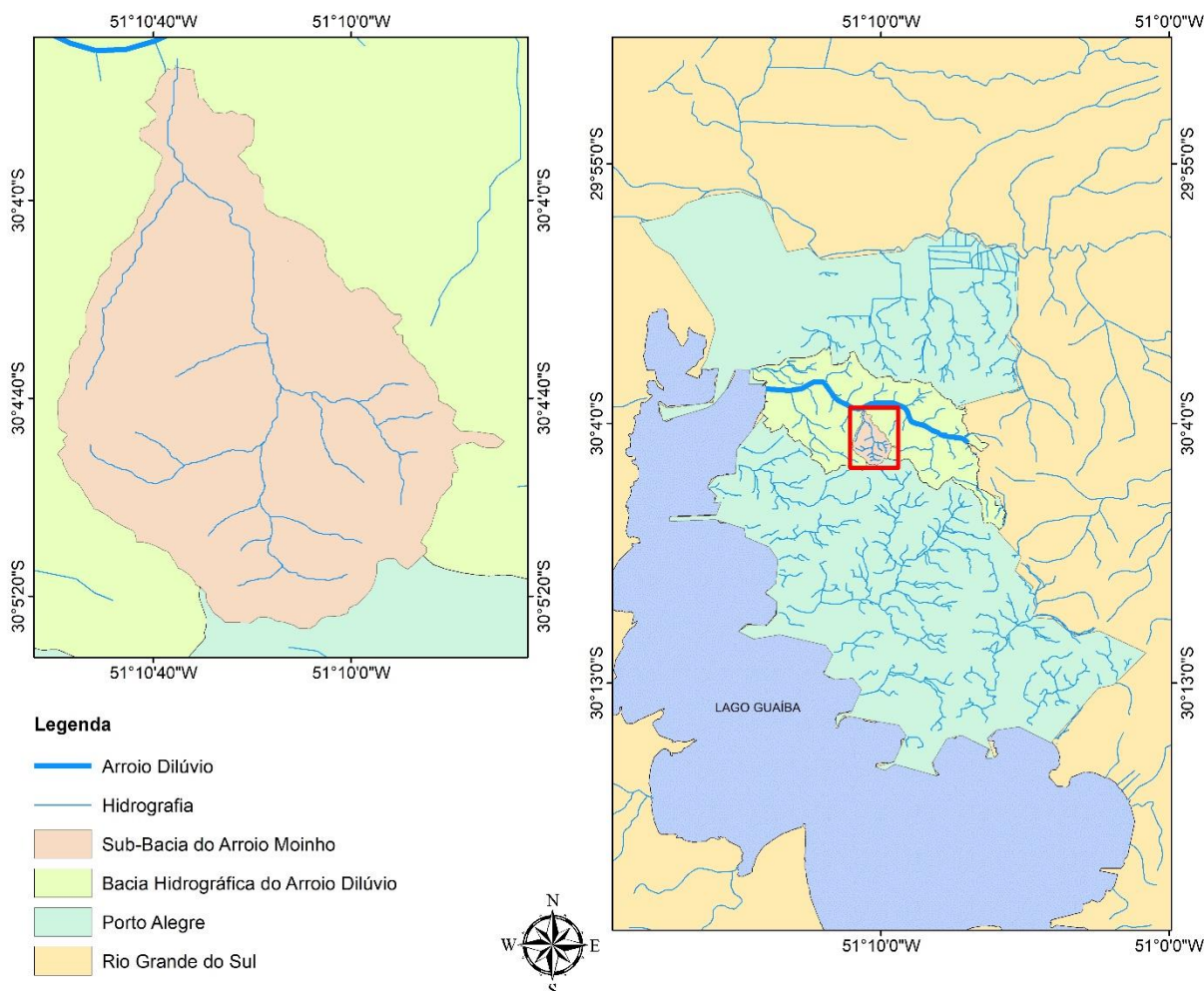


Figura 2 - Localização da Sub-Bacia do Arroio Moinho

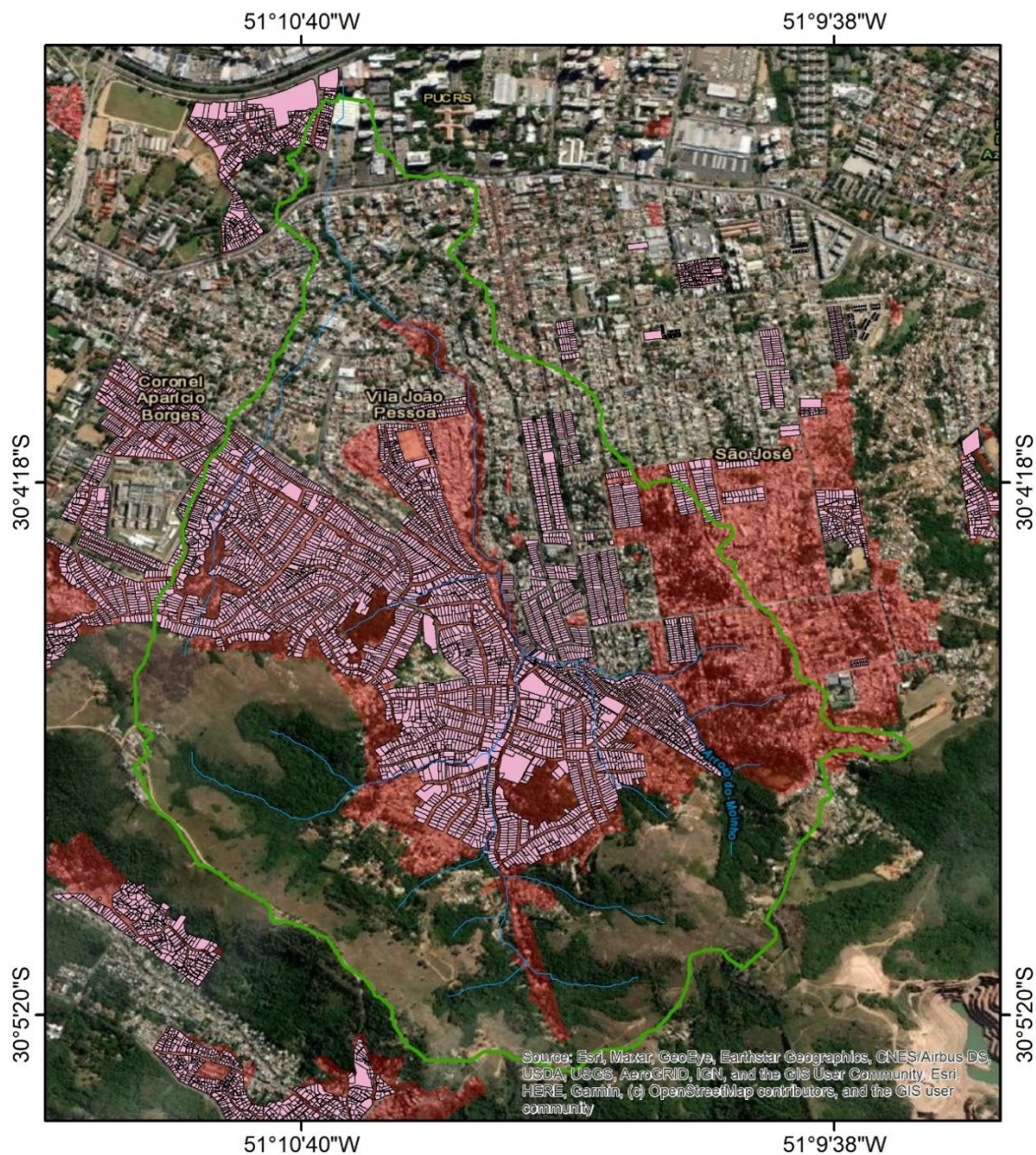
Fonte: Elaboração da pesquisadora com base em dados do IBGE (2020).

O estudo proposto consiste na análise do afluente do Arroio Dilúvio, o Arroio Moinho, que pertence a Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Moinho, localizada na Zona Leste do município de Porto Alegre. A Sub-Bacia possui uma área total de 4,4 km<sup>2</sup> e abrange os bairros: São José, Vila João Pessoa, Partenon, Cascata, Agronomia, Coronel Aparício Borges. A escolha da Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Moinho ocorreu devido às suas características, sobretudo, pela alta presença de ocupações habitacionais irregulares, identificadas pelo Departamento Municipal de Habitação (DEM HAB) do município de Porto Alegre, nas margens dos cursos d'água. As habitações irregulares estão distribuídas de jusante para montante da bacia, onde os loteamentos

foram realizados mantendo o curso d'água principal ao fundo das residências o que, conseqüentemente, promove problemas para a preservação dos recursos hídricos e para as populações residentes em períodos de cheia.

A Figura 3 apresenta a delimitação da área de estudo com a presença dos lotes das habitações irregulares e das áreas de risco. As áreas de risco foram definidas como áreas suscetíveis à processos erosivos decorrentes de movimentos de massa (deslizamentos de encosta, corridas de massa, solapamentos de margens/terras caídas, queda/rolamento de blocos rochosos e processos erosivos), enquanto os lotes das habitações irregulares, como domicílios que apresentam irregularidades estruturais em sua formação, ambos, delimitados pelo DEMHAB (PORTO ALEGRE, 2018).

É possível observar que as ocupações irregulares da Sub-Bacia do Arroio Moinho encontram em regiões identificadas pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2018) como Áreas de Risco, tornando a população exposta a processo erosivos decorrentes de movimentos de massa e/ou decorrentes de processos hidrológicos. A presença de moradias em áreas vulneráveis pode, além de intensificar a degradação do solo, apresentar risco para a vida, caso já ocorrido na região, onde chuvas intensas em 2017 ocasionaram enxurradas que levaram à morte de um morador (GULARTE, 2017).



#### LEGENDA

- ▭ Sub-Bacia do Arroio Moinho
- ▭ Lotes das Habitações Irregulares
- ▭ Áreas de Risco
- Hidrografia



Figura 3 - Localização dos lotes das Habitações Irregulares e Áreas de Risco identificados pelo DEMHAB na Sub-Bacia do Arroio Moinho.

Fonte: Elaboração da pesquisadora com base da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2018).



### 3.3 Dimensionamento de Geração de Sedimentos

#### 3.3.1 Cálculo USLE

Os dimensionamentos das estimativas de perda de solos na região de estudo foram realizados através da Equação 1, onde as descrições das obtenções dos fatores R, K, L, S, C e P estão apresentadas a seguir:

##### a) FATOR R

O Fator R expressa a erosividade da chuva em um determinado terreno. É um índice que mede a capacidade da chuva para a erosão do solo e, estima o produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos, denominado de EI30 (LOMBARDI NETO e MOLDENHAUER, 1980).

O cálculo do EI30 analisa os dados da intensidade da chuva (mm/h) utilizando séries históricas de totais mensais de precipitação de um determinado local, onde o índice de erosão média anual, isto é, o Fator R, constitui a soma dos valores mensais dos índices de erosão.

Assim, Lombardi Neto e Moldenhauer (1980) desenvolveram uma função (Equação 2) para a determinação de um valor médio do índice de Erosividade por meio da relação entre a média mensal e média anual de precipitação.

$$EI30 = a (r^2/P)^b \text{ (Equação 2)}$$

onde:

EI30: índice de erosividade mensal, em MJ.mm/ha.h;

r: média do total mensal de precipitação, em mm;

P: média do total anual de precipitação, em mm,

a, b: coeficientes a serem ajustados conforme a região (adota-se para a região de estudo, a=89,823 e b=0,759, de acordo com Costa *et al.* 2005)

Para o estudo, foram utilizadas as séries históricas do município de Porto Alegre, disponível pelo Instituto Nacional de Meteorologia (2019), correspondente ao período de 1981 a 2010.

## b) FATOR K

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2012), o Fator K determina a erodibilidade do solo a partir das propriedades que o influenciam na infiltração, na permeabilidade e na capacidade total de armazenamento de água, além das propriedades que determinam as forças de dispersão e transporte pelo escoamento.

A erodibilidade do solo pode ter seu valor determinado experimentalmente em parcelas ou estimado pelos métodos indiretos por meio de equações de regressão que contenham variáveis relacionadas à propriedades morfológicas, químicas e físicas do solo (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012).

Para determinação dos solos dispostos na região de estudo foram utilizados os dados disponíveis pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre/RS referentes à classificação dos solos na região. Os valores atribuídos para os Fatores K foram determinados a partir de dados disponíveis na literatura, de Bertoni e Lombardi Neto (2012) e Gómez (2012), para os tipos de solos identificados na Sub-Bacia.

## c) FATOR LS

Os Fatores L e S incorporam os efeitos na topografia do processo erosivo, relacionando o comprimento de encosta (L) e o gradiente (S). Embora sejam calculados separadamente, estes parâmetros são representados, para aplicação prática, como um fator topográfico LS, sendo este, definido como a taxa de perda de solo por unidade de área de uma parcela padrão de 22,13 metros de comprimento e 9% de declive (WISCHMEIER e SMITH, 1978). O L representa o fator de comprimento de rampa e, quanto maior for sua extensão, maior será a velocidade de escoamento do terreno. Enquanto o S, corresponde ao fator de declividade, onde a velocidade da água, e consequentemente sua energia potencial está diretamente relacionada com a declividade do terreno (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012).

Assim, o Fator LS é obtido através do cruzamento de mapas de declividade e comprimento de rampa utilizando operações de álgebra de mapas em sistemas de informações geográficas para obtenção. Para o estudo foram utilizados dados

topográficos de curvas de nível, disponíveis pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre/RS, com um plano de corte de afastamento de 1 metro para a geração do Modelo Digital do Terreno (MDE).

O MDE foi obtido através do método de Hutchinson (1989), definido como *Topo to Raster*, que consiste na interpolação dos dados através da soma ponderada dos quadrados dos resíduos a partir dos dados de elevação da superfície (Hutchinson, 1989). Já o cálculo do Fator LS foi realizado a partir do MDE, utilizando a metodologia de Moore *et al.* (1991), no software QGIS® Versão 2.18.28, através ferramenta SAGA (*System for Automated Geoscientific Analyses*) desenvolvida pelo *Dept. of Physical Geography, Göttingen* (CONRAD *et al.*, 2007).

#### d) FATOR C

O uso e cobertura solo, representado pelo Fator C, define a relação esperada entre a perda de solo, de um determinado terreno, com a sua cobertura em comparação ao solo exposto. A redução da erosão vai depender do tipo de cobertura ou uso adotado, do volume de chuvas, da fase do ciclo vegetativo e outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012). Os valores variam de 1 à 0 e, quanto maior for o valor, ou seja, quanto mais próximo de 1, maior será a perda de solo encontrada na região.

Como o estudo consiste na análise da avaliação de estimativa de perda de solo considerando dois cenários, o único fator alterado na Equação 1 foi o Fator C. Desta forma, a análise simula a alteração do uso e cobertura do solo possibilitando a comparação das estimativas de erosão hídrica, no local de análise, a partir da adoção de determinado cenário. Os dois cenários analisados estão descritos a seguir:

- **Cenário 1:** Uso e Cobertura do Solo atual – consiste no uso e cobertura do solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho, atualmente, definidos pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2018).

- **Cenário 2:** Uso e Cobertura do Solo proposto – consiste na alteração do uso e cobertura do solo do Cenário 1, com a simulação da inserção de uma faixa marginal de vegetação de 30 metros na borda do leito regular dos cursos d'água da Sub-Bacia do Arroio Moinho, através do uso da ferramenta *buffer* no *software ArcGis*.

A Sub-Bacia do Arroio Moinho está localizada na área urbana do município e os dados utilizados sobre os usos e coberturas do solo foram disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2018). Já os valores para os Fatores C, foram estabelecidos através dos critérios de Costa *et al.* (2005) para as classificações de usos e coberturas do solo identificadas.

#### e) FATOR P

O Fator P, indica a perda de solo em relação às práticas conservacionistas que ocorrem no cultivo do terreno, no sentido de seu declive máximo (Bertoni e Lombardi Neto, 2012). Como a região de estudo encontra-se na área urbana do município, optou-se por adotar  $P=1$ , como sendo uma constante.

### 3.3.2 Cálculo da USLE com auxílio de software GIS

Os Sistemas de Informação Geográfica são comumente utilizados para conduzir as análises e representações espacialmente distribuídas no território. Desta forma, o tratamento das informações da região de estudo foi realizado no *software ArcGIS® Versão 10.7*, na escala de 1:100.000. Através do auxílio do *software*, foi possível estimar a perda de solos na região de estudo, a partir da multiplicação dos fatores R, K, LS, C e P aplicados na Equação 1.

O grau de erosão hídrica da Sub-Bacia do Arroio Moinho foi determinado a partir da classificação disponível pela FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (1980), que expressa o tipo de erosão hídrica em relação ao nível de perda de solo identificado, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de Erosão Hídrica segundo a FAO (1980).

Nível	Perda de Solo (ton/ha/ano)	Tipo de Erosão
1	<0,5	Normal
2	0,5-5	Leve
3	5-15	Moderada
4	15-50	Severa
5	50-200	Muito Severa
6	>200	Catastrófica

Fonte: FAO (1980).

### 3.4 Avaliação Econômica: Estimativas de Custos

#### 3.4.1 Volume de Sedimentos Gerados

Procurou-se determinar o volume de sedimentos gerados na região de estudo para estimar os custos empregados no processo de dragagem. O volume de um sedimento é definido a partir do quociente entre a massa e a densidade desse corpo, conforme apresentado na Equação 4 (HALLIDAY *et al.* 2012):

$$V = m/d \text{ (Equação 4)}$$

onde,

V = quantidade de espaço ocupada por um corpo (m<sup>3</sup>)

d = quantidade massa de um corpo pelo espaço ocupado (kg/m<sup>3</sup>).

m = peso de um corpo (kg)

Assim, para a definição do volume de sedimentos gerados na área de estudo, utilizou-se a massa de sedimentos (m) obtida através da Equação 1, dividida pelo peso específico da argila (d). De acordo com Bauer (1994), o peso médio específico da argila úmida é de 2.000 kg por m<sup>3</sup>. Utilizando a Equação 4 e aplicando os valores descritos,

consegue-se então chegar à estimativa de volume de sedimentos gerados na Sub-Bacia do Arroio Moinho.

### 3.4.2 Custo por Volume de Sedimentos Gerados

Consiste em atribuir um custo para o volume de sedimentos gerados na região de estudo. Este valor foi obtido através da avaliação dos gastos, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, com a remoção e a dragagem de sedimentos dos arroios municipais no ano de 2015, dados disponíveis pela ELC (2015). O cálculo para obtenção dos custos por metro cúbico (R\$/m<sup>3</sup>) de sedimento removido pode ser observado na Equação 5 e, levou em consideração, o custo total da dragagem e desassoreamento das águas pluviais pelo volume total de sedimentos removidos no município.

$$\text{CDS} = \text{CTV} / V \text{ (Equação 5)}$$

Onde:

CDS = custo da dragagem e desassoreamento de sedimentos (R\$/m<sup>3</sup>)

CTV = custo da dragagem e desassoreamento total (R\$)

V = quantidade de espaço ocupada por um corpo (m<sup>3</sup>)

Como o período de análise de custos é referente ao ano de 2015, foi necessário a correção dos valores disponíveis para o ano de 2020. Portanto, foram aplicados os índices de inflação no Brasil segundo o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) elaborado pelo IBGE (2020), nos últimos 5 anos, para a atualização dos custos de dragagem e desassoreamento dos recursos hídricos na cidade de Porto Alegre. E assim, utilizando o custo por m<sup>3</sup> (Equação 5) pode-se analisar o custo total dos cenários levando em consideração o volume de sedimentos (Equação 4) estimados.

Por fim, foi realizada a comparação dos custos municipais estimados com a remoção e dragagem de sedimentos dos recursos hídricos na Sub-Bacia do Arroio Moinho em relação ao orçamento municipal da Prefeitura de Porto Alegre no ano de 2020, dados disponíveis pela Secretaria Municipal da Fazenda – SMF (2020). Desta forma, procurou-se identificar os impactos no orçamento municipal com a preservação das matas ciliares nas margens dos recursos hídricos urbanos na cidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Fatores para Entrada no modelo USLE

#### a) FATOR R

A Tabela 3 apresenta os dados coletados de precipitação da região de estudo e o índice de erosividade média mensal obtido através da Equação 2. O Fator R encontrado foi de 6187,74 MJ mm/ha.ano para a Sub-Bacia Arroio Moinho.

Tabela 3 - Séries históricas de precipitação do município de Porto Alegre/RS para cálculo de Fator R.

Mês	Precipitação Média (mm)	EI30	Precipitação Média anual (mm)	Fator R (mm/ha.ano)
Janeiro	110,1	456,0187602	1425,4	6187,74
Fevereiro	106,5	433,5770278		
Março	92,2	348,3462162		
Abril	107,3	438,5306344		
Maio	118,8	511,8243178		
Junho	141,3	665,9864007		
Julho	141,3	665,9864007		
Agosto	117,4	502,6963483		
Setembro	141,5	667,4178768		
Outubro	138,3	644,6405621		
Novembro	110,9	461,0580896		
Dezembro	99,6	391,6582103		

Fonte: Elaboração da pesquisadora com base de dados INMET (2019).

## b) FATOR K

De acordo com a Prefeitura Municipal de Porto Alegre, a região de estudo apresenta 4 tipos de solo. Na Tabela 4 estão descritos os solos identificados na Sub-Bacia do Arroio Moinho e o Fator K, determinado na literatura, correspondente para cada um deles. Em seguida, na Figura 4 é representada a distribuição destes solos na área.

Tabela 4 - Tipos de Solos e Fator K da Sub-Bacia do Arroio Moinho.

Tipo de Solo	Nomenclatura	Fator K (ton.h./MJ.mm)
Associação de Cambissolos Haplicos com Neossolos Litolicos ou Neossolos Regolíticos	CX	0,0592
Associação de Argissolo Vermelho-amarelo com Cambissolos Haplico	PV2	0,0462
Argissolo Vermelho-amarelos	PV1	0,0280
Associação de Planossolos Hidromorfico, Gleissolos Haplicos e Plintossolos Argilivicos	SG1	0,0298

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.



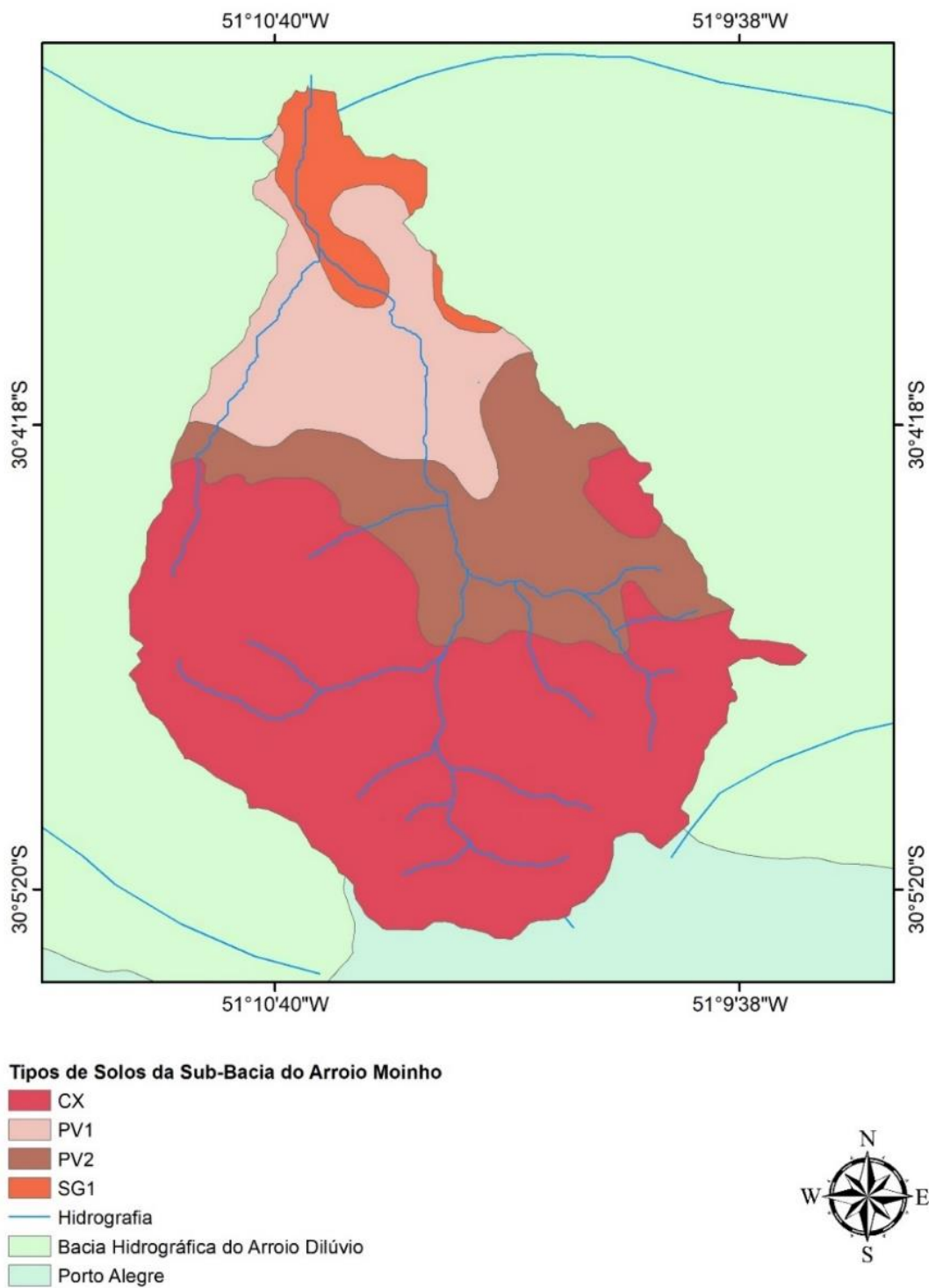
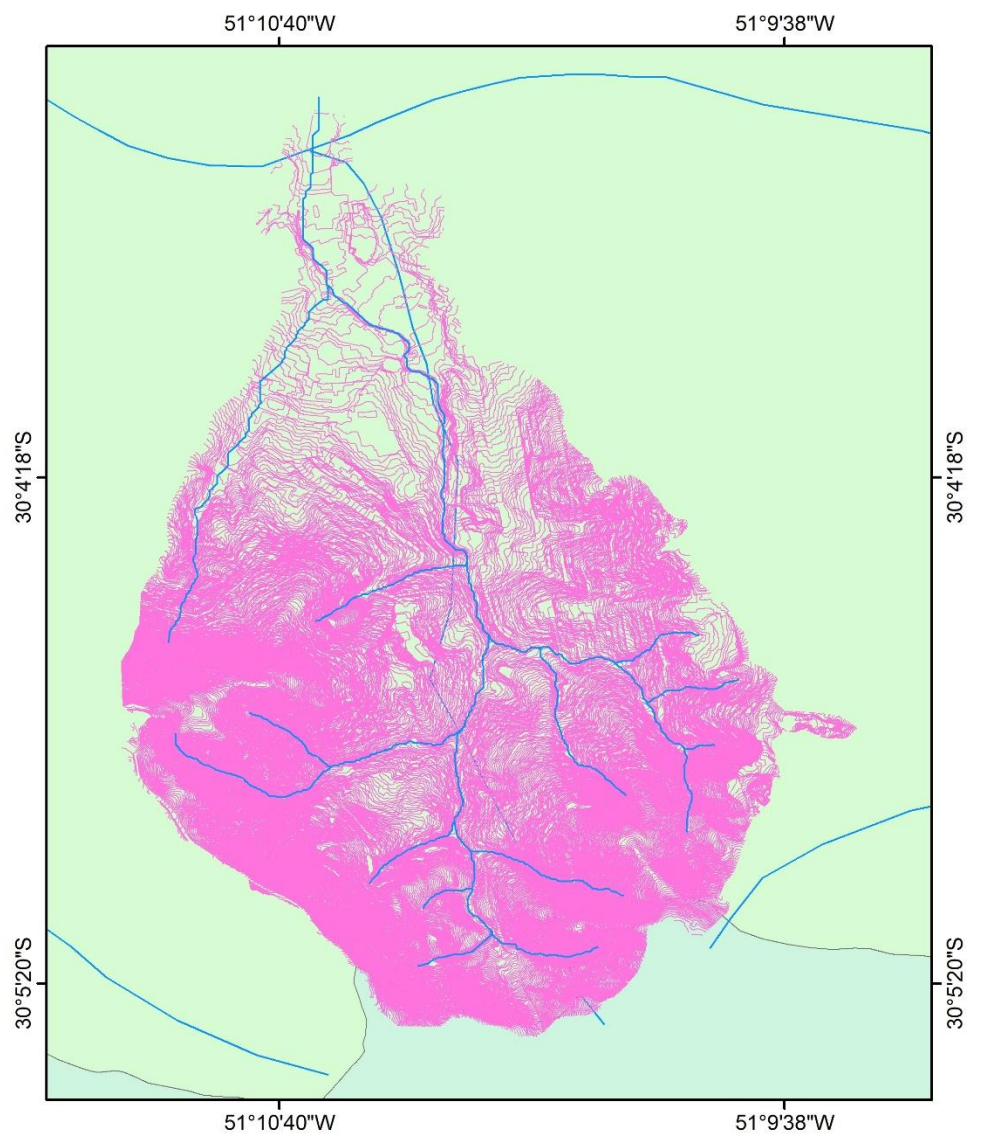


Figura 4 - Tipos de Solos na Sub-Bacia do Arroio Moinho  
Fonte: Elaboração da pesquisadora com base em dados do IBGE (2020).

## c) FATOR LS

A seguir está representada na Figura 5 as curvas de nível da Sub-Bacia do Arroio Moinho com um plano de corte de afastamento de 1 metro. A região de estudo apresenta uma variação de altitude entre 16 m e 294 m acima do nível do mar.

**Legenda**

- Curvas de Nível (1:1m) da Sub-Bacia do Arroio Moinho
- Hidrografia
- Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio
- Porto Alegre



Figura 5 - Curvas de Nível da Sub-Bacia do Arroio Moinho

Fonte: Elaboração da pesquisadora com base em dados do IBGE (2020).

A partir dos dados de curvas de nível, com o auxílio do *software GIS* e através do método *Topo to Raster*, foi desenvolvido o Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno que pode ser observado na Figura 6.

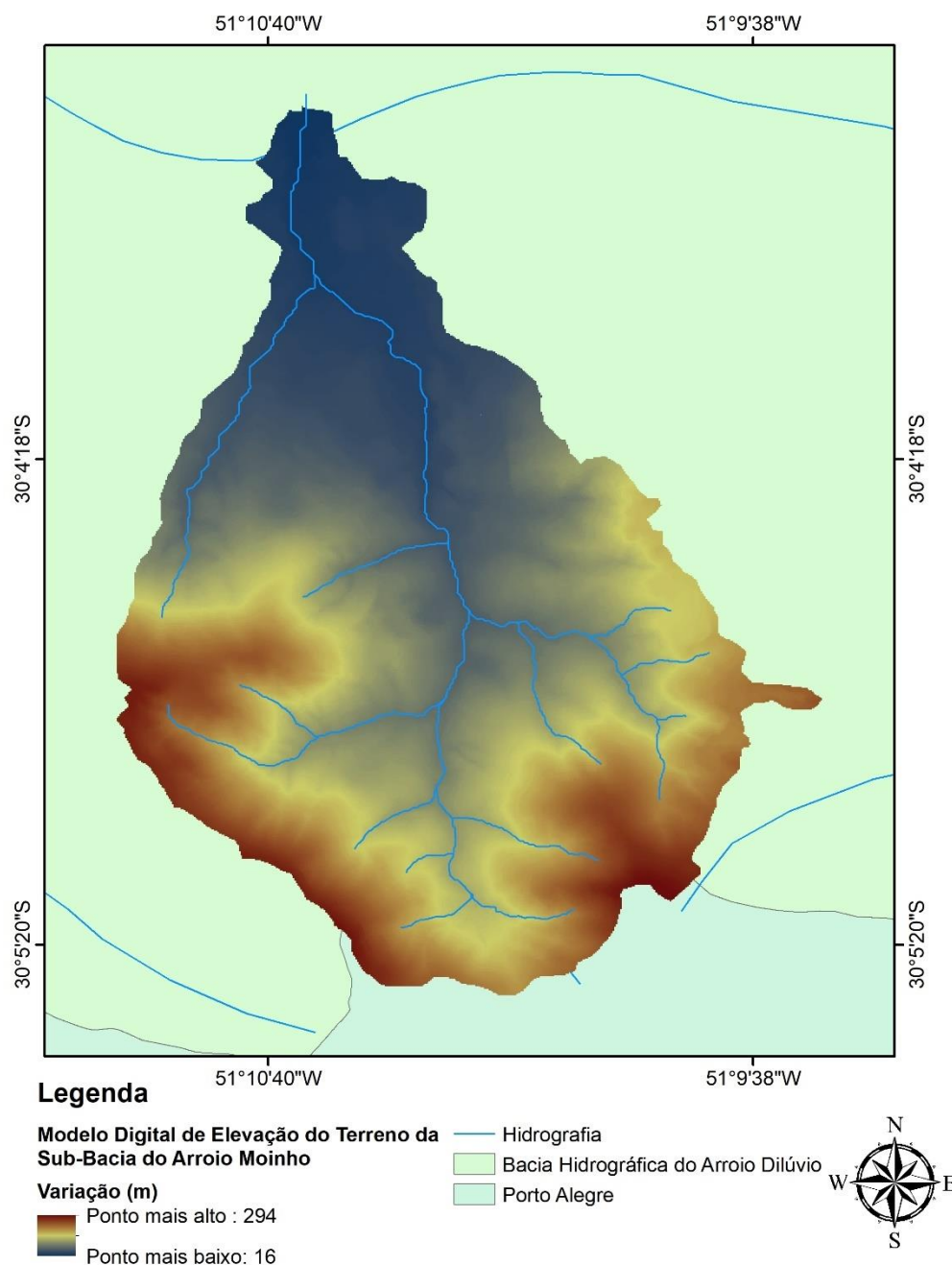


Figura 6 - Modelo Digital de Elevação da Sub-Bacia do Arroio Moinho

Fonte: Elaboração da pesquisadora.

Assim, com a base nos dados do MDE foi possível gerar o Fator LS da Sub-Bacia do Arroio Moinho, representado na Figura 7, através da ferramenta SAGA no *software GIS* seguindo o método de Moore *et al.* (1991).

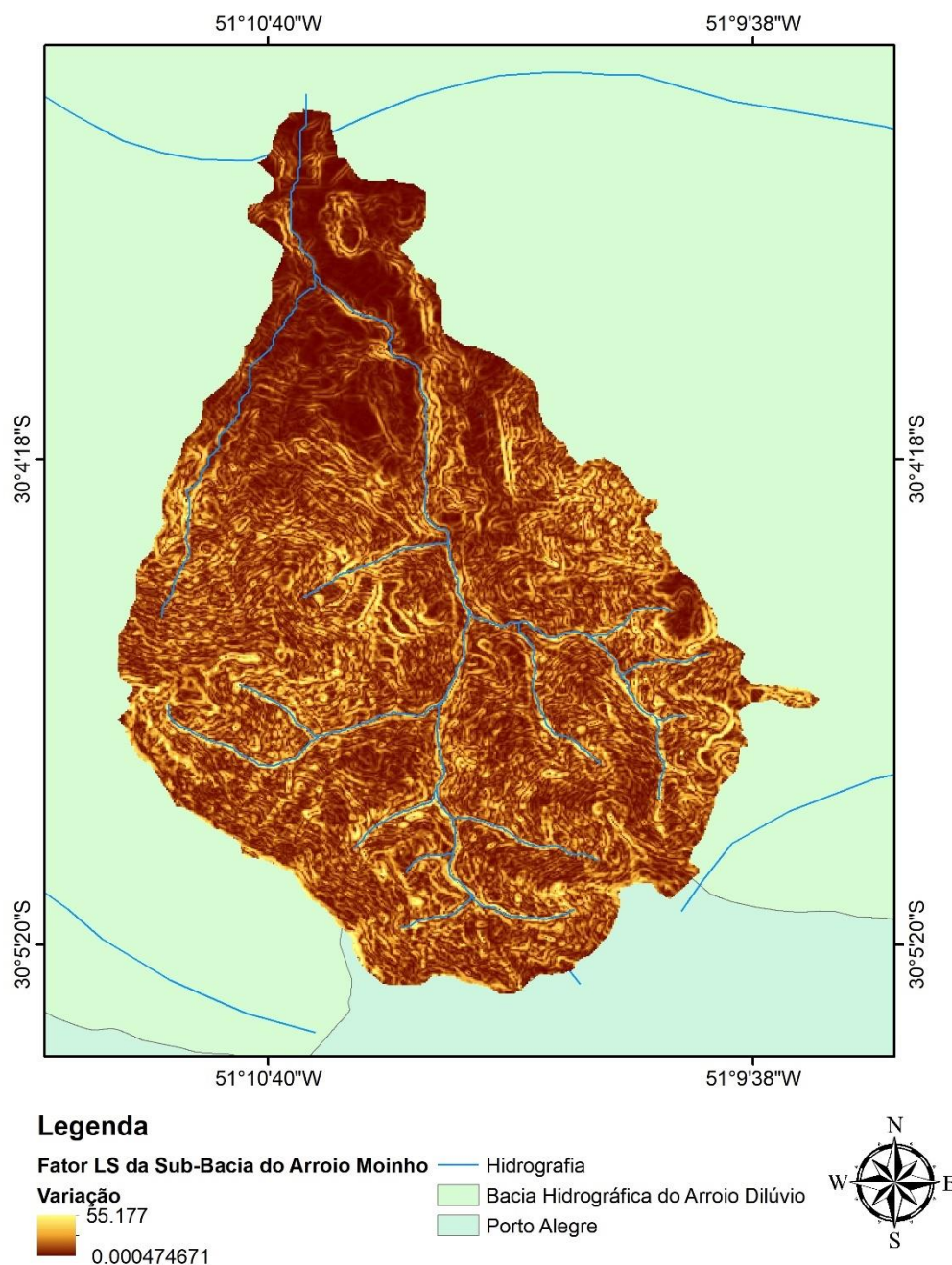


Figura 7 - Fator LS da Sub-Bacia do Arroio Moinho

Fonte: Elaboração da pesquisadora.

#### d) Fator C

##### - **Cenário 1:** Uso e Cobertura do Solo Atual

No Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia do Arroio Moinho foram identificadas 4 regiões de classificação, definidas pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2018), como:

- Vegetação: área coberta por vegetação arbórea preservada.
- Campo: área coberta por vegetação rasteira.
- Área Urbana: área coberta por algum tipo de infraestrutura urbana não caracterizada.
- Habitação Irregular: área coberta por domicílios irregulares que não apresentam infraestrutura urbana adequada.

Optou-se por diferenciar o Fator C atribuído da Área Urbana ao de Habitação Irregular, pois, entende-se que os impactos causados nos diferentes usos e coberturas do solo representam consequências distintas para a cidade. Segundo a Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2018), a área classificada como de Habitação Irregular, apresenta domicílios que possuem infraestruturas irregulares, além de oferecer risco aos residentes. Assim, foi atribuído valor máximo de erosão hídrica para esta região de análise, ou seja, Fator C igual a 1.

A classificação atual do Uso e Cobertura do Solo na região de estudo está apresentada na Tabela 5, onde estão descritas as abrangências de cada uso e cobertura do solo identificado na Sub-Bacia, também como os valores de Fator C atribuídos para cada um deles de acordo com a literatura.

Tabela 5 - Classificação do Uso e Cobertura do Solo e Fator C da Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 1.

Uso e Cobertura do Solo	Fator C	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Vegetação	0,0001	0,85	19,14
Campo	0,0288	0,79	17,79
Área Urbana	0,0578	1,82	40,99
Habitação Irregular	1	0,98	22,07

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

O Uso e Cobertura do Solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho apresenta, atualmente, 19,14% da sua área total destinada à vegetação arbórea preservada e 17,79% destinada à vegetação rasteira. A área urbana construída, não caracterizada, da Sub-Bacia compreende 40,99% do seu território total, enquanto, 22,07% da área total da região possui habitações com infraestruturas irregulares.

Na Figura 8, estão representados os usos e coberturas do solo encontrados atualmente na Sub-Bacia do Arroio Moinho.

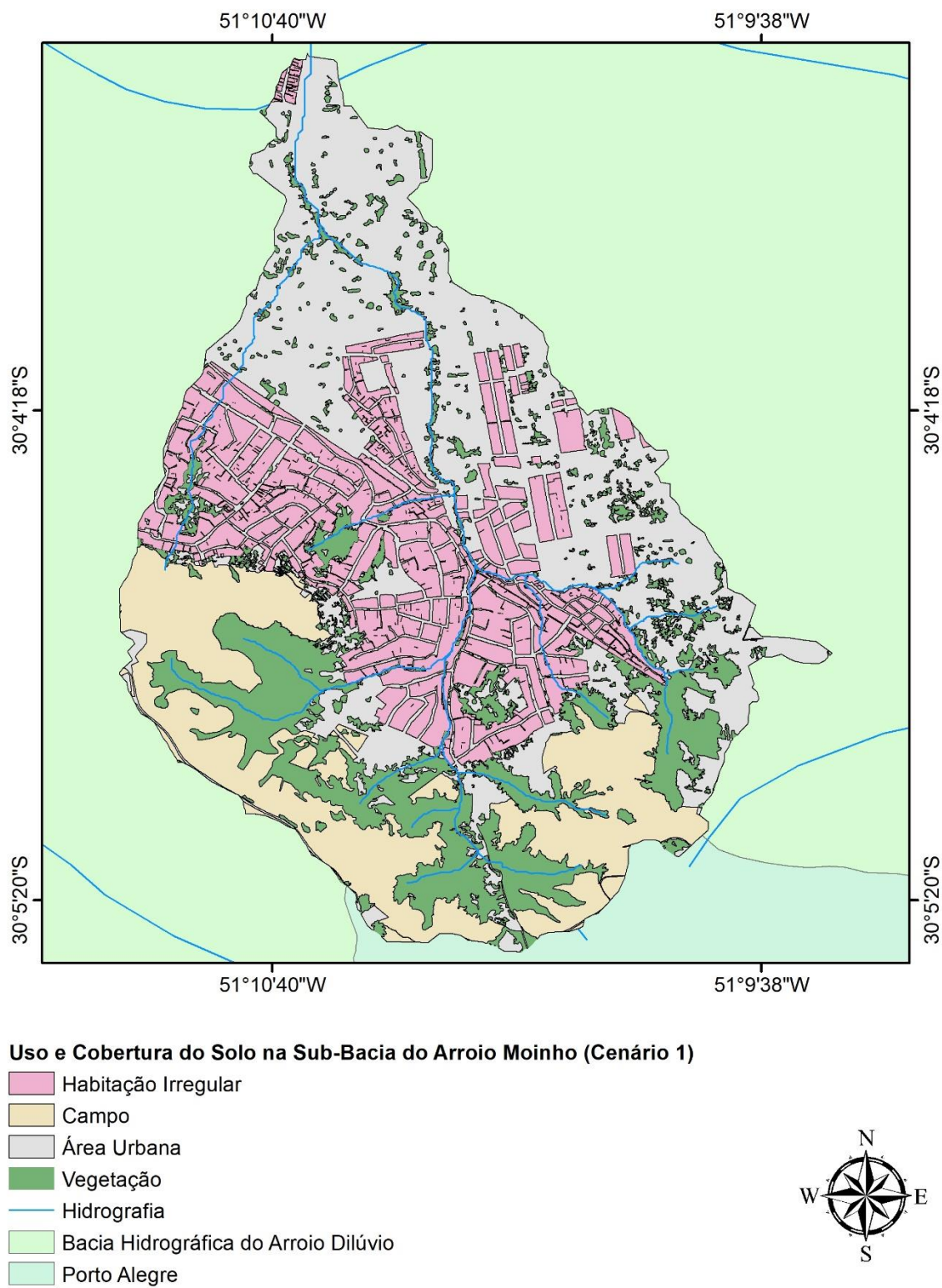


Figura 8 - Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 1)

Fonte: Elaboração da pesquisadora com base em dados da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2018).

## - Cenário 2: Uso e Cobertura do Solo Proposto

Em seguida, foi simulada a alteração do uso e cobertura do solo da região de estudo, buscando atender a legislação vigente, Lei Nº 12.651, e assim realizada a inserção de um *buffer*, com o auxílio do *software ArcGis*, representando uma faixa marginal de 30 metros de proteção vegetal na borda dos cursos d'água da Sub-Bacia do Arroio Moinho. Esta nova área, destinada à faixa de preservação ambiental, foi denominada de Área de Preservação Permanente (APP) e atribuído o mesmo valor de Fator C determinado para a área de Vegetação.

A Tabela 6 apresenta as novas classificações de usos e coberturas do solo para a região de estudo e as modificações das áreas de abrangências na Sub-Bacia.

Tabela 6 - Classificação do Uso e Cobertura do Solo e Fator C da Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 2.

Uso e Cobertura do Solo	Fator C	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Vegetação	0,0001	0,57	12,84
Campo	0,0288	0,78	17,57
Área Urbana	0,0578	1,56	35,14
Habitação Irregular	1	0,83	18,69
Área de Preservação Permanente (APP)	0,0001	0,70	15,77

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

Com a alteração do uso e cobertura do solo na região de estudo, as demais áreas, previamente identificadas no Cenário 1, sofreram alterações nos usos e coberturas do solo. A área de Campo foi a menos impactada, com uma diminuição de 1,27% da sua área no Cenário 2 em relação ao Cenário 1, enquanto a Área Urbana sofreu uma diminuição de 14,29% do seu território, enquanto a área de Habitação Irregular apresentou uma diminuição de 15,31% de sua cobertura, passando a deter 35,14% e 18,69%, respectivamente, da área total analisada no Cenário 2. Já a área de Vegetação



passou a compreender 12,84% da área total da Sub-Bacia, pois parte desta área identificada no Cenário 1 passou a integrar a região identificada como Área de Preservação Permanente (APP), que compreende 15,77% da área total da Sub-Bacia no Cenário 2.

Como a única alteração realizada na Cenário 2 foi a simulação da inserção de uma faixa de proteção vegetal nas margens das águas urbanas, pode-se definir que na Cenário 1, 32,94% da área total da região identificada como Vegetação estava localizada na faixa marginal de 30 m dos cursos d'água da Sub-Bacia do Arroio Moinho. Ao mesmo tempo, a região classificada como Habitação Irregular, estava presente em 15,3% do território total da faixa marginal, enquanto a região identificada como Área Urbana, estava presente com 14,29% deste mesmo local.

Na Figura 9 estão representados os usos e coberturas do solo do Cenário 2, onde podem ser observadas as alterações na região de estudo a partir da inserção de uma faixa de proteção ambiental nas margens dos recursos hídricos da Sub-Bacia do Arroio Moinho.

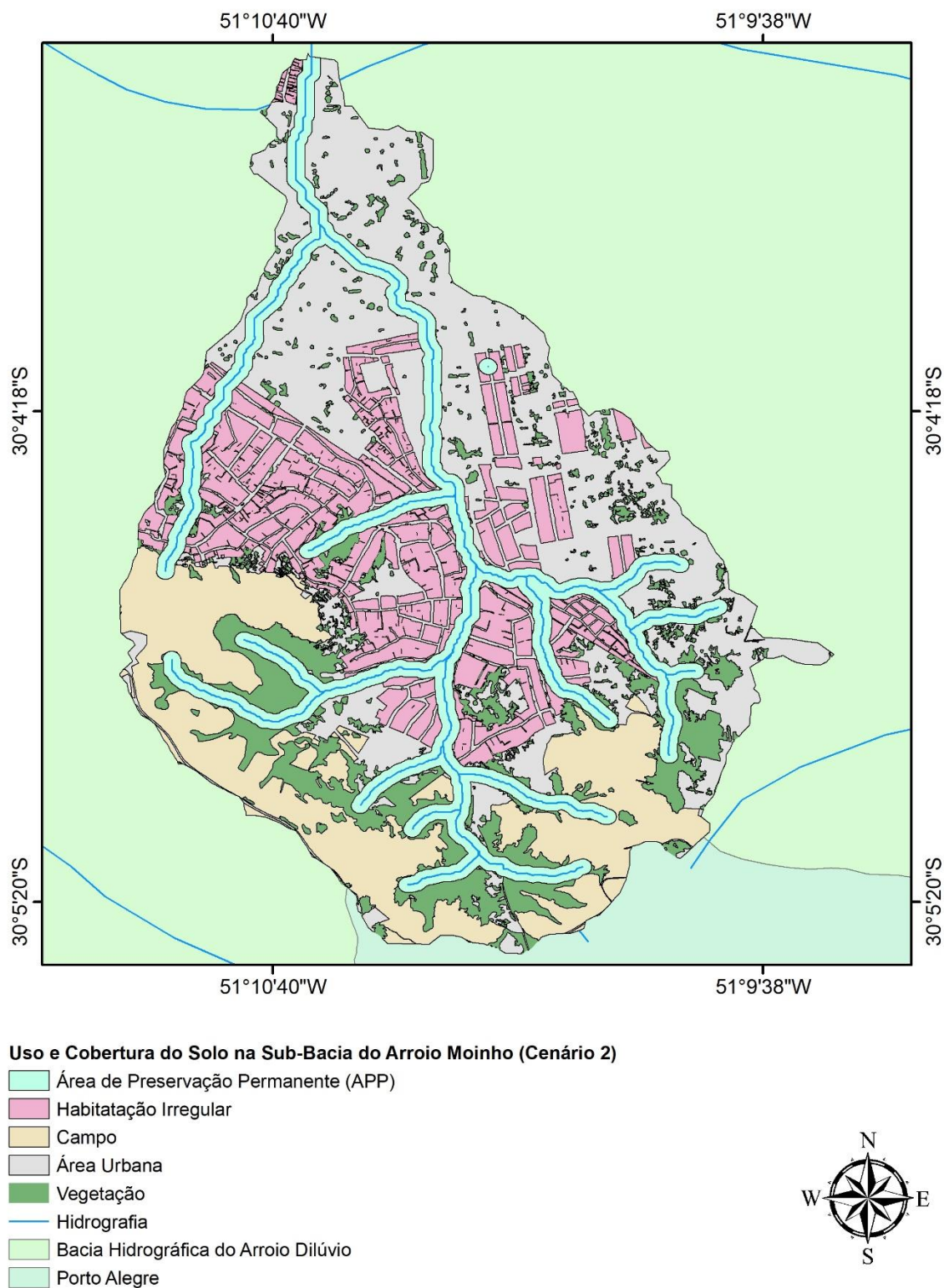


Figura 9 - Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 2)

Fonte: Elaboração da pesquisadora com base em dados da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2018).

## 4.2. Modelo USLE para Sub-Bacia do Arroio Moinho

Utilizando a Equação 1 no *software GIS*, foi possível realizar as estimativas de perda de solos nos dois cenários avaliados:

### - Cenário 1: Uso e Cobertura do Solo Atual

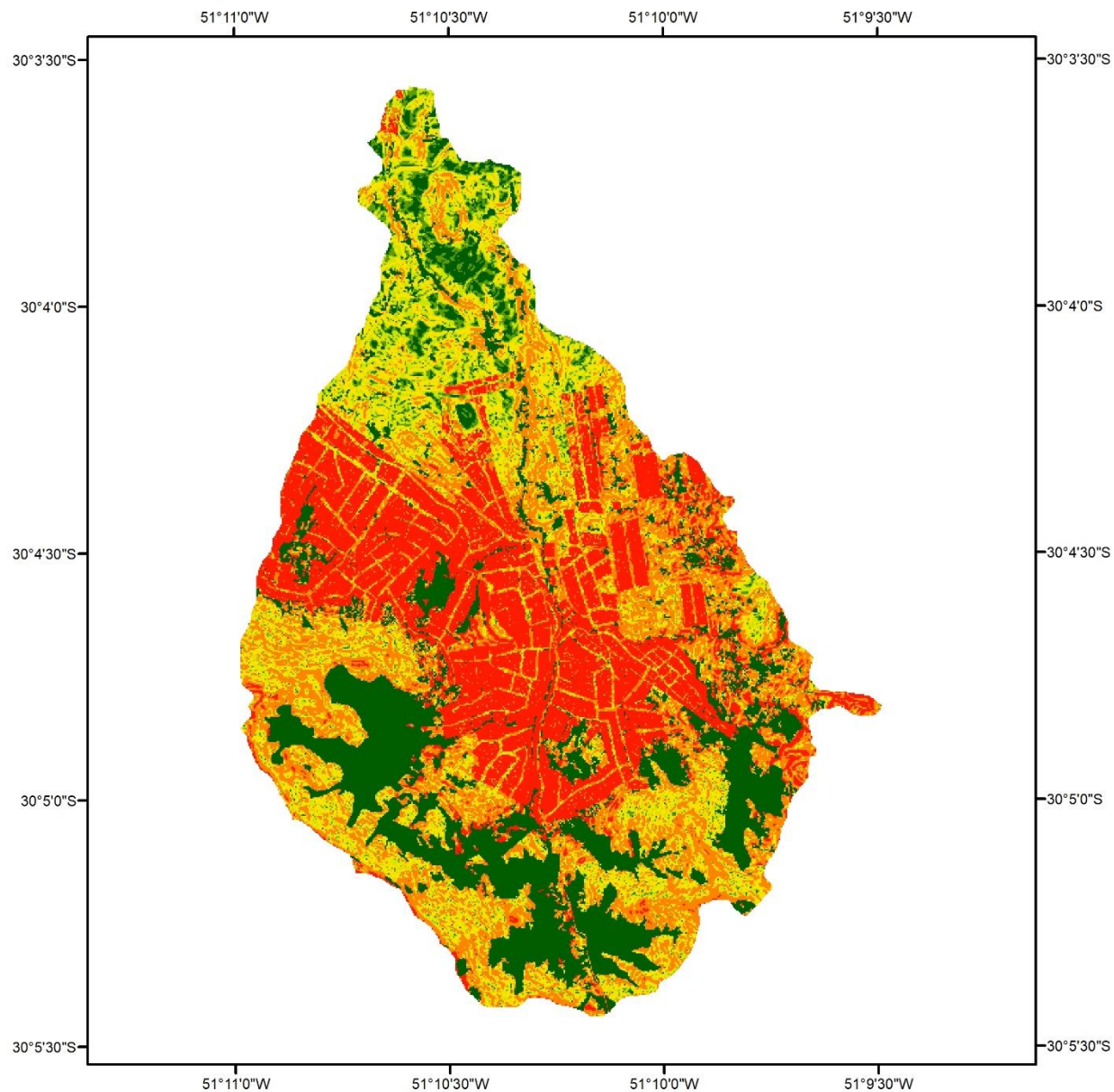
A Tabela 7 apresenta os resultados encontrados para a perda de solos para a Sub-Bacia do Arroio Moinho no primeiro cenário, ou seja, com a classificação de uso e cobertura do solo atual. A estimativa de Perda de Solo Total encontrada para área de estudo foi de 439,65 ton/ha/ano, onde, 68,18% de da área total da Sub-Bacia apresentou alta suscetibilidade para erosão (severa, muito severa ou catastrófica), o que evidencia uma alta vulnerabilidade de erosão hídrica para a região de estudo.

Tabela 7 - Estimativas de Erosão Hídrica para Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 1.

Perda de Solo (ton/ha/ano)	Tipo de Erosão	Área (%)
<0,5	Normal	21,33
0,5-5	Leve	3,49%
5-15	Moderada	6,99%
15-50	Severa	17,61%
50-200	Muito Severa	25,47%
>200	Catastrófica	25,10%

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

A Figura 10 representa as Estimativas de Perda de Solo para a região de estudo e o grau de impacto em toda a região de análise. Nota-se que, as áreas onde estão distribuídos os domicílios irregulares apresentaram também os maiores níveis das estimativas de erosão hídrica.



### Erosão Hídrica

#### Estimativas de Perda de Solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 1)

ton/ha/ano



Figura 10 - Estimativas de Perda de Solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 1)

Fonte: Elaboração da pesquisadora.

Os resultados apresentaram concordância com a bibliografia, ao identificarem que a falta de estruturas regularizadoras na formação da cidade contribui para o aumento da vulnerabilidade, ou seja, o risco para a ocorrência de desastres acaba sendo influenciado diretamente pela alta probabilidade de erosão hídrica nas áreas onde estão localizadas as habitações irregulares. Nesse mesmo sentido, os resultados afirmam a análise de Tucci (2007), ao identificar que a presença de áreas urbanizadas nas margens de recursos hídricos urbanos pode ser consequente fator de impacto ao meio físico.

#### - **Cenário 2:** Uso e Cobertura do Solo Proposto

Já no Cenário 2, onde foi realizada a alteração Uso e Cobertura do Solo da região de estudo visando a preservação da mata ciliar, os dados revelaram uma diminuição estimada de erosão hídrica da Sub-Bacia em relação ao Cenário 1. A estimativa de Perda de Solo Total para a segunda análise foi de 352,56 ton/ha/ano. Como pode ser observado na Tabela 8, ocorreu com uma diminuição nas áreas identificadas como de alto potencial de erosão hídrica (severa, muito severa ou catastrófica) de 8%, ou seja, neste uso e cobertura do solo 60% da área total da Sub-Bacia apresentou alta vulnerabilidade à erosão hídrica, o que ainda representa alto fator de impacto.

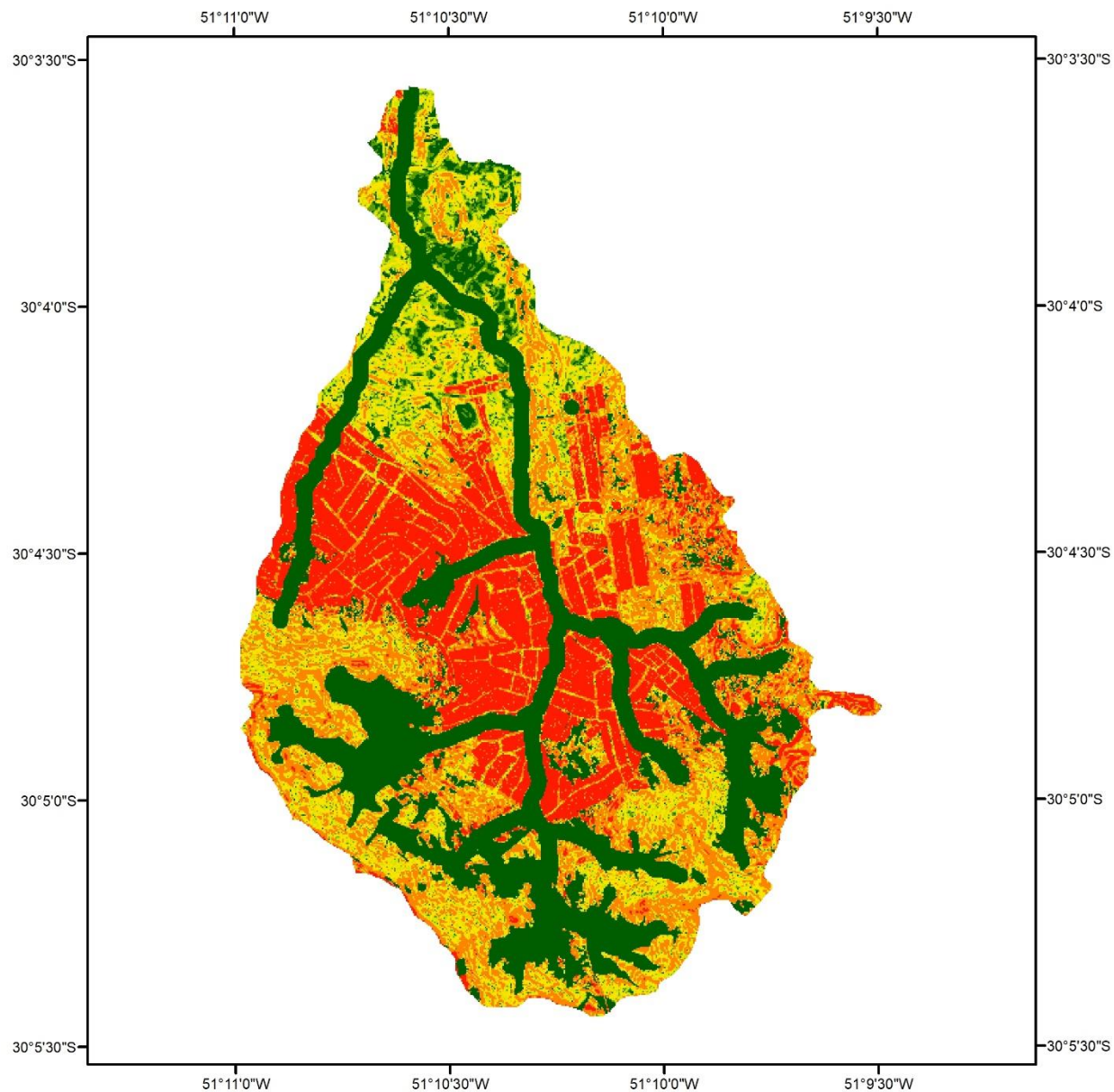
Tabela 8 - Estimativas de Erosão Hídrica para Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 2.

Perda de Solo (ton/ha/ano)	Tipo de Erosão	Área (%)
<0,5	Normal	28,67
0,5-5	Leve	3,59
5-15	Moderada	6,75
15-50	Severa	16,42
50-200	Muito Severa	22,87
>200	Catastrófica	21,70

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

A Figura 11 representa as estimativas da distribuição das áreas potenciais para erosão hídrica na região de estudo no Cenário 2. Nota-se que, a inserção de uma faixa marginal de vegetação destinada à preservação ambiental nos cursos d'água urbanos, diminuiu o potencial de perda de solo nesta região. Porém, ao mesmo tempo, é necessária a discussão sobre o reassentamento dos moradores que hoje encontram-se nas margens dos recursos hídricos da Sub-Bacia, visto que, a presença de habitações irregulares em locais que apresentam alto potencial de erosão hídrica oferece riscos para as populações que ali residem.

Desta forma, os resultados encontrados estão em concordância com Landell-Mills e Porras (2002), ao identificarem que a mata ciliar é um elemento importante para a proteção de bacias hidrográficas urbanas no controle de erosão e sedimentação. Ao mesmo tempo, a inserção de uma faixa de proteção ambiental nas margens de rios também contribui para a diminuição do acúmulo de sedimentos nos recursos hídricos urbanos, o que pode impactar diretamente na suscetibilidade a desastres na região de estudo. Pois, segundo Tucci (2007), a deposição de sedimentos em as águas urbanas tem impacto direto no aumento das inundações nas cidades.



### Erosão Hídrica

#### Estimativas de Perda de Solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 2)

ton/ha/ano



Figura 11 - Estimativas de Perda de Solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho (Cenário 2)

Fonte: Elaboração da pesquisadora.

### 4.3. Avaliação Econômica: Estimativas de Custos

#### 4.3.1 Volume de Sedimentos Gerados

Através da Equação 4, foi possível estimar as perdas de solos na Sub-Bacia do Arroio Moinho. A seguir estão apresentadas as estimativas de geração de perda de solo para a região de estudo para cada cenário avaliado:

- **Cenário 1:** Uso e Cobertura do Solo Atual

$$V = 439645,15 \text{ (kg/ha/ano)} / 2.000 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 219,82 \text{ m}^3\text{/ha/ano}$$

Para a área total da Sub-Bacia a estimativa de geração foi de 96.257,10 m<sup>3</sup> por ano de perda de solo no Cenário 1.

- **Cenário 2:** Uso e Cobertura do Solo Proposto

$$V = 352.562,46 \text{ (kg/ha/ano)} / 2.000 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 176,28 \text{ m}^3\text{/ha/ano}$$

Para a área total da Sub-Bacia a estimativa de geração foi de 77.190,98 m<sup>3</sup> por ano de perda de solo no Cenário 2.

Pode-se observar uma diferença das estimativas de perda de solos para a Sub-Bacia do Arroio Moinho entre os dois cenários. No Cenário 2, a simulação da inserção de uma faixa marginal de Área Proteção Permanente (APP) impactou na redução de quase 20% das estimativas das gerações de sedimentos em relação ao Cenário 1.

Para melhor visualização, optou-se por analisar os dados agrupando-os em novas regiões de classificação, são elas:

- **Área Preservada:** considera toda a área com vegetação arbórea na região de estudo, que representa a região classificada como Vegetação e a região classificada como Área de Preservação Permanente (APP);
- **Área Construída:** considera toda as estruturas urbanas na região de estudo, denominadas como Área Urbana e como Habitação Irregular;
- **Área de Campo:** considera toda a área com vegetação rasteira na região de estudo.



A Tabela 9 apresenta os resultados encontrados nas modificações dos usos e coberturas do solo nos dois cenários a partir da simulação da inserção de uma faixa de proteção vegetal nas margens dos recursos hídricos da Sub-Bacia do Arroio Moinho.

Tabela 9 - Análise dos impactos dos usos e coberturas do solo na Sub-Bacia do Arroio Moinho.

Análise	Cenário 1	Cenário 2	Alterações	Impacto
ÁREA PRESERVADA (Vegetação / APP)	19,14%	28,60%	49,41% no aumento de áreas preservadas	
ÁREA CONSTRUÍDA (Área Urbana/ Habitação Irregular)	63,06%	53,83%	14,64% na diminuição de área construída	19,8% da diminuição de sedimentos gerados
CAMPO	17,79%	17,57%	1,27% na diminuição de área destinada a campo	

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

A simulação realizada na alteração do Uso e Cobertura de Solo da Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 2 em relação ao Cenário 1, contribuiu para a diminuição das estimativas de sedimentos gerados em 19,8%. No Cenário 1, a região destinada à vegetação arbórea na Sub-Bacia correspondia a 19,14% da área total da região de estudo e, quando foi proposto um aumento desta área vegetada com a inserção de uma faixa de mata ciliar, a Sub-Bacia passou a dispor 28,6% de sua área total com a presença de área vegetada preservada. Considerando a relação do Cenário 2 para o Cenário 1, isto impactou em um aumento de 49,41% da área total destinada à preservação vegetal na Sub-Bacia do Arroio Moinho.

Quando analisada a Área Construída na Sub-Bacia do Arroio Moinho, que abrange toda a área urbana não caracterizada e as áreas com habitações irregulares, pode-se observar que essa região apresentou uma diminuição de 14,64% da sua área

total de cobertura na região de estudo no Cenário 2 em relação ao Cenário 1. Pois, enquanto no Cenário 1 a Área Construída correspondia a 63,06% da área total, no Cenário 2 esta área passou a representar 53,83% do seu território. Já a área de Campo, apresentou uma alteração pouco significativa na sua composição, visto que, apenas 1,27% da área foi reduzida do Cenário 1 para o Cenário 2.

A Tabela 10 apresenta a caracterização da faixa marginal de 30 metros da borda dos recursos hídricos da Sub-Bacia do Arroio Moinho comparando a sua composição em relação ao uso e cobertura do solo. O objetivo desta avaliação foi analisar como a Área de Proteção Permanente (APP) definida no Cenário 2, está distribuída atualmente (Cenário 1) em relação ao uso e cobertura do solo e, assim, observar quais são os possíveis impactos da simulação realizada na região de estudo.

Tabela 10 - Descrição da Faixa Marginal de 30 metros da borda dos Recursos Hídricos da Sub-Bacia do Arroio Moinho.

Faixa marginal de 30 metros da borda dos recursos hídricos	Cenário 1	Cenário 2
Vegetação e/ou Área de Preservação Permanente (APP)	40%	100%
Área Urbana	37,14%	
Habitação Irregular	21,43%	
Campo	1,43%	

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

Os resultados demonstram que a faixa marginal de 30 m que foi destinada 100% para a proteção ambiental (APP) no Cenário 2, encontra-se hoje, Cenário 1, composta por 58,57% da Área Construída na Sub-Bacia do Arroio Moinho. Ou seja, atualmente, 21,43% da faixa marginal de 30 m da borda dos recursos hídricos da região de estudo apresenta habitações irregulares e, 37,14% desta mesma área, detém alguma infraestrutura urbana. Ao mesmo tempo, apenas 40% dessa faixa marginal apresenta

vegetação arbórea atualmente, o que demonstra um valor ainda muito baixo para a proteção ambiental na Sub-Bacia.

O estudo apresenta concordância com Bertoni e Lombardi (2012), ao identificar que a presença de cobertura urbana em locais que deveriam ser destinados à preservação ambiental de matas ciliares intensifica os processos erosivos na cidade. Assim, os dados obtidos afirmam a análise de Costa *et al.* (2005), de que a supressão de matas ciliares nos centros urbanos prejudica o ritmo natural do ecossistema quando potencializada pelos impactos antropogênicos, resultando em consequências negativas aos recursos hídricos, como o acúmulo de sedimentos através da erosão hídrica.

Vale ressaltar, que o único fator analisado neste estudo foi a perda de solo a partir das estimativas de geração de sedimentos provenientes do processo de erosão hídrica. Contudo, a bibliografia demonstra que a preservação das matas ciliares contribui, não somente, no controle de erosão e sedimentação de bacias hidrográficas, como também, na regularização do fluxo da água, na manutenção do habitat aquático e no risco de inundações do meio urbano (LANDELL-MILLS e PORRAS, 2002; TUCCI, 2007).

Tucci (2004) afirma que as inundações urbanas são diretamente influenciadas pelo o acúmulo de sedimentos e resíduos nos canais e condutos na cidade, pois impedem o escoamento das águas. Assim, apesar de não ser avaliado diretamente o impacto no volume de resíduos sólidos que serão removidos das águas na Sub-Bacia, pode-se afirmar que a diminuição de 14,64% da Área Construída nas margens dos cursos d'água da região de estudo influencia diretamente no volume de resíduos que poderão ser dispostos incorretamente nos corpos d'água. Visto que, a presença urbana nas margens dos recursos hídricos contribui para o aumento da destinação inadequada de resíduos em águas urbanas.

Outro fator importante, é que os dois cenários avaliados na Sub-Bacia do Arroio Moinho apresentam habitações irregulares no seu uso e cobertura do solo. No Cenário 1, a região apresenta 22,07% da sua área total com domicílios irregulares, enquanto no Cenário 2, este valor passou para 18,69% da área total, um índice ainda muito elevado. A presença de habitações irregulares em convergência com áreas de risco, na região de estudo, é um fator importante para a determinação do volume de perda de solo estimado, já que, o Fator C atribuído para esta área possui grande impacto no processo de

erodibilidade do solo. Ao mesmo tempo, deve-se considerar que a diminuição da área classificada como Habitação Irregular, depende do reassentamento das comunidades que hoje encontram-se em locais vulneráveis. Neste sentido, entende-se que a realização de um processo de reassentamento na Sub-Bacia do Arroio Moinho visa, não somente, promover uma melhor qualidade de vida aos habitantes locais, mas também, diminuir a suscetibilidade aos riscos nestas comunidades.

Além disso, as habitações irregulares na faixa marginal dos cursos d'água estão localizadas em zonas de Áreas de Risco, como pode ser visto na Figura 3. Desta forma, o reassentamento das populações que estão localizadas nas margens dos recursos hídricos contribui para a diminuição da vulnerabilização dos residentes da Sub-Bacia do Arroio Moinho em eventos hidrológicos que possam promover processos erosivos e, ao mesmo tempo, atende a PNPDEC na realização de medidas para a proteção da vida e do patrimônio. Assim, a diminuição da presença de domicílios irregulares em áreas de risco não só propicia uma melhora na qualidade de vida da população que hoje encontra-se vulnerável, como aponta Maricato (2008) e Rolnik (2010), mas também poderia resultar na significativa diminuição do volume de sedimentos e resíduos que necessitam ser removidos anualmente da Sub-Bacia do Arroio Moinho, como demonstram os resultados da pesquisa.

#### 4.3.2 Custo por Volume de Sedimentos Gerados

Segundo a Equipe de Licitações e Contratos (ELC) do Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, em 2015, os gastos com a dragagem e desassoreamento de arroios no município foram de R\$ 5.458.556,00 e o volume total de sedimentos removidos das águas foi de 200.000 m<sup>3</sup>. A Tabela 11 apresenta a discriminação dos custos.

Tabela 11 - Custos com a dragagem e desassoreamento de arroios no município de Porto Alegre em 2015.

Discriminação	Percentual	Custo
Mão-de-Obra	30%	R\$ 1.637.566,80
Equipamentos	60%	R\$ 3.275.133,60
Material	10%	R\$ 545.855,60
Total	100%	R\$ 5.458.556,00

Fonte: Equipe de Licitações e Contratos (2015).

Utilizando os valores fornecidos pela ELC (2015) e corrigindo os custos através da aplicação dos índices de inflação fornecidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) dos últimos 5 anos, encontrou-se as estimativas dos valores atualizados para a dragagem e desassoreamentos dos recursos hídricos no município de Porto Alegre. Os resultados obtidos na Tabela 12 apresentam a correção nos valores empregados para o serviço de dragagem e desassoreamento dos arroios na cidade de Porto Alegre para o valor de R\$ 6.756.316,41 em 2020.

Tabela 12 - Custos com dragagem e desassoreamento de arroios no município de Porto Alegre inflacionados.

Ano	Custo	Inflação
2015	R\$ 5.458.556,00	
2016	R\$ 5.801.899,17	6,29%
2017	R\$ 5.973.055,20	2,95%
2018	R\$ 6.197.044,77	3,75%
2019	R\$ 6.464.137,40	4,31%
2020	R\$ 6.756.316,41	4,52%

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

Após a correção dos gastos empregados no serviço de limpeza das águas pluviais da cidade de Porto Alegre, foi possível realizar as estimativas dos custos com a remoção e dragagem de sedimentos na Sub-Bacia do Arroio Moinho. Através da Equação 5, chegou-se ao custo por metro cúbico (R\$/m<sup>3</sup>) de sedimento removido dos recursos hídricos no município de Porto Alegre, que está apresentado a seguir:

$$\text{CDS} = 6.756.316,41 \text{ (R\$)} / 200.000 \text{ (m}^3\text{)} = 33,78 \text{ R\$/m}^3.$$

O resultado revela que o serviço de dragagem e desassoreamento dos recursos hídricos no município de Porto Alegre, representa para a Prefeitura Municipal, um custo atual de 33,78 R\$/m<sup>3</sup> de sedimento removido das águas na cidade.

Por fim, as estimativas de custos para os cenários são realizadas através da aplicação do custo por sedimento removido das águas, obtido na Equação 5, em relação às estimativas de sedimentos gerados, obtidas na Equação 4. Os resultados encontrados com o custo da dragagem e desassoreamento dos sedimentos da Sub-Bacia do Arroio Moinho estão apresentados na Tabela 13, descrevendo os valores identificados no Cenário 1 e no Cenário 2, também como, a diferença de custo entre ambas as análises.

Tabela 13 - Estimativas de custos com dragagem e desassoreamento na Sub-Bacia do Arroio Moinho.

Avaliação	Custo Anual	Impacto
Cenário 1	R\$ 3.251.564,79	Redução dos custos de 19,8%
Cenário 2	R\$ 2.607.511,25	R\$ 644.053,55

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

Apesar da análise apontar uma diminuição nos custos de R\$ 644.053,55 do Cenário 2 para o Cenário 1, acredita-se que a melhor forma de trabalhar com os resultados encontrados é avaliando o percentual reduzido, ou seja, destacando que, 19,8% dos custos com a dragagem e desassoreamento dos recursos hídricos podem ser reduzidos a partir da inserção de uma faixa de marginal de proteção vegetal de 30 metros da borda dos cursos d'água da Sub-Bacia do Arroio Moinho.

É importante ressaltar que o cálculo levou em consideração que serão removidos todos volumes de perda de solo estimados para a Sub-Bacia, assim, os valores obtidos representam altos custos para a remoção de sedimentos na região de estudo quando comparado com os gastos anuais destinados pela Prefeitura Municipal com esse serviço na Tabela 11. Desta forma, entende-se que ao avaliar somente a representação dos custos da Tabela 13 com a dragagem e desassoreamento dos cursos d'águas em valores absolutos, ou seja, em valores por Reais (R\$), pode-se retratar informações desconexas da realidade, dado que, as estimativas de perda de solos encontradas através da Equação Universal de Perda do Solo podem superestimar ou subestimar a geração de sedimentos.

Contudo, os resultados encontrados afirmam que a inserção de uma faixa de proteção ambiental da Sub-Bacia do Arroio Moinho pode representar uma redução nos custos com a limpeza das águas urbanas na região. Nesse sentido, se realizarmos uma extrapolação dos resultados obtidos para a Sub-Bacia e, através de uma análise hipotética, considerarmos que todo o território municipal de Porto Alegre pode apresentar uma redução de até 20% dos custos com a dragagem e desassoreamento de águas pluviais a partir da inserção de uma faixa marginal de proteção vegetal dos recursos hídricos urbanos, temos que a redução municipal com a limpeza dos arroios no município poderia chegar à R\$ 1.351.263,28 em 2020. Ou seja, a introdução de matas ciliares na cidade de Porto Alegre, dentro das características de comportamento encontradas na Sub-Bacia do Arroio Moinho, poderia representar uma diminuição significativa nos custos municipais com a gestão das águas urbanas e impactar diretamente no orçamento público.

Dando continuidade a esta extrapolação, temos que, segundo a Secretaria Municipal da Fazenda – SMF (2020), o município de Porto Alegre obteve uma arrecadação de R\$ 29.396.314.134,96 para os cofres públicos em 2020. Já os gastos municipais, no mesmo ano, foram de R\$ 28.459.871.834,50, resultando em um saldo de fluxo de caixa de R\$ 936.442.300,46. Neste período, o município destinou R\$ 74.135.076,88 para Urbanismo, R\$ 27.252.110,25 para Habitação, R\$ 651.806.546,24 para Saneamento e R\$ 9.552.764,04 para a Gestão Ambiental das verbas municipais na cidade, como pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 14 - Balanço consolidado das finanças públicas para o município de Porto Alegre em 2020.

SALDO FLUXO DE CAIXA DAS ATIVIDADES OPERACIONAIS	R\$ 936.442.300,46
INGRESSOS	R\$ 29.396.314.134,96
DESEMBOLSOS	R\$ 28.459.871.834,50
Urbanismo	R\$ 74.135.076,88
Habitação	R\$ 27.252.110,25
Saneamento	R\$ 651.806.546,24
Gestão Ambiental	R\$ 9.552.764,04

Fonte: Elaboração da Pesquisadora com base de dados SMF (2020).

Ao avaliar as despesas municipais destinadas à Urbanismo, à Habitação, ao Saneamento e à Gestão Ambiental em relação aos custos com a dragagem e desassoreamento dos arroios estimados e extrapolados no mesmo período, podemos avaliar o impacto da redução dos custos com limpeza das águas urbanas no orçamento municipal. A Tabela 15 apresenta a proporção dos custos com a limpeza das águas pluviais em relação aos desembolsos municipais em 2020, considerando também, o impacto que uma possível redução nos gastos públicos poderia representar.



Tabela 15 - Avaliação do impacto da dragagem e desassoreamento dos recursos hídricos nas contas públicas do município de Porto Alegre.

Custos com a dragagem e o desassoreamento estimadas	Urbanismo	Habitação	Saneamento	Gestão Ambiental
R\$ 6.756.316,41	9,11%	24,79%	1,04%	70,73%
Redução dos custos com a dragagem e o desassoreamento estimadas	Urbanismo	Habitação	Saneamento	Gestão Ambiental
R\$ 1.351.263,28	1,82%	4,96%	0,21%	14,15%

Fonte: Elaboração da Pesquisadora.

Os custos com a dragagem e o desassoreamento dos arroios em Porto Alegre representam grande impacto nas finanças municipais, visto que, os custos empregados com a limpeza das águas no município em 2020 equivalem a 70,73% do valor destinado para Gestão Ambiental da cidade neste mesmo período. Ao mesmo tempo, uma possível redução de 20% com os serviços de dragagem e remoção de sedimentos, poderia representar um incremento ao orçamento municipal da Gestão Ambiental em Porto Alegre de 14,15%.

Quando analisadas as despesas municipais com Habitação no município de Porto Alegre em 2020, temos que os custos hoje estimados para a remoção de sedimentos e resíduos dos recursos hídricos no município equivalem a 24,79% do valor total destinado para Habitação no município no mesmo período. Assim, uma possível redução nos custos com limpeza de arroios poderia representar um incremento de 4,96% nas despesas hoje destinadas para Habitação e, assim, poderiam compor uma nova fonte de recurso para a promoção de residências mais seguras, como o reassentamento das comunidades que encontram-se em áreas vulneráveis no município. Nesse mesmo sentido, as despesas com Urbanismo e Saneamento também poderiam adquirir um

montante no seu orçamento com a redução dos custos com a dragagem e desassoreamento dos arroios municipais já que os custos empregados nos serviços limpeza das águas urbanas equivalem hoje a 11% e 1,04% do valor total destinado para Urbanismo e Saneamento em Porto Alegre.

Porém, devemos considerar que a análise econômica que visa o desenvolvimento social de determinada região não deve ser vista somente como economia ou incremento de caixa, pois, Benakouche e Cruz (1994) salientam que a análise econômica de projetos públicos deve ser vista de modo diferente de um empreendimento privado, pois o processo de avaliação depende do objetivo perseguido e em projetos públicos os custos e benefícios podem apresentar proporcionalidades diferentes de um projeto privado. Assim, a avaliação dos custos das despesas municipais em relação à remoção de sedimentos, não deve ser analisada somente de forma pontual.

Outrossim, a inexistência de uma faixa de vegetação preservada nas margens dos recursos hídricos urbanos pode representar para o município de Porto Alegre um aumento com os gastos públicos e, ainda assim, não promover uma gestão eficiente e sustentável das águas urbanas. Uma vez que, os serviços de limpeza dos arroios municipais procuram remediar o efeito dos problemas existentes na cidade e não solucionar as causas dos processos erosivos e impactos ambientais encontrados no município.

É importante ressaltar que não são avaliadas as estimativas de resíduos gerados em ambos os cenários, porém, estudo apontam que a presença de domicílios nas margens dos recursos hídricos urbanos pode aumentar o direcionamento inadequado de resíduos dispostos nos corpos d'água. Segundo Tucci (2004), parte dos resíduos gerados nas áreas urbanas tem como destino final a rede de drenagem constituída por galerias, córregos e reservatórios de retenção, fato que prejudica o escoamento das águas na cidade, exigindo serviços de limpeza periódicos com altos custos para os cofres públicos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar as consequências econômicas na perda de solos em bacias hidrográficas urbanas levando em consideração a preservação ambiental das margens dos recursos hídricos. A análise utilizou como estudo de caso a Sub-Bacia do Arroio Moinho, localizada no município de Porto Alegre/RS e, para análise, foram definidos dois cenários envolvendo o uso e cobertura do solo na Sub-Bacia para comparação, levando em consideração a presença de áreas de preservação permanente nas margens dos cursos hídricos urbanos.

No Cenário 1 foi considerado o uso e cobertura do solo atual da Sub-Bacia, enquanto no Cenário 2, foi simulada a inserção de uma faixa de preservação vegetal de 30 metros nas margens dos cursos d'água. A alteração do uso e cobertura do solo na região demonstrou que grande parte da Sub-Bacia do Arroio Moinho não dispõe, atualmente, de matas ciliares preservadas. Os resultados encontrados revelam que no Cenário 1, 60% da área total de 30 metros da borda dos cursos d'água não possui cobertura vegetal preservada e a simulação da inserção de uma faixa de proteção vegetal, nestes 30 metros, aumentaria as áreas vegetadas preservadas em quase 50%. Ainda, a simulação da inserção de uma faixa de proteção vegetal também impactaria em uma redução de 14,64% da Área Urbana Construída na região de estudo.

A partir dos dois cenários definidos, foi possível realizar as estimativas de gerações de sedimentos oriundos de processos erosivos para a região de estudo, utilizando a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) para dimensionamento. Os resultados encontrados demonstram que as regiões classificadas como área de Habitação Irregular apresentam alto impacto nos processos de erosão hídrica na Sub-Bacia do Arroio Moinho. Portanto, a presença de habitações irregulares foi um fator determinante para o grau de erodibilidade encontrado no estudo, também como, a presença da mata ciliar foi um fator determinante para a diminuição dos processos erosivos estimados. Pois, a inserção de uma faixa de proteção vegetal de 30 metros nas margens dos recursos hídricos possibilitou a diminuição das estimativas de perda de solos em quase 20% no Cenário 2 em relação ao Cenário 1, comprovando assim, a

importância da preservação de mata ciliares para a redução dos processos de degradação do solo no meio urbano.

Em seguida, foi realizada a avaliação econômica das despesas com a dragagem e remoção de sedimentos dos recursos hídricos da Sub-Bacia, analisando os custos municipais com os serviços de limpeza dos arroios disponíveis pela prefeitura de Porto Alegre. A análise revela que a remoção de sedimentos representa aos cofres públicos um gasto de R\$ 33,78 para cada metro cúbico (m<sup>3</sup>) de sedimento removido dos cursos d'água no município. A partir dos volumes de sedimentos estimados na USLE, foram estimados os custos com a retirada destes sedimentos dos recursos hídricos da Sub-Bacia do Arroio Moinho. Da mesma forma, ocorreu uma diminuição de quase 20% nos custos municipais com o serviço de limpeza dos arroios da Sub-Bacia do Arroio Moinho no Cenário 2 em relação ao Cenário 1. Os resultados demonstram o grande impacto nos cofres públicos da ausência de matas ciliares preservadas, dado que, os valores empregados anualmente com os serviços de dragagem e desassoreamento dos recursos hídricos no município de Porto Alegre, representam milhões de reais.

O estudo realizado respondeu ao problema de pesquisa ao definir que a supressão das matas nativas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) das margens dos recursos hídricos urbanos colabora para o aumento dos gastos públicos. Visto que, a simulação de uma faixa de proteção vegetal de 30 metros da borda dos cursos d'água, na região da Sub-Bacia do Arroio Moinho, contribuiu para a afirmação da hipótese de pesquisa, de que a preservação das matas ciliares dos recursos hídricos em bacias hidrográficas urbanas promove a diminuição dos gastos públicos municipais.

O trabalho também apresenta as limitações econômicas encontradas na realização do estudo, ao definir que foram apenas analisados os gastos empregados na remoção e dragagem de sedimentos de arroios na Sub-Bacia do Arroio Moinho. Conseqüentemente, os custos com os impactos nas dinâmicas urbanas na realização destes serviços não são calculados. Da mesma forma, o estudo não considera a alteração da qualidade das águas urbanas com a diminuição de sedimentos direcionados para os corpos d'água. Assim, são necessários maiores estudos para estimar os impactos na qualidade ambiental e, também, na qualidade de vida da população nos dois

cenários analisados, a fim de contribuir para um maior esclarecimento dos impactos da proteção das matas ciliares em grandes centros urbanos.

Outra questão abordada no estudo é a presença de habitações irregulares nas margens dos recursos hídricos urbanos e a relação com as áreas de risco identificadas na Sub-Bacia do Arroio Moinho. Os domicílios irregulares nas margens dos recursos hídricos urbanos apresentam maior vulnerabilidade para a população presente nestes locais, pois, a ausência do suporte estrutural torna estas áreas suscetíveis a processos erosivos em eventos hidrológicos de alta intensidade. Assim, a inserção de uma faixa de proteção vegetal implica no reassentamento das populações que hoje encontram-se em habitações irregulares nas margens dos cursos d'água. O reassentamento destas comunidades atende tanto a legislação ambiental e urbana brasileira quanto a PNPDEC, pois, realiza medidas que visam proteger a vida e o patrimônio da população. Vale ressaltar, que o trabalho não avalia os custos públicos empregados no processo de reassentamento destes moradores, porém, entende-se que a promoção de moradias adequadas é fundamental para o desenvolvimento destas populações que hoje residem em áreas de risco.

O estudo realizado colabora com a organização de informações a fim de elucidar as consequências econômicas da preservação ambiental de matas ciliares em bacias hidrográficas urbanas. Pois, através das análises realizadas, desenvolveu-se um instrumento que apresenta uma resposta numérica para a avaliação da proteção vegetal nas margens dos recursos hídricos urbanos. Além disso, os elementos fornecidos podem auxiliar na tomada de decisão na gestão do ordenamento territorial urbano e na preservação ambiental dos recursos hídricos, visando promover um modelo de desenvolvimento urbano sustentável e eficiente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMO, P. A Cidade Com-Fusa: a mão inoxidável do mercado e a produção da estrutura urbana nas grandes metrópoles latino-americanas. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 9, n. 2, p. 25–54, 2007.

ACSELRAD, H. **A duração das cidades**: sustentabilidade e risco nas políticas públicas. Rio de Janeiro: Coleção espaços do desenvolvimento, 2001.

ANA - Agência Nacional De Águas. **Programa Produtor de Água**: Manual operativo do programa Produtor de Água. 2. ed. Brasília, 2012.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1994.

BENAKOUCHE, Rabah; CRUZ, René Santa. **Avaliação monetária do meio ambiente**. São Paulo: Makron Books, 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8 ed. São Paulo, Editora Ícone. p. 335, 2012.

BRASIL. **Lei Nº 6.766 de dezembro de 1979**: Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Brasília, 1979.

BRASIL. **Lei Nº 9.433 de janeiro de 1997**: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, 1997.

BRASIL. **Lei Nº 10.257 de julho de 2001**: Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: 2001.

BRASIL. **Lei Nº 11.445 de janeiro de 2007**: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Brasília: 2007.

BRASIL. **Lei Nº 12.608 de abril de 2012**: Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Brasília: 2012.

BRASIL. **Lei Nº 12.651 de maio de 2012**: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: 2012.

BRASIL. **Lei Nº 13.089 de janeiro de 2015**: Institui o Estatuto da MetrÓpole e dá outras providências. Brasília: 2015.

BRASIL. **Lei Nº 13.465 de julho de 2017**: Dispões sobre a regularização fundiária rural e urbana. Brasília: 2017.

CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; ZAMPRONIO, G. B.; MARTINGIL, M. C. A Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do Uso do Solo em Bacias Urbano-Metropolitanas: O controle de inundações na Bacia dos Rios Iguaçu/SarapuÍ, na Baixa Fluminense. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. 8, n. 1, p. 29-49, 2010.

CLAASSEN, R., *et al.* **Agri-environmental policy at the crossroads**: Guideposts on a changing landscape. USDA-ERS Report. n. 794, 2001.

CONRAD, O.; BECHTEL, B.; BOCK, M.; DIETRICH, H.; FISCHER, E.; GERLITZ, L.; WEHBERG, J.; WICHMANN, V.; BÖHNER, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, **Geosci. Model Dev.**, 8, 1991-2007.

CORREIA NETO, Jocildo Figueiredo. **Elaboração e avaliação de projetos de investimento**: considerando o risco. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

COSTA, *et al.* **Estimativas de Perdas de Solo para Microbacias Hidrográficas no Estado do Rio de Janeiro**. In: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 78. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2005.

DEP – Departamento de Esgotos Pluviais. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, RS. **Características topográficas e cheias na cidade**. Disponível em: [http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=65](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=65). Acesso em 20 de agosto de 2020.

DEP - Departamento de Esgotos Pluviais. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, RS. **O Arroio Dilúvio**. Disponível em:

[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=71#](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=71#). Acesso em 01 de agosto de 2019.

Departamento Municipal de Habitação – DEMHAB. **Plano Municipal de Habitação e Interesse Social**. Porto Alegre: Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Disponível em: [lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/demhab/usu\\_doc/diagnstico\\_porto\\_alegre.pdf](http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/demhab/usu_doc/diagnstico_porto_alegre.pdf). Acesso em 20 de agosto de 2020.

ELC - Equipe de Licitações e Contratos. Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura de Porto Alegre. **Concorrência N.º 03/01.030802.15.6**. Porto Alegre/RS, 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Payment Schemes for Environmental Services in Watersheds: Land and Water Discussion**. Roma, n.3, 2004.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Land evaluation: towards a revised framework**. Roma, n.6, 2007.

GULARTE, J. Após morte na Rua da Represa, comunidade às margens de arroio sofre com medo de nova tragédia. **GaúchaZH**, Porto Alegre, 24 de jun. de 2017. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2017/06/apos-morte-na-rua-da-represa-comunidade-as-margens-de-arroio-sofre-com-medo-de-nova-tragedia-9823562.html>. Acesso em: março de 2021.

GÓMEZ, J. D. P. **Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e transferência de sedimentos para todo o território brasileiro**. Dissertação. Escola Superior de Agricultura, Ciências Solos e Nutrição de Plantas. Universidade de São Paulo, 2012.

GONÇALVES, J. C.; MARCHEZINI, V.; VALENCIO, N. Desastres relacionados a colapsos de embalses en Brasil: aspectos sociopolíticos de una seguridad ilusoria. **Estudios Sociológicos**, v. XXX, p. 773-804, 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física Vol. 1 – Mecânica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.



Hutchinson, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, 106, 1989.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2010**. Rio de Janeiro: IBGE: 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)**. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?t=series-historicas&utm\\_source=landing&utm\\_medium=explica&utm\\_campaign=inflacao#plano-real-ano](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?t=series-historicas&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=inflacao#plano-real-ano). Acesso em janeiro de 2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas Do Brasil: Período 1981-2010**, Brasília: INMET, 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking de Saneamento**. São Paulo: Associados, 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento Básico em Áreas Irregulares**. São Paulo: Associados, 2016.

LANDELL-MILLS, N. & PORRAS, T. I. **Silver bullet or fools' gold? A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor**: Instruments for sustainable private sector forestry series. International Institute for Environment and Development. Londres, p.127, 2002.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v,51, n,2, p,189-196, 1980.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2008.

MAY, P.; LUSTOSA, C.; VINHA, V. (organizadores). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2ª reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - MEA. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Washington, D.C.: Island Press, 2003.

MOORE I. D.; GRAYSON R. B.; LADSON, A. R. Digital Terrain Modelling: A Review Of Hydrological, Geomorphological, And Biological Applications. **Hydrological Processes**, Vol. 5, P. 3-30, 1991.

MORTARIE, R.; EUZÉBIO, G. L. **O custo do caos - Prejuízo ao bolso e ao meio ambiente - idades não suportam mais o crescimento da frota de veículos**. IPEA: Desafios do Desenvolvimento, a. 6 e. 53, 2009.

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 1981.

MOTTA, R. S. **Economia ambiental**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998.

ONU - United Nations Office for Disaster Risk Reduction/UNDRR. **The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019)**. Genebra: ONU, 2020.

PERALTA, C. E. O pagamento por serviços ambientais como instrumento para orientar a sustentabilidade ambiental: a experiência da Costa Rica. In: LAVRATTI, P.; TEJEIRO, G. (Orgs.). **Direito e mudanças climáticas: pagamento por serviços ambientais: experiências locais e latino-americanas**. São Paulo: Instituto O Direito por um Planeta Verde, 2014.

PERES, R. B.; CHIQUITO, E. A. Ordenamento territorial, meio ambiente e desenvolvimento regional: novas questões, possíveis articulações. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 14, n. 2, 2012.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacia Hidrográfica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 2, p.13-25, 2013.

PINTO, S. A. F.; GARCIA, G. J. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise e modelos de Bacias Hidrográficas. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 17, p. 30-37, 2005.

PORTO ALEGRE. **Lei Municipal Nº 11.397**, de 27 de dezembro de 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental**. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento Municipal, 2018.

RODRIGUES, A. M. **Moradias nas cidades brasileiras**. 9. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2001.

ROLNIK, R. Regulação Urbanística no Brasil: Conquistas e Desafios de um Modelo em Construção. **Anais do Seminário Internacional: Gestão da Terra Urbana e Habitação de Interesse Social**. PUCCAMP, 2000.

SALAZAR, R. B. **Métodos de Avaliação Econômica Aplicáveis em Projetos de Infraestrutura Urbana**. 2010. 162f. Dissertação (Mestre em Desenvolvimento Regional) – Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional, Faculdades Alves Faria, Goiânia, 2010.

SCHUMANN, C.; SILVA, R. de C. da; PICCININI, L. T. S.; NAMIUCHI, M. G. Moradias do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV): Estudo das localizações em relação às áreas de risco e preservação permanente na cidade de Porto Alegre. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 9, n. 2, p. e00203, 2021.

SMF – Secretaria Municipal da Fazenda. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, RS. **Balanco das Finanças Públicas 2020**. Porto Alegre, 2020.

SILVA, T. S.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminho de integração. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 47, 2003.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v.1, n.1, p.59-73, 2004.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

UNDRR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019)**. Genebra: UNDRR, 2020.

VALENCIO, N.; VALENCIO, A. **Vulnerability as oppression: the traps of risk-reduction actions**. In V. Marchezini, B. Wisner, L.Londe e S. Saito (orgs). *Reduction of Vulnerability to Disasters: from knowledge to action*. São Carlos: RiMa Editora, p.111-137, 2017.

VILLAÇA, F. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, Fapesp, Lincoln Institute, 1998.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning*. Washington: U.S. **Department of Agriculture: Agriculture Handbook**. n. 537, p. 58, 1978.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2001.