

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E
PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

Maria Thereza Fonseca de Souza

Recuperação do Impacto Ambiental na Ocupação Vitória em Belo Horizonte

Belo Horizonte
2023

Maria Thereza Fonseca de Souza

Recuperação do Impacto Ambiental na Ocupação Vitória em Belo Horizonte

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Paisagem e Ambiente

Orientador: Prof. Dra. Maria Rita Scotti Muzzi

Coorientador: Prof. Dra Eliane Maria Vieira

Belo Horizonte
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S725r

Souza, Maria Thereza Fonseca de.

Recuperação do impacto ambiental na ocupação Vitória em Belo Horizonte [recurso eletrônico] / Maria Thereza Fonseca de Sousa. - 2024.

1 recurso online (p. 110: il.).

Orientadora: Maria Rita Scotti Muzzi

Coorientadora: Eliane Maria Vieira

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Planejamento urbano - Teses. 2. Proteção ambiental - Teses. 3. Espaço (Arquitetura) - Teses. I. Muzzi, Maria Rita Scotti. II. Vieira, Eliane Maria. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. VI. Título.

CDD 711.4

FOLHA DE APROVAÇÃO

SEI/UFMG - 2438652 - Folha de Aprovação

https://sei.ufmg.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_...



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Recuperação do Impacto Ambiental na Ocupação Vitória em Belo Horizonte"

MARIA THEREZA FONSECA DE SOUZA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **quatro de julho de dois mil e vinte e três**, pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Profa. Dra. Maria Manoela Gimmler Netto

Escola de Arquitetura/UFMG

Profa. Dra. Eliane Maria Vieira

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Profa. Dra. Maria Rita Scotti Muzzi Marques Leitão - Orientadora

PPG-ACPS/UFMG

Belo Horizonte, 04 de julho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Manoela Gimmler Netto, Usuário Externo**, em 04/07/2023, às 15:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eliane Maria Vieira, Usuária Externa**, em 21/07/2023, às 12:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Rita Scotti Muzzi Marques Leitao, Professora do Magistério Superior**, em 26/07/2023, às 17:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2438652** e o código CRC **3E33DD9B**.

Referência: Processo nº 23072.240925/2023-48

SEI nº 2438652

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Marcus Aurélio e Dilma pelo apoio incondicional,
por sempre acreditarem em mim e permitirem que eu siga
meus sonhos. Vocês são minha força para enfrentar qualquer
dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora por estarem sempre comigo, me guiando e abençoando cada passo meu.

Agradeço especialmente aos meus pais que estiveram comigo em todos os momentos me apoiando e me motivando a sempre continuar. Não teria conseguido sem vocês.

Agradeço a paciência infindável e ao apoio constante e imensurável de Marcos Gabriel que me ajudou a concluir essa etapa tão importante. Assim como agradeço a todos os amigos que estiveram presentes nessa caminhada.

Agradeço principalmente a Prof. Dra. Maria Rita Scotti Muzzi, a orientadora deste trabalho, por todos os ensinamentos prestados, pela paciência, pelo rigor científico e por tantas lições tão importantes que levarei para toda a vida.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação, em especial a coorientadora, a Prof. Dra. Eliane Maria Vieira.

Agradeço a todos do programa de pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável: professores, funcionários da UFMG e colegas de turma.

Agradeço a Caixa Econômica Federal e ao financiamento do fundo socioeconômico por subsidiar o Projeto Izidora, de onde nasceu esta dissertação.

Agradeço a toda equipe do projeto Izidora: o coordenador-geral Ricardo Motta Pinto Coelho (RMPC: Meio ambiente Sustentável); a coordenadora técnica Maria Rita Scotti Muzzi; o coordenador executivo Carlos Condé (Eco Máquinas); a equipe técnica: Alysson Armondes, Ana Raquel Teixeira T. Resende, Eliane Maria Vieira, Juni Coordeiro, Luiz Alberto Saenz, Priscila Moura e ao Grupo GERA-UFMG: Arthur Antão, Alessandra Rondina, Samuel L. L. Silva, João Paulo Ferreira, Tomás Jansen, Driene Santos, Amanda La Corte de Carvalho Costa, Hugo Luiz M. de Paula, Jonas F. da Cruz, Izabel Nair Santos, Euler Lobo, Carlos Eduardo Almeida, Sofia Machado, Lucas, Reislá e João Gabriel. Graças ao trabalho de todos vocês o projeto tornou-se realidade!

RESUMO

O processo de urbanização acelerada que aconteceu no Brasil no século XX teve como consequência uma rápida expansão urbana nas cidades, muitas vezes sem o devido planejamento urbano e sendo utilizadas técnicas de autoconstrução. Esse processo fez com que uma parcela da população deixasse de habitar a cidade formal devido à alta especulação imobiliária e passasse a ocupar áreas de topo de morros, encostas de rios, áreas de preservação ambiental e áreas de risco. Em 2013 teve início a Ocupação Vitória, no setor norte de Belo Horizonte, Minas Gerais. A Ocupação Vitória está localizada na maior área preservada pertencente ao bioma Mata Atlântica da cidade. Esta área pertence à microbacia Izidora, que é parte da bacia do rio São Francisco e compreende 950 hectares, o que corresponde a três vezes a área do Central Park em Nova York. A ocupação que aconteceu nesta área provocou um grande impacto ambiental, como a perda de vegetação, dissipação da água no solo, assoreamento de cursos d'água, erosão do solo e acúmulo de sedimentos. A área de estudo foi dividida em quatro grandes regiões considerando as nascentes locais, nomeadamente, N1, N2, N3A e N3B. Para que aconteça a remediação do impacto ambiental será elaborado o diagnóstico de impacto e, em sequência, o projeto de recuperação ambiental que está alinhado as soluções baseadas na natureza, para que haja a compatibilização entre a recuperação ambiental e a recuperação urbana. Este trabalho tem por objetivo avaliar os impactos ambientais que aconteceram em decorrência da ocupação urbana em área de recarga hídrica e apresentar um projeto para de recuperação ambiental alinhado com a recuperação urbana da área.

Palavras-chave: Recuperação ambiental; Floresta ripária; Manejo de vegetação; Drenagem urbana; Serviços ecossistêmicos.

ABSTRACT

The accelerated urbanization process that took place in Brazil in the 20th century resulted in a rapid urban expansion in cities, often without urban planning and self-construction techniques being used. This process meant that a portion of the population ceased to inhabit the formal city due to high real estate speculation and began to occupy areas on top of hills, riversides, areas of environmental preservation and risk areas. In 2013, the Vitória informal settlement began, in the northern sector of Belo Horizonte, Minas Gerais. Vitória informal settlement is located in the largest preserved area belonging to the Atlantic Forest biome of the city. This area belongs to the Izidora microbasin, which is part of the São Francisco River basin and comprises 950 hectares, which corresponds to three times the area of Central Park in New York. The occupation that took place in this area caused a great environmental impact, such as loss of vegetation, dissipation of water in the soil, silting up of watercourses, soil capture and accumulation of sediments. The study area was divided into four large headwaters, namely, N1, N2, N3A and N3B. For the remediation of the environmental impact to occur, the impact diagnosis will be elaborated and, in sequence, the environmental recovery project that is aligned with the Nature-based Solutions, so that there is a compatibility between the environmental recovery and the urban recovery. This work aims to evaluate the environmental impacts that occurred as a result of urban occupation in a water recharge area and to present a project for environmental recovery aligned with the urban recovery of the area.

Keywords: Environmental restoration; Riparian forest; Vegetation management; Urban drainage; Ecosystem services.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo	18
Figura 2 – Córrego dos Macacos	19
Figura 3 - Soluções baseadas na natureza como um termo abrangente para abordagens relacionadas ao ecossistema	22
Figura 4 - Cenário hipotético de soluções baseadas na natureza sendo usadas em conjunto com o desenvolvimento de infraestrutura e conservação de áreas protegidas	23
Figura 5 - Esquema de um jardim filtrante horizontal	25
Figura 6 - Esquema de uma wetland copnstruída para tratamento de efluentes	26
Figura 7 - Ciclo Hídrico	27
Figura 8 - Esquema do continuum solo-planta-atmosfera, mostrando o movimento da água, do solo e das plantas para a atmosfera e seu retorno para o solo em uma região úmida transacionando para subsumida	29
Figura 9 - Diagrama do movimento da água da chuva e percolação até o lençol freático superficial	30
Figura 10 - Processos de um ecossistema urbano	32
Figura 11 - Diagrama esquemático do ciclo hidrológico em uma floresta ripária	34
Figura 12 - Esquema do zoneamento de uma floresta ripária	36
Figura 13 - Evolução do planejamento de Belo Horizonte (1916 -2019)	40
Figura 14 - Bacias Hidrográficas	41
Figura 15 - Nascentes cadastradas pela Prefeitura de Belo Horizonte	43
Figura 16 - Estrutura Ambiental de Belo Horizonte	46
Figura 17 - Estratégias: Meio Ambiente, Preservação e Requalificação	48
Figura 18 - Taxa de Ocupação e Taxa de Permeabilidade	48
Figura 19 - Evolução da Ocupação do solo na Granja Werneck	54
Figura 20 - Mapa Viário da Ocupação Vitória	55
Figura 21 - Mapa Viário com Curvas de Nível na Ocupação Vitória	56
Figura 22 - Mapa viário com curvas de nível e residências na Ocupação Vitória	57
Figura 23 - Mapa Área de APP segundo o Código Florestal Brasileiro	58
Figura 24 - Mapa Área de EstudoFonte: Grupo GERA, 2022.	62
Figura 25 - Ilustração esquemática para os cálculos do FSI, GSI e N, respectivamente.	65
Figura 26 - Geração do mapa de direção de fluxo utilizando o modelo de ponto de vertente com 8 direções	66
Figura 27 - Tensiômetro	67
Figura 28 - Mapa Localização da área de estudo	69
Figura 29 - Normalized Difference of Vegetation Index (NDVI)	70
Figura 30 - Localização da Nascente 1	72
Figura 31 - Localização da Nascente 2	72
Figura 32 - Localização da Nascente 3A	73
Figura 33 - Localização da Nascente 3B	74
Figura 34 - Mapa do Modelo Digital de Elevação com curvas de nível	77
Figura 35 - Mapa da Direção de Fluxo do Sedimento	78
Figura 36 - Mapa Fluxo Acumulado de sedimento	79
Figura 37 - Mapa localização dos pontos de análise com tensiômetro	80
Figura 38 - Mapa dos afloramentos de água identificados na Nascente 1	82
Figura 39 - Mapa dos afloramentos de água identificados na Nascente 2	83
Figura 40 - Mapa dos afloramentos de água identificados na Nascente 3A	84
Figura 41 - Mapa dos afloramentos de água identificados na Nascente 3B	84

Figura 42 – Projeto de intervenção	86
Figura 43 - Projeto antes e depois da abertura dos drenos	87
Figura 44 - Projeto antes e depois da recuperação da vegetação e combate as taboas	88
Figura 45 - Projeto antes e depois da floresta ripária	88
Figura 46 - Projeto antes e depois do zoneamento da floresta ripária	89
Figura 47 - Mapas drenos construídos na área de estudo	89
Figura 48 - Tipologia da intervenção nas nascentes 1, 2 e 3A	91
Figura 49 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 1	91
Figura 50 - Execução da recuperação da Nascente 1(a) Recuperação Nascente 1A (b) Recuperação Nascente 1B (c) Recuperação Nascente 1C Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.	92
Figura 51 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 2	93
Figura 52 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 3A	94
Figura 53 - Tipologia da intervenção na N3B 1	95
Figura 54 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 3B 1	95
Figura 55 - Tipologia de intervenção na N3A 2	96
Figura 56 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 3B2	96
Figura 57 - Tipologia da intervenção na N3B 3	97
Figura 58 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 3B 3	97
Figura 59 - Drenos no período da seca e no período chuvoso	98
Figura 60 - Estratégias para a recuperação ambiental	99
Figura 61 - Estratégias para a recuperação urbana	100
Figura 62 - Estratégias para a recuperação urbana	100
Figura 63 - Antes e depois do projeto de recuperação urbana	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo ADE de Interesse Ambiental da Izidora no Plano Diretor Municipal	49
Tabela 2 - Estimativa da Vazão na Ocupação Vitória antes e após a ocupação	71
Tabela 3 - Densidade Urbana	74
Tabela 4 - Potencial de retenção de água do solo (kPa)	81

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Soluções Baseadas na Natureza	21
2.2 O Ciclo Hídrico e o “Continuum Solo-Planta-Atmosfera”	27
2.3 Florestas Urbanas	31
2.4 Floresta Ripária	33
2.5 O processo de urbanização no Brasil	38
2.6 O processo de urbanização de Belo Horizonte e seus recursos naturais	39
2.6.1 Plano diretor de Belo Horizonte	44
2.7 A cidade informal: desmatamento e perda dos serviços ecossistêmicos com o processo de urbanização	50
2.8 O processo de urbanização da região do Izidora	53
2.9 Adequação das cidades para a nova realidade	59
3. MATERIAIS E MÉTODOS	62
3.1 Área de estudo	62
3.2 Impactos sobre a Perda da vegetação – NDVI	62
3.3 Impacto sobre a movimentação de sedimento e vazão da água	63
3.4 Impacto da ocupação humana: Densidade urbana	63
3.5 Impacto sobre o fluxo hídrico	65
3.6 Impacto sobre a água no solo	66
3.7 Identificação dos pontos de afloramento de água subterrânea	68
3.8 Proposta de recuperação das nascentes, córregos e matas ciliares	68
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1 Área de estudo	69
4.2 Impacto sobre a perda de vegetação, erosão e assoreamento	70
4.3 Impacto sobre a movimentação de sedimento e vazão da água	70
4.4 Impacto da ocupação humana: Densidade urbana	71
4.5 Impacto sobre o Fluxo Hídrico	76
4.5.1 Modelo Digital de Elevação	76
4.5.2 Direção de Fluxo	77
4.5.3 Fluxo Acumulado	79
4.5 Impacto sobre a água do solo	80
4.6.1 Potencial matricial	80
4.7 Identificação dos pontos de afloramento de água subterrânea	82
5. PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DAS NASCENTES, CORREGOS E MATAS CILIARES	85
5.1 Projeto De Recuperação ambiental	85
5.1.1 Abertura de drenos principais e laterais	86

5.1.2 Plantio de herbáceas e arbóreas	88
5.2 Execução do projeto de recuperação ambiental	89
5.2.1 Execução Nascente 1	90
5.2.2 Execução Nascente 2	92
5.2.3 Execução Nascente 3A	93
5.2.4 Execução Nascente 3B	94
5.3 Drenos no período seco e período chuvoso	97
5.4 Projeto recuperação urbana e ambiental	98
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS	108

1. INTRODUÇÃO

A maior área preservada pertencente ao bioma Mata Atlântica na cidade de Belo Horizonte (19°48'53,58"S, 43°54'52,09"W) está localizada na microbacia Izidora (figura 1A) pertencente a bacia do rio São Francisco (Minas Gerais, Brasil). Com seus 950 hectares, corresponde a três vezes a área do Central Park em Nova York (341 hectares).

Barcellos de Souza *et al.* (2022) afirma que na região Izidoro encontra-se a última fronteira verde de Belo Horizonte, a qual é foco de conflitos entre o mercado imobiliário e movimentos sociais, pois, as comunidades lá instituídas, entre elas a Ocupação Vitória, abrigam famílias assentadas em terrenos abandonados que não cumprem sua função social e o mercado imobiliário vem pressionando o poder público para implantar a “Operação Urbana Izidoro” aprovada no Plano Diretor Municipal, que prevê o adensamento de áreas propícias para a ocupação e conservação e preservação das áreas verdes e cursos d’água.

A Ocupação Vitória está localizada no setor Norte de Belo Horizonte, divisa com o município de Santa Luzia, pela rodovia Prefeito Américo Gianetti conhecida como MG-010 que é uma rodovia importante de conexão ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves / Confins (linha verde) (figura 1C).

Este local abriga cerca de 280 nascentes e forma 64 córregos (figura 1B), sendo o córrego dos Macacos (2,6 km²) o mais preservado em termos de qualidade da água, vazão e preservação e extensão da mata ciliar (SUDECAP, 2018). No entanto, este local vem sofrendo um intenso processo de assentamento informal por populações de baixa renda, resultando no desmatamento e degradação desta região.

Horta *et al.* (2022, p. 159) afirma que a região do Izidoro, também conhecida como Granja Werneck destaca-se no território municipal, tanto por ser uma das últimas áreas livres da cidade, como por abrigar uma das maiores ocupações de baixa renda do Estado.

O assentamento informal Vitoria (figura 1E) é atualmente habitado por 4.500 famílias (Rodrigues, 2016), que tem ocupado uma área de topo de montanha, onde coexistem várias nascentes (figura 1D). Consequentemente, este local tornou-se propenso a processos erosivos associados à perda de vegetação e água. Além disso, o processo de urbanização produziu fragilidade e instabilidade fundiária,

principalmente porque as casas e construções urbanas foram construídas sobre algumas nascentes e ao longo de córregos sujeitos a eventos de inundação, que tem produzido algumas patologias construtivas relacionadas a danos nas residências, como, infiltrações e rachaduras nas paredes, comprometendo a qualidade de vida para essa comunidade de baixa renda.

Segundo Harvey (2014) a convergência do neoliberalismo e democracia no Brasil resultou na inclusão de artigos da constituição de 2001 que garantem o Direito à Cidade os quais atribuem poder e importância aos movimentos sociais urbanos, no que diz respeito ao direito de moradia e promoção da qualidade de vida. Esses artigos deram origem ao Estatuto da Cidade (Lei 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os artigos 182 e 183 da constituição brasileira) que foi um avanço para as diretrizes de planejamento urbano no Brasil. Contudo, mais de uma década após a criação do Estatuto da Cidade, o problema do déficit habitacional para população de baixa renda ainda parece estar longe de ter uma solução. A população de baixa renda procura moradia nas áreas de risco ambiental e de grande declive que não são objetos de especulação pelo mercado imobiliário. Esse fenômeno urbano aconteceu também na região do Izidora, e em especial na Ocupação Vitória resultando num fórum de disputas entre os habitantes das ocupações, o poder público e agentes da iniciativa privada. Por outro lado, além do patrimônio social a ocupação Vitória alberga um importante patrimônio ambiental e ecológico.

A área onde está localizada a ocupação Vitória possui uma grande diversidade de fauna e flora. Trata-se de uma região inserida na transição do bioma da Floresta Atlântica com o Cerrado – congregando tanto espécies vegetais florestais como savânicas com predominância de Mata Atlântica – apresentando um clima tropical de altitude (Grandi *et al.* 1992 *apud* Horta *et al.*, 2022, p. 161).

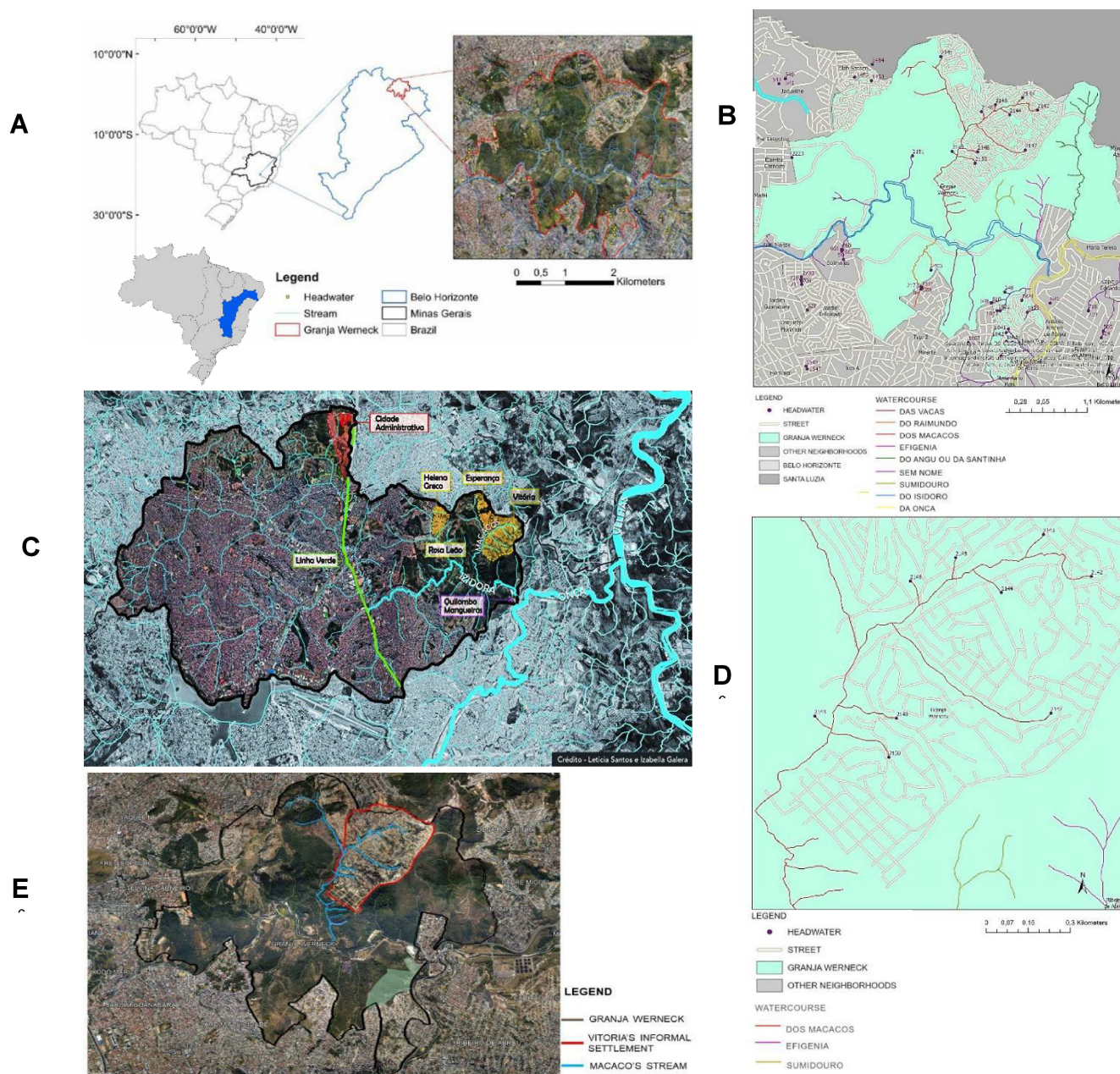
A maior riqueza da ocupação Vitória é a abundância em recursos hídricos. Esta é uma área com muitas nascentes e afloramentos de água, os quais devem ser protegidos e preservados. Essa riqueza ambiental e especialmente os recursos hídricos estão ameaçados pelo impacto da urbanização. Quando ocorre uma degradação da terra com a perda completa da resiliência do ambiente, associado à presença de água o resultado final é a desestabilização do solo e aumento do processo erosivo (King *et al.*, 2006).

A literatura mostra que a estabilização da erosão superficial, principalmente em

áreas de encosta, pode ser conseguida com o uso de uma composição vegetal adequada, principalmente em relação ao sistema radicular das plantas (Rubens, *et al.*, 2007), considerando que este sistema exerce também um papel de ancoramento do solo (Rubens *et al.* 2007), favorecendo a agregação e porosidade do solo (Bronik and Lal, 2005), garantindo a infiltração da água no solo e mantendo um papel fundamental no controle do lençol freático e no teor de água do solo via evapotranspiração. Além disso, a vegetação promove a estabilização mecânica, capaz de encorpar o solo através do sistema radicular.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o impacto do assentamento informal urbano da ocupação Vitória sobre o solo, vegetação, biodiversidade e suas consequências para o ciclo hidrológico. Espera-se que este estudo venha a subsidiar as estratégias de reabilitação urbana para esta área.

Figura 1 – Localização da área de estudo



(A) Localização da área de estudo da microbacia do Isidora (Minas Gerais Brasil), (B) Mapa hidrológico (C) Ocupação Vitória, Rosa Leão e Esperança na Granja Werneck e entorno. (D) Córrego e nascentes dos Macacos catalogados pela Prefeitura de Belo Horizonte (E) Assentamento informal de Vitória na Granja Werneck.

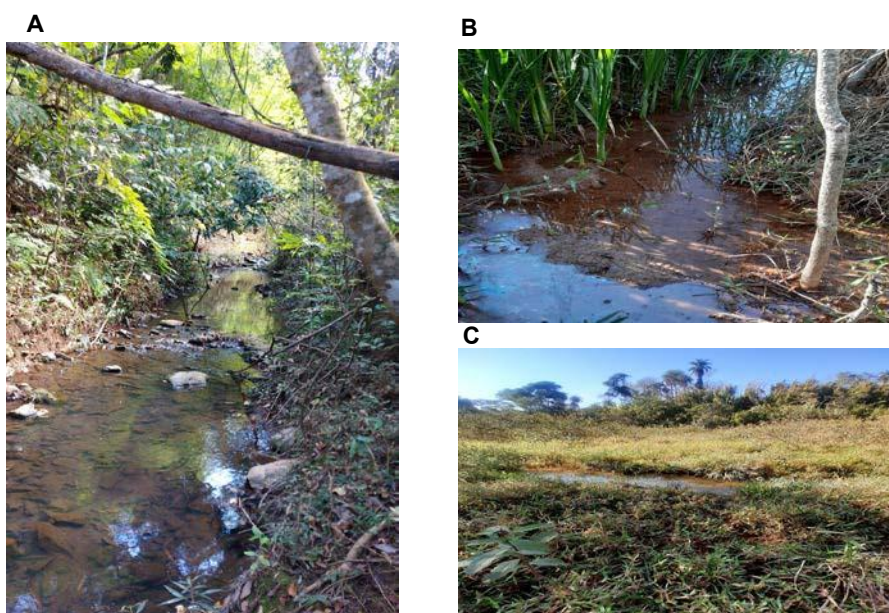
Fonte: (A, B D e E) Grupo GERA UFMG, 2022. (C) IFMG, 2109.

Este trabalho faz-se necessário diante do grande impacto ambiental sofrido na área de estudo, denominada Ocupação Vitória, parte da Ocupação Izidora, a qual existe desde junho de 2013 e abrange as vilas Esperança, Rosa Leão e Vitória (Souza *et. al* 2021). Estima-se que naquele momento cerca de 30 mil pessoas (8 mil famílias) vivam na região.

O assentamento informal na Ocupação Vitória foi estabelecido em uma área de alto risco de erosão hídrica, originalmente composta por várias nascentes onde a vegetação foi completamente perdida. O escoamento superficial das águas é intensificado durante a estação chuvosa permitindo a movimentação de sedimentos, acelerando ainda mais o processo erosivo.

Embora o córrego dos Macacos possa ser considerado ainda preservado nas zonas 1 e 3 (figura 2A), a urbanização de Victoria impactou os córregos com alto nível de sedimentos na zona 2 (figura 1E), levando à invasão massiva por espécies exóticas como *Brachiaria sp* e *Typha domingensis* (figuras 2B e 2C)

Figura 2 – Córrego dos Macacos



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2021

Horta *et al.* (2022) afirma que a urbanização na área do Izidora provocou impactos significativos na vegetação e que houve a diminuição de 280 hectares da cobertura vegetal, referente a 15,5% do existente em 2008 e novas áreas de ocupação urbana referente a 124 hectares e um aumento significativo de solo exposto. Isso alinhado à um processo de ocupação em áreas ambientalmente frágeis como várzeas e áreas de alta declividade.

Compreender a extensão do impacto causado pela expansão urbana nesta área, que representa a última mancha verde expressiva de Belo Horizonte e os últimos cursos d'água ainda preservados, é de vital importância para elaborar um plano de urbanização alinhado ao plano de proteção ambiental.

Planejar a cidade é um processo empírico como afirma Jacobs (2011, p. 5) as cidades são um imenso laboratório de tentativa e erro, fracasso e sucesso, em termos de construção e desenho urbano. Entender que nossas cidades tem pessoas pobres demais para pagar pela habitação de qualidade e que em muitas cidades, a oferta de moradias é muito pequena para acomodar a população sem superlotação (JACOBS, 2011, p. 359) é fundamental para avaliarmos a ocupação de áreas de risco, como um problema social e cabe aos profissionais que detêm conhecimento técnico e tomadores de decisões propor soluções nas quais as pessoas possam conviver com os recursos naturais, de forma a diminuir os impactos causados por esta ocupação.

Preservar os cursos d'água é dever de todos, pois, como afirma Borsagli (2016) algumas cidades desenvolvem sua malha urbana a partir do eixo de um curso d'água que pode nortear seu crescimento, a água é, portanto, a garantia da sobrevivência de um núcleo urbano.

Despoluir um curso d'água não significa apenas retirar os esgotos das águas e promover uma reeducação da sociedade, significa recuperar suas nascentes para regularizar a vazão, de tal modo que seriam cruciais para o sucesso de uma intervenção dessa magnitude o controle da drenagem, do assoreamento e o mapeamento das nascentes/bicas urbanas. (BOSAGLI, 2016, p. 398).

Este trabalho tem por objetivo geral avaliar os impactos ambientais que aconteceram em decorrência da ocupação urbana (Ocupação Vitória) em área de recarga hídrica e apresentar um projeto para de recuperação ambiental alinhada com a recuperação urbana da área. Para tanto propomos os seguintes objetivos específicos

- Avaliar a densidade da ocupação urbana na área.
- Avaliar o impacto da ocupação sobre a perda da vegetação, fluxo hídrico, a movimentação de sedimento, a vazão da água e erosão do solo.
- Correlacionar o fluxo hídrico e a água do solo com a ocupação urbana nas quatro áreas de nascente proposta.
- Desenvolver o diagnóstico de impacto ambiental para a área de estudo.
- Elaborar uma proposta de diretrizes para recuperação urbana alinhada à recuperação ambiental

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será feita uma revisão teórica dos conceitos necessários para a compreensão e desenvolvimento do trabalho. O trabalho propõe uma abordagem interdisciplinar ao utilizar conceitos da área das ciências biológicas, cartografia e do planejamento urbano. Primeiramente serão apresentados os conceitos e em seguida estes conceitos serão discutidos na Ocupação Vitória, onde será feito o estudo.

2.1 Soluções Baseadas na Natureza

As soluções que espelham as estratégias que ocorram no meio natural são chamadas soluções baseadas na natureza (figura 3). Xing et al. (2017) afirma que as ações baseadas na natureza oferecem uma ampla gama de benefícios de sustentabilidade, incluindo mitigação de ilhas de calor urbanas, aumento da biodiversidade, orgulho e coesão da comunidade e melhorias na saúde e bem-estar. As soluções baseadas na natureza foram definidas segundo Frantzeskak (2019) como soluções vivas sustentadas por processos e estruturas naturais que são projetadas para enfrentar vários desafios ambientais e, ao mesmo tempo, fornece vários benefícios à economia, sociedade e sistemas ecológicos. O objetivo destas estratégias é aumentar a resiliência, ou seja, a capacidade natural de um corpo de recuperar a sua forma original após sofrer choque ou deformação (Dicionário Priberam da Língua Portuguesa) como afirma Frantzeskak (2019, p. 101) são adotadas como soluções para restaurar os fluxos ecológicos nas cidades e como novas soluções de infraestrutura que aumentam a resiliência de uma cidade. A figura 3 mostra que as soluções baseadas na natureza constituem a recuperação de áreas, as especificidades de cada situação/problema, infraestrutura, gerenciamento e proteção para se alcançar o bem-estar humana associado a benefícios para a biodiversidade.

Figura 3 - Soluções baseadas na natureza como um termo abrangente para abordagens relacionadas ao ecossistema



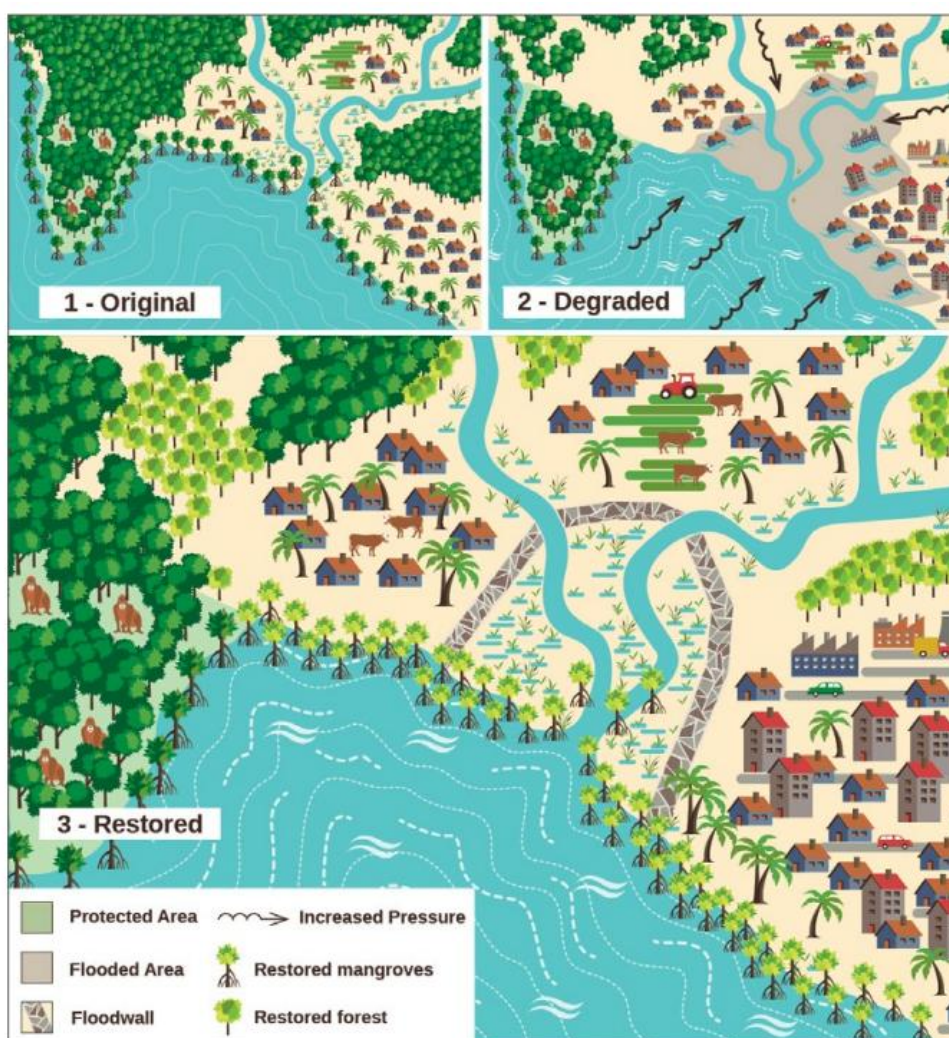
Fonte: Cohen-shacham *et al.*, 2016.

As soluções baseadas natureza podem ser aplicadas em uma ampla variedade de setores e para abordar uma infinidade de questões sociais e podem assumir muitas formas. Alguns exemplos de aplicações das soluções baseadas na natureza citados por Cohen-shacham *et al.* (2016, p.7) são:

- Restaurar e gerir de forma sustentável as zonas húmidas e rios para manter ou aumentar os stocks de peixe e os meios de subsistência baseados na pesca, reduzir o risco de inundações e proporcionar benefícios recreativos e turísticos;
- conservação de florestas para apoiar a segurança alimentar e energética, renda local, adaptação e mitigação das mudanças climáticas e biodiversidade;
- restaurar terras áridas para fortalecer a segurança hídrica, meios de subsistência locais e resiliência aos impactos das mudanças climáticas;
- desenvolver infraestrutura verde em ambientes urbanos (por exemplo, paredes verdes, jardins de telhado, árvores nas ruas, bacias de drenagem com vegetação) para melhorar a qualidade do ar, apoiar o tratamento de águas residuais e reduzir o escoamento de águas pluviais e a poluição da água, bem como melhorar a qualidade de vida dos moradores;
- usar infraestrutura costeira natural, como ilhas-barreira, florestas de mangue e recifes de ostras para proteger as linhas costeiras e as comunidades das inundações costeiras e reduzir os impactos da elevação do nível do mar.

A figura 4 ilustra como as intervenções de soluções baseadas na natureza podem complementar outras medidas e envolver o uso de áreas naturais ou medidas de conservação que foram originalmente estabelecidas para um fim diferente, promovendo a recuperação de áreas degradadas. A recuperação de áreas degradadas consiste em mitigar a degradação de ambientes causadas pela ação humana. Em muitos casos não é possível que o ambiente volte ao seu estado natural, mas sim que haja uma recuperação da vegetação e dos recursos hídricos.

Figura 4 - Cenário hipotético de soluções baseadas na natureza sendo usadas em conjunto com o desenvolvimento de infraestrutura e conservação de áreas protegidas



Fonte: Cohen-shacham et al., 2016.

As soluções baseadas na natureza criam novos ecossistemas que exigem

colaborações de vários atores para seu projeto, execução e manutenção. Criam espaço para novas relações entre as pessoas e a natureza no ambiente urbano, e entre as pessoas em suas comunidades. Especialmente nos bairros carentes, os experimentos em pequena escala com soluções baseadas na natureza mostraram que a transformação das características físicas e da aparência do espaço público está associada aos benefícios percebidos pelas pessoas na forma de senso de lugar (Frantzeskak 2019, p. 102). Ainda há lacunas no conhecimento sobre as soluções baseadas na natureza e para saná-las é preciso uma abordagem transdisciplinar.

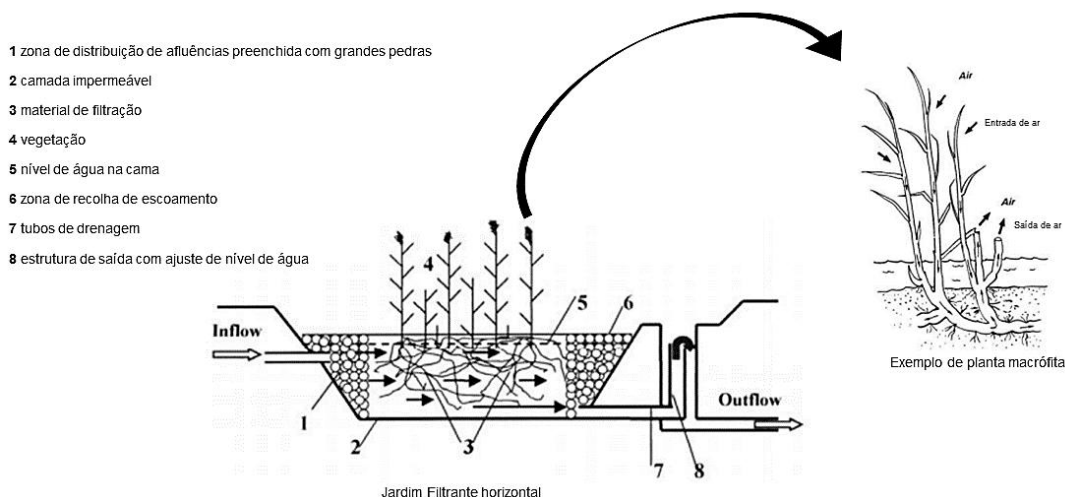
Ainda há incertezas e lacunas de conhecimento em termos de sobreposição e delineamento associados a conceitos vinculados. Por exemplo, a participação das partes interessadas e a adoção de uma perspectiva verdadeiramente sistêmica é extremamente difícil considerando a imprecisão e incertezas em relação ao conceito básico. Portanto, é importante usar todas as fontes relevantes de conhecimento no desenvolvimento e aplicação de NBS e apoiar e compartilhar o aprendizado dentro e entre projetos de NBS, dependendo de seu foco. De uma perspectiva científica, isso exige uma abordagem de pesquisa transdisciplinar que vincule profissionais, formuladores de políticas e cientistas de diferentes disciplinas e que envolva cidadãos e outros usuários e produtores de conhecimento (NESSHÖVER *et al.*, 2017, p. 1224).

Uma opção que envolve as soluções baseadas na natureza muito utilizada por profissionais é a criação de jardins filtrantes (figura 5) como alternativa para o saneamento rural. Segundo Pinotti (2022) os jardins filtrantes são uma técnica utilizada no tratamento das águas cinzas, que são provenientes da lavagem de roupas, louças e outros usos que não estão relacionados ao vaso sanitário.

Para Rubim (2017) jardins filtrantes são projetos de paisagismo multifuncionais que integram diferentes filtros compostos por plantas nativas ou adaptadas capazes de degradar poluentes. Pinotti (2022), afirma que Jardins Filtrantes realizam o tratamento das águas cinzas através das plantas macrófitas, que são plantas adaptadas para ambientes com alta saturação de água e produzem a fitorremediação, que é uma forma de tratamento de água associada às raízes das plantas e microorganismos da zona radicular. As plantas macrófitas adaptaram-se morfológicamente à pressão de seleção dos ambientes saturados por água, e consequentemente conseguem obter a maior parte de oxigênio de outras formas, principalmente por intermédio de suas folhas, através de um extenso sistema interno de lacunas em suas estruturas, por onde ocorre a passagem de ar (PINOTTI, 2022,

p.23 *apud* VYMAZAL, 2010, p. 540).

Figura 5 - Esquema de um jardim filtrante horizontal



Fonte: Vymazal, 2010, editado pela autora, 2023.

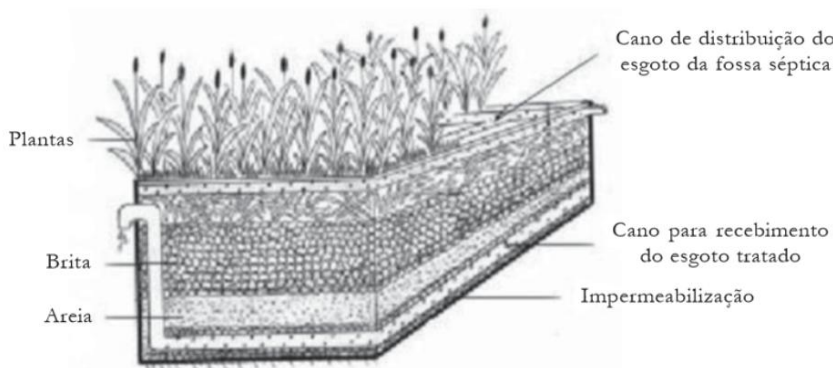
No ecossistema natural as *wetlands* desempenham em maior escala o papel que os jardins filtrantes possuem no ambiente urbano. De acordo com Rubim (2017) *Wetland* é um tipo de ecossistema natural que permanece alagado parcial ou totalmente durante o ano todo. Várzeas de rios, banhados, pântanos, brejos e até locais com lençol freático muito alto, mas nem sempre aflorante, como também os manguezais, são exemplos desses ecossistemas. Os *wetlands* podem também ser construídos artificialmente, chamados de wetlands construídos (WC) ou Sistemas Alagados Construídos (SAC). São utilizados para tratamento de águas efluentes e lodos e funcionam como soluções para problemas de saneamento urbano.

Os wetlands resolvem problemas globais de falta de saneamento urbano e disponibilidade de água para a população. De acordo com Lilian, os jardins filtrantes podem ser usados no tratamento de efluentes sanitários e industriais, águas pluviais, óleos e graxas, água de rios e canais urbanos, solos contaminados, ar poluído, lodos gerados por ETEs, pré-tratamento para ETAs ou outras fontes, ou seja, trata qualquer efluente biodegradável. Pode ser aplicado como solução única ou combinada com outros sistemas. (RUBIM, 2017, p. 18)

Os wetlands construídos são mecanismo para limpeza e filtragem da água, conforme a figura 6. De acordo com Rubim (2017) nos *wetland* ocorrem vários mecanismos e processos pelos quais diferentes grupos de poluentes são degradados ou removidos. Dentre os processos mencionados estão os processos físicos como a filtração,

sedimentação e volatilização; há também os processos químicos como a adsorção, oxidação, redução, precipitação e quelação e os processos biológicos como a degradação e absorção pelos microrganismos, decaimento de patógenos, extração pelas plantas, entre outros.

Figura 6 - Esquema de uma wetland copnstruída para tratamento de efluentes



Fonte: Kaik, 2002.

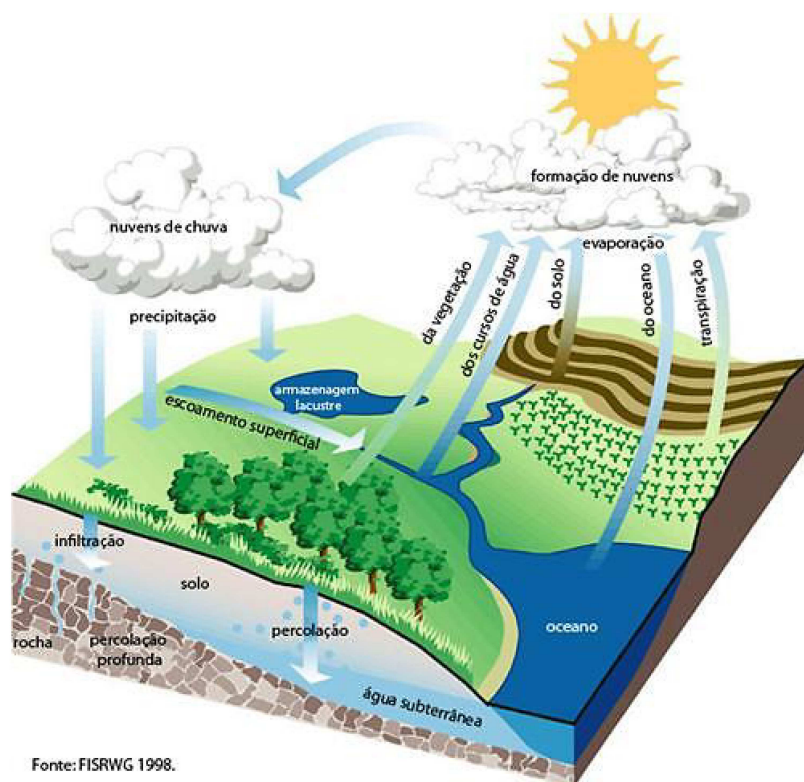
A ocupação Vitória é uma área onde não há saneamento básico para a população que sofre com as consequências da falta de tratamento do esgoto produzido. Anteriormente ao processo de urbanização, a ocupação Vitória era uma área do bioma da Mata Atlântica, com grande diversidade de flora e fauna, além constituir uma área importante de recarga hídrica (ver item 2.4) com muitos afloramentos de nascentes. Concomitantemente ao processo de ocupação da área e construção de casas e ruas ocorreu o progressivo desmatamento com uma grande perda de vegetação nativa e eliminação das drenagens naturais conduzidas para o córrego dos Macacos. A recuperação desta área implicaria na reconstrução das drenagens e das matas ripárias com o plantio de espécies herbáceas, arbóreas e frutíferas para a recuperação da biodiversidade, proteção das nascentes e uso da população.

Porém, as drenagens naturais já estão descaracterizadas, a água das nascentes dispersa e a localização das nascentes mascaradas pelo grande volume de sedimentos lixiviados das ruas desnudas. Para implementação das soluções para recuperação das nascentes e riachos, sempre baseando no funcionamento natural, torna-se imprescindível estudar a localização dos afloramentos de água, a direção do fluxo.

2.2 O Ciclo Hídrico e o “Continuum Solo-Planta-Atmosfera”

De acordo com Brandy e Weil (2013) ciclos hídricos constituem um conjunto de processos nos quais a energia solar impulsiona a ciclagem da água da superfície terrestre para a atmosfera e o seu retorno para a superfície. Os autores citam que aproximadamente um terço da energia solar que atinge a Terra é absorvida pela água. Uma parte da água evapora, formando assim as nuvens que se movem de uma região para outra e a água volta para solo em forma de chuva. Esse processo pode ser observado na figura 7. Há vários processos hidrológicos envolvidos no desenvolvimento do ciclo hídrico e foram mencionados por Balbinot (2008, p. 118) “condensação, precipitação, evapotranspiração, infiltração e percolação, exemplos de processos verticais, e os escoamentos superficial e subsuperficial, exemplos de processos horizontais.”.

Figura 7 - Ciclo Hídrico



Fonte: Kunene, 2021.

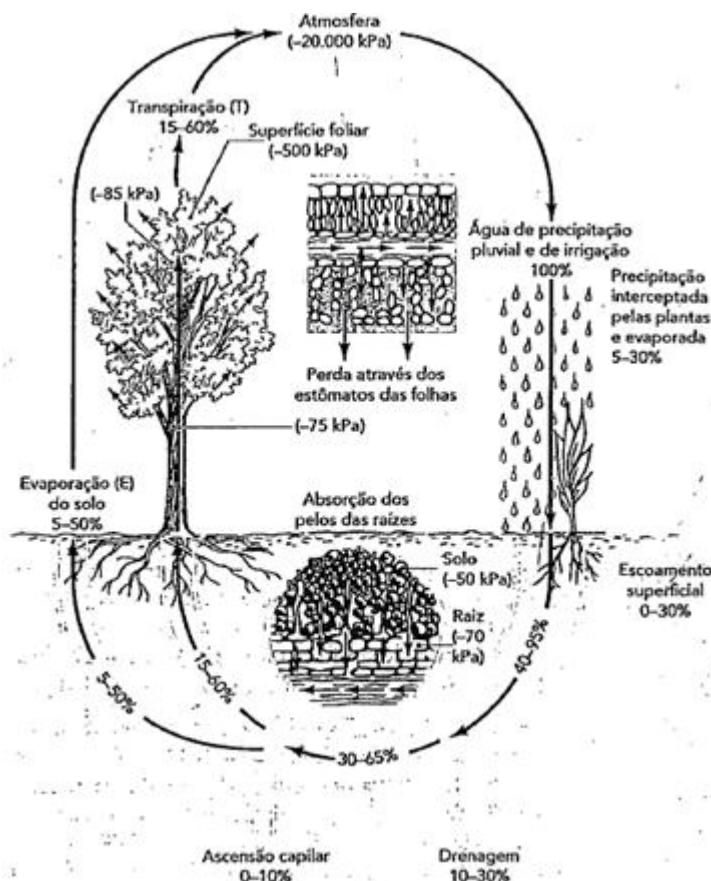
Brandy e Weil (2013) definem uma bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um único sistema e separam das bacias adjacentes. Segundo Balbinot (2008) diferentes fatores têm influência sobre as bacias hidrográficas, em especial destaca-se o papel da vegetação Brandy e Weil (2013). O tempo e a intensidade das

precipitações são fatores importantes, pois, mesmo de curta duração, fortes chuvas podem fornecer água mais rapidamente do que a maioria dos solos consegue absorvê-las. Já a vegetação protege o solo contra a ação desagregadora das gotas de chuva, o que favorece a infiltração de água e reduz a probabilidade de o solo ser carregado por qualquer água que possa escoar.

A erosão nas margens dos cursos d'água, o tombamento de árvores e a exposição de tubulações enterradas são sinais típicos da degradação ambiental que fazem com que os rios se tornem, por vezes, extremamente caudalosos. Os danos sofridos por esses cursos d'água de bacias hidrográficas urbanas são acentuados pelas tempestades, já que o excesso de água escorre pelos esgotos, ruas e sarjetas, transportando, em um curto espaço de tempo, um enorme volume de enxurrada. Em reconhecimento aos graves problemas ambientais causados por esses escoamentos excessivos e concentrados, os engenheiros e os profissionais responsáveis pelo planejamento urbano estão agora trabalhando com pedólogos para reduzir as alterações provocadas pelo desenvolvimento urbano no ciclo hidrológico. (BRANDY, WEIL, 2013, p. 187)

O fluxo de água que passa do solo para as plantas e das plantas para a atmosfera é conhecido por “continuum solo-planta-atmosfera (SPAC)”. Através deste sistema se estabelece o principal serviço ecossistêmico das florestas. Neste sistema a água da chuva é distribuída entre o ecossistema terrestre, e atmosférico e aquático (lençol freático e aquíferos) através dos processos conhecidos por interceptação percolação, drenagem, evaporação, absorção de água pelas plantas e transpiração da água pelas folhas para voltar a atmosfera. Na figura 8 está representada o esquema dos processos citados para uma região úmida.

Figura 8 - Esquema do continuum solo-planta-atmosfera, mostrando o movimento da água, do solo e das plantas para a atmosfera e seu retorno para o solo em uma região úmida transacionando para subsumida



Fonte: Brandy e Weil, 2013.

É possível perceber que 5 a 30% das águas de precipitações são retidas pelas plantas, evapora e não chega ao solo. Cerca de 15 a 60% da água que penetra o solo é absorvida pelas raízes 0 a 10% processo conhecido por ascensão capilar, responsável pela manutenção do lençol freático, e entre 10 a 30% da água vai para o aquífero pelo processo de drenagem.

Para saber se uma planta é adequada para determinada função é preciso analisar o índice foliar, a morfologia das folhas, a profundidade radicular e também seu ciclo de vida. Somente a vegetação arbórea pode exercer este serviço ecossistêmico com eficiência. Há também os potenciais de água:

Se uma planta absorve a água do solo, o potencial de água na raiz da planta deve ser menor (maior valor negativo) do que no solo adjacente à raiz. Da mesma forma, o movimento ascendente do tronco para as células das folhas – é definido pela diferença do potencial de água, semelhante ao movimento

A recarga hídrica subterrânea pode ser definida então como o processo que recarrega o aquífero.

A recarga pode ocorrer naturalmente ou pela ação humana. Processos naturais ocorrem pelas precipitações, por rios, canais e lagos, e pelos fluxos interaquíferos, sendo que as precipitações são a principal fonte de recarga para o aquífero (Mazieiro *et al.* 2008). As atividades humanas destacam-se a irrigação e a urbanização. Os ambientes urbanos alteram significativamente a recarga dos aquíferos. A infiltração direta é reduzida em uma cidade, porém pode haver outras formas de infiltração a partir do aumento do escoamento superficial, como também vazamentos da rede de esgoto e água. O autor destaca que o caráter mutável do ambiente urbano dificulta a identificação das fontes e trajetórias da recarga hídrica assim como a estimativa do balanço hídrico subterrâneo.

2.3 Florestas Urbanas

Morfologia urbana pode ser entendida como um elemento tridimensional que envolve a forma, a história e o tempo e para Pereira costa *et. al.* (2017) a Morfologia Urbana é o estudo da forma urbana, considerando-a um produto físico das ações da sociedade sobre o meio, que vão edificando-o ao longo do tempo.

Amaral (2015) argumenta que a presença da vegetação é condicionada às modificações da morfologia urbana e transformações das políticas de uso e ocupação do solo ao longo da história. Assim, nas cidades onde há um plano urbano ou ao tecido urbano mais conservadores, há maior possibilidade de permanência da vegetação, enquanto em cidades com políticas de uso do solo mais dinâmicas e mutáveis, ela dificilmente será mantida, sendo necessário políticas aplicadas para sua manutenção.

Segundo Brandy e Weil (2013) o escoamento superficial da água em bacias hidrográficas urbanizadas é maior, já que grande parte do solo é coberto por superfícies completamente impermeáveis, conforme figura 10.

ambientais, observadas a funcionalidade e o grau de modificação ao longo do tempo.

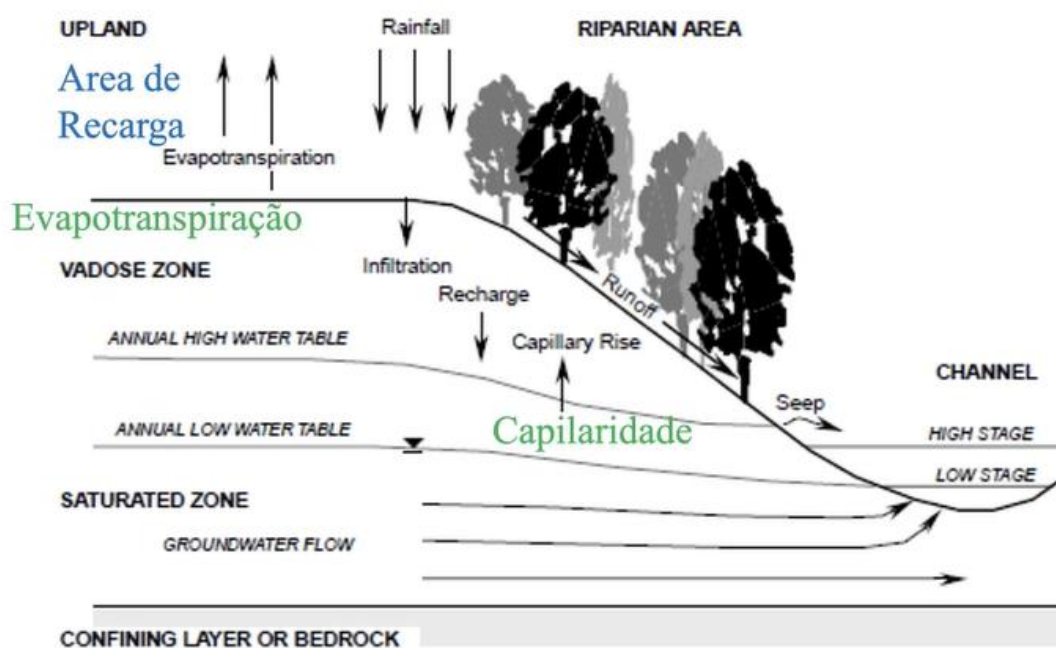
Bacias hidrográficas com florestas, adjacentes às cidades, afetam a qualidade e a disponibilidade de água ao regular os processos de precipitação e evaporação e os fluxos de água. Árvores e outros tipos de vegetação podem melhorar a qualidade da água ao evitar a erosão, decompor poluentes e fazer sombra. As florestas e seus solos também atuam como esponjas, absorvendo a água quando em excesso e liberando quando escassa. Isso acontece em parte porque as florestas aumentam a infiltração da água no solo, ajudando a recarregar as reservas de água subterrânea. (WRI BRASIL, 2020)

2.4 Floresta Ripária

Florestas Ripárias são ecossistemas ribeirinhos que funcionam como sistemas tampão na interface dos ecossistemas aquáticos e terrestres (Lowrance *et al.*, 1995, p.1). Seguindo Kobiyama (2003) o termo florestas ou matas ripárias são usados para florestas ao longo de curso d'água em regiões onde a floresta cobre as vertentes (interflúvios).

Segundo Guimarães (2013) as florestas ripárias fornecem serviços ecossistêmicos essenciais, tais como regularização dos ciclos hídricos, retenção de sedimentos, filtragem de poluentes, armazenamento de água no solo, sequestro de carbono e estabilização de margens e biodiversidade, conservação da flora e fauna. Como regulador do ciclo hídrico a floresta riparia tampona as enchentes através da manutenção do lençol freático no continuum solo -planta -atmosfera e através da percolação, infiltração, drenagem e evaporação. A floresta riparia protege o ecossistema aquático tamponando o processo erosivo e a lixiviação de poluentes como mostra a figura 11.

Figura 11 - Diagrama esquemático do ciclo hidrológico em uma floresta ripária



Fonte: Adaptação de Gold *et al.*, 1996.

As florestas urbanas teriam especial função de manutenção dos rios urbanos que são tributários de muitos outros em uma bacia hidrográfica. São necessárias estratégias de recuperação para mitigar o impacto ambiental e reestabelecimento dos serviços ecossistêmicos. Sweeney *et al.* (2002) afirma que o restabelecimento da mata ciliar pode ser considerado a melhor prática de manejo para restaurar os ecossistemas de córregos e rios a um estado quase natural e ser uma barreira para contaminantes, para que estes não cheguem às águas. Para os autores é preciso estabelecer um número suficiente de árvores para criar condições de floresta ao longo do córrego da forma mais rápida, eficiente e econômica possível.

Para recuperar a floresta ripária é necessário a observância dos sistemas de zoneamento funcional (Lowrance *et al.*, 1995, p.1), no qual em cada zona a vegetação cumpre funções ecossistêmicas diferentes. A junção das diferentes funções desempenhadas pela vegetação de cada zona permite que a floresta ripária cumpra seu papel ecossistêmico e tenha efeitos benéficos na estabilidade das

margens, diversidade biológica e temperatura da água dos riachos e redução da poluição difusa dos campos agrícolas (Lowrance *et al.*, 1995, p.1).

A zona tampão tradicional da floresta ribeirinha consiste em três zonas. A primeira zona é de floresta não manejada ao longo da margem do córrego, deixada sem manejo para fornecer sombra e grandes detritos lenhosos ao riacho. A segunda zona consiste em floresta que é manejada como um sumidouro de nutrientes com colheitas sistemáticas para remover árvores. A terceira zona consiste em uma faixa de filtro de grama e/ou grama que intercepta a areia, retarda o escoamento superficial geralmente concentrado dos campos adjacentes e o espalha sobre uma frente mais ampla para se mover mais lentamente através do tampão ripário (SHULTZ *et al.*, 2004).

Segundo Lowrance et al. (1995) O sistema denominado “Sistemas Tampão de Mata Riparia” é dividido em três zonas (figura 12), cada uma com funções específicas:

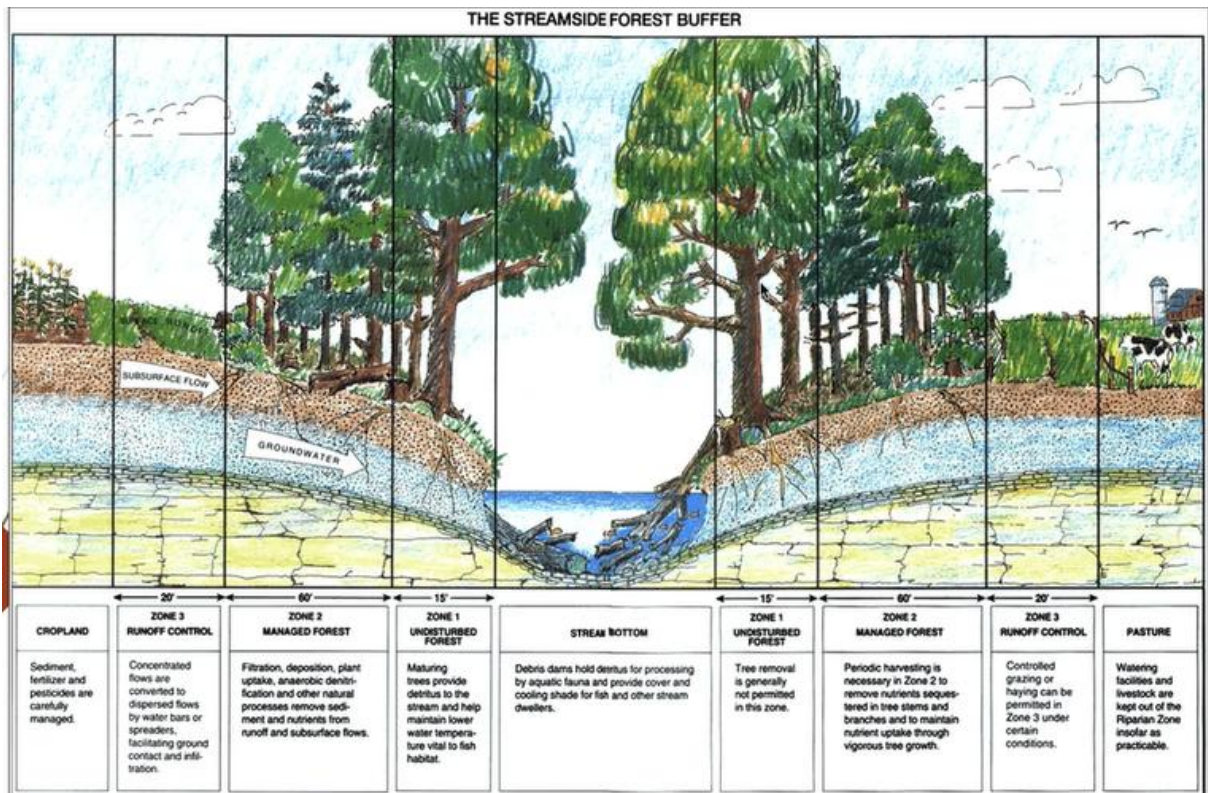
- A Zona 1 é constituída por vegetação lenhosa permanente imediatamente adjacente à margem do curso d'água e tem por objetivo manter a integridade da margem do córrego e um habitat favorável para organismos aquáticos. A sombra e a serapilheira fornecidas pela vegetação ribeirinha têm influência direta na temperatura da água e nos produtos químicos dissolvidos.
- A Zona 2 é uma floresta manejada ocupando uma faixa ascendente da Zona 1. A principal função da Zona 2 é bloquear o transporte de sedimentos e produtos químicos das áreas montanhosas para a zona úmida adjacente ou ecossistema aquático. A vegetação e a serapilheira nessas zonas formam uma barreira mecânica ao transporte de sedimentos. As raízes das plantas absorvem os produtos químicos que ficam presos na biomassa em crescimento. A vegetação também produz matéria orgânica que promove processos químicos e biológicos que imobilizam ou transformam poluentes. Embora a maioria das funções da Zona 2 também ocorra na Zona 1.
- A Zona 3 é uma faixa de filtro herbáceo ascendente da Zona 2. Os propósitos primários da Zona são remover sedimentos do escoamento superficial e converter o fluxo canalizado em fluxo plano.

Na figura 12 a seguir pode-se observar o esquema de uma floresta ripária com seu zoneamento (figura 12A), uma área onde aconteceu o

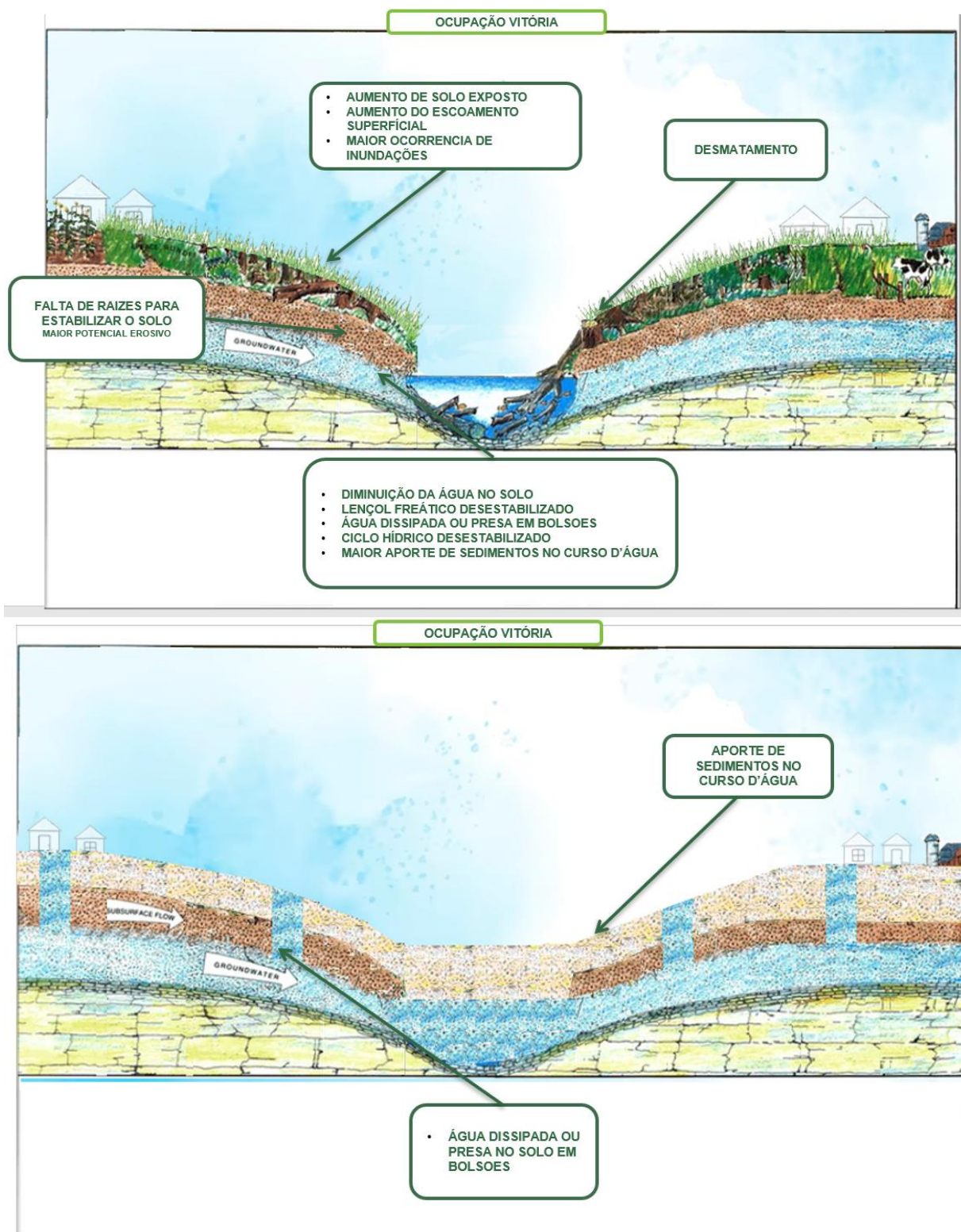
desmatamento da floresta riária, como ocorrido na ocupação Vitória (figura 12B) e o agravamento do impacto ambiental decorrente do desmatamento da floresta ripária (figura 12C).

Figura 12 - Esquema do zoneamento de uma floresta ripária

A



C



Fonte: Lowrance, 1995, editado pela autora, 2023.

Para que haja a execução da recuperação das matas ripárias, áreas degradadas e nascentes é importante compreender o processo de urbanização que aconteceu no

Brasil e suas consequências nocivas ao meio ambiente.

2.5 O processo de urbanização no Brasil

A cidade, planejada ou de crescimento espontâneo, passa por transformações ao longo do tempo. De acordo com Pereira Costa *et al.* (2019), a forma da cidade contemporânea contém resquícios das formas precedentes, derivadas da transformação sucessiva de modelos que se modificam com o passar do tempo. A forma das cidades é também consequência do cenário político, econômico e social, como afirmam Pereira Costa e Gimmler Netto (2015), a forma urbana surge como reflexo das ações políticas, sociais, e econômicas ao longo do tempo e que estes aspectos são relevantes na análise do seu reflexo atual, a paisagem urbana contemporânea.

A cidade contemporânea pode, então, ser compreendida como uma sobreposição de camadas históricas, como afirma Pereira Costa e Gimmler Netto (2015, p. 19) “a forma urbana é consolidada por meio das camadas históricas sobrepostas”.

No Brasil, o processo de industrialização no século XX trouxe uma rápida urbanização e grande perda do padrão de qualidade urbanística de forma geral. Harvey (2014) afirma que a cidade tradicional foi morta pelo desenvolvimento capitalista descontrolado, que na busca pelo acúmulo de capital, gera uma expansão do crescimento urbano, sem considerar as consequências ambientais, sociais e políticas.

O Brasil passou por um processo de urbanização e industrialização acelerado no século XX, que produziu impactos ambientais nas cidades que são sentidos cada vez, devido à falta de planejamento e aceleração do processo das mudanças climáticas. Em seu estudo Moraes (2011) destaca que avanço acelerado da urbanização nos países em desenvolvimento provoca um agravamento cada vez maior da problemática ambiental, pois, muitas cidades crescem sem um planejamento adequado. Há várias mudanças geradas pelo processo de urbanização.

Todas as mudanças sociais ambientais e econômicas, refletem diretamente na qualidade de vida da população. Entre as mudanças ambientais observadas em cidades com climas tropicais, decorrentes do processo de urbanização, Assis e Frota

(1999) citam o aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade, o aumento no consumo de energia por resfriamento artificial de edifícios, o aumento da frequência de tempestades e a concentração da poluição do ar e diminuição da ventilação natural. Esses fenômenos podem ser observados na cidade de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais.

2.6 O processo de urbanização de Belo Horizonte e seus recursos naturais

Com as mudanças climáticas e o aumento das chuvas e tempestades, Belo Horizonte é uma cidade que vem sendo atingida com enchentes e alagamentos, devido ao fato de que o Plano Urbano e seu desenho geométrico em forma de grade não considerou o curso natural dos rios e córregos que, em sua maioria na região central, foram canalizados.

Fernandes (2019) define o plano urbanístico inicial como a implantação de uma grade geométrica rígida e afirma que para que o projeto fosse executado, foi necessária uma transformação paisagística, onde houve uma extensa manipulação do solo que envolveu a canalização de cursos de água e drásticas terraplenagens.

“Belo Horizonte é um caso emblemático de novo planejamento e construção de cidades no Brasil. Foi planejada e construída na transição para século XX, concebida para ser a capital da província de Minas Gerais em substituição à anterior capital Ouro Preto.” (FERNANDES, 2019, p. 14).

A capital mineira é a sexta cidade mais populosa do Brasil e a mais populosa do Estado de Minas Gerais, com população de aproximadamente 2.521.564 de habitantes, de acordo com dados de 2020 do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A área territorial do município é de 331,354 km² (IBGE, 2020), a densidade demográfica em 2020 foi 7.167,00 hab/km² (IBGE, 2020) e seu produto interno bruto em 2020 foi de R\$ 36.759,66 (IBGE, 2020).

Belo Horizonte foi fundada em 12 de dezembro de 1897 e segundo Fernandes (2019) a cidade estendeu seu território por meio da inauguração de novas manchas distantes do tecido existente, em vez de uma expansão horizontal contínua. “Em todos esses ‘saltos’, o modus operandi da urbanização foi reinventado em termos de práticas e formas por meio de ações do Estado, operações do mercado imobiliário ou de seus cidadãos.” (FERNANDES, 2019, p. 16).

Como afirma Fernandes (2019), a inauguração de Belo Horizonte foi marcada pela implantação de uma grade geométrica rígida, criando novos modos de viver em um novo território. Amaral (2015) explica que o plano urbanístico de Aarão Reis definiu a Avenida 17 de Dezembro – atual Avenida do Contorno como limite que separava a Zona Urbana da Zona Suburbana, com o intento de facilitar o recolhimento de impostos locais. No entanto, essa Avenida se destaca como contraponto à lógica positivista do plano. Marca o início das declividades mais acentuadas entre as zonas. “A transformação paisagística necessária à construção desta nova cidade incluiu uma extensa manipulação do solo, que envolve a canalização de cursos de água e drásticas terraplenagens, para além da expulsão da população que anteriormente vivia no local.” (FERNANDES, 2019, p. 16).

Além disso, Fernandes (2019) ainda acrescenta que a desapropriação de terras, os investimentos em infraestrutura realizados e o mercado imobiliário implantado, fizeram com que a nova cidade não fosse acessível a todos, instalando com a nova cidade também novas formas de segregação socioespacial, Zona Urbana classificada por Amaral (2015). Isso fez com que a cidade se expandisse para fora do planejamento original.

Na figura 13 é possível observar o plano sanitário, que posteriormente levaria a canalização dos cursos d'água e plano do traçado geométrico das vias, que hoje corresponde a região do hipercentro do município.

Figura 13 - Evolução do planejamento de Belo Horizonte (1916 -2019)

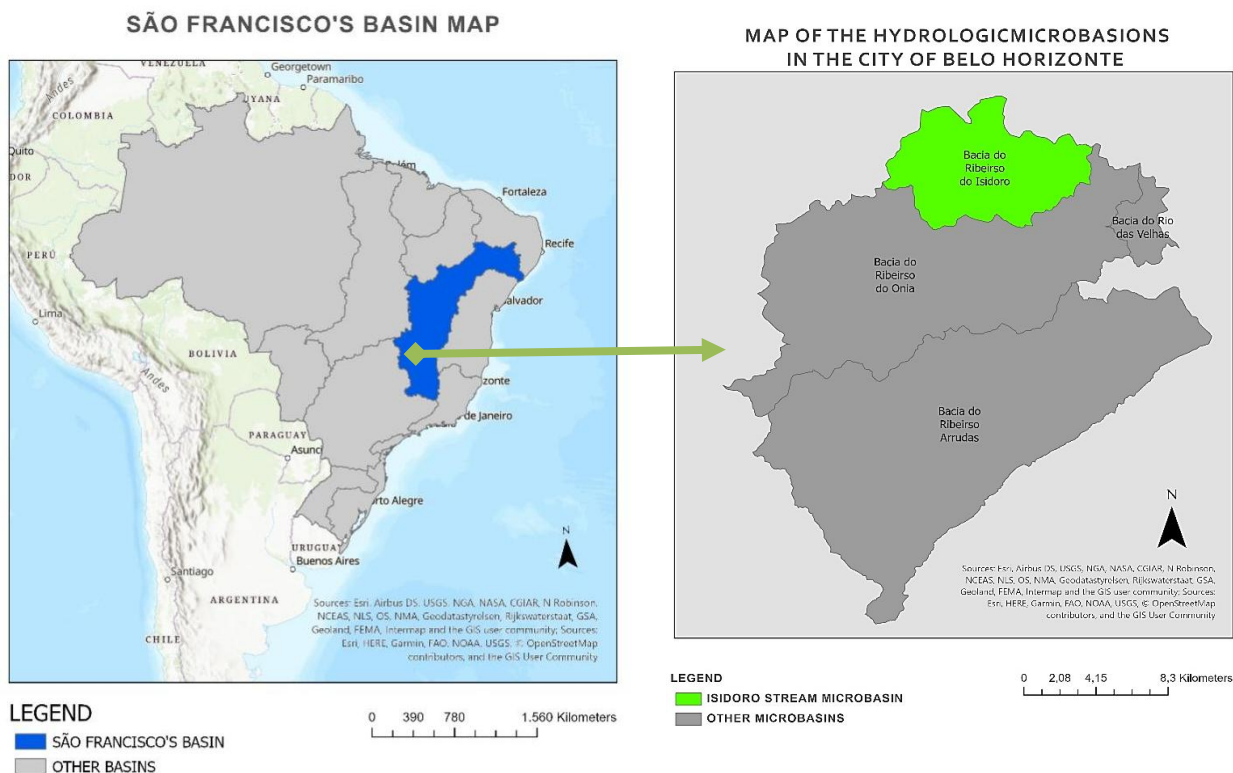


Fonte: Borsagli, 2016 e Prefeitura de Belo Horizonte, 2019. Editado pela autora, 2021.

Há diversas alternativas para enfrentar os problemas ambientais causados pela interrupção dos ciclos hídricos, como aconteceu da capital mineira após o Plano Sanitário de 1916. Uma dessas alternativas é a recuperação dos serviços ecossistêmicos. Amaral (2015) aponta dentre serviços ecossistêmicos a serem preservados figuram a melhoria microclimática, manutenção dos corpos hídricos, drenagem, redução da poluição entre outros. O autor destaca a importância do serviço ecossistêmico da drenagem natural dos solos. Esse serviço ambiental está associado à manutenção dos aquíferos e das bacias hidrográficas.

Belo Horizonte foi construída onde antes havia o povoado Curral Del Rey para ser a nova capital do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte está localizada em três microbacias hidrográficas: do Ribeirão Arrudas, do Ribeirão da Onça e do Ribeirão do Izidoro, que integram a bacia Rio das Velhas que faz parte da macro bacia do Rio São Francisco como mostra a figura 14.

Figura 14 - Bacias Hidrográficas



Fonte: Base de dados BH MAPS. Elaborado pela autora, 2021.

Como descreve Amaral (2015), Belo Horizonte instala-se na base da Serra do Curral

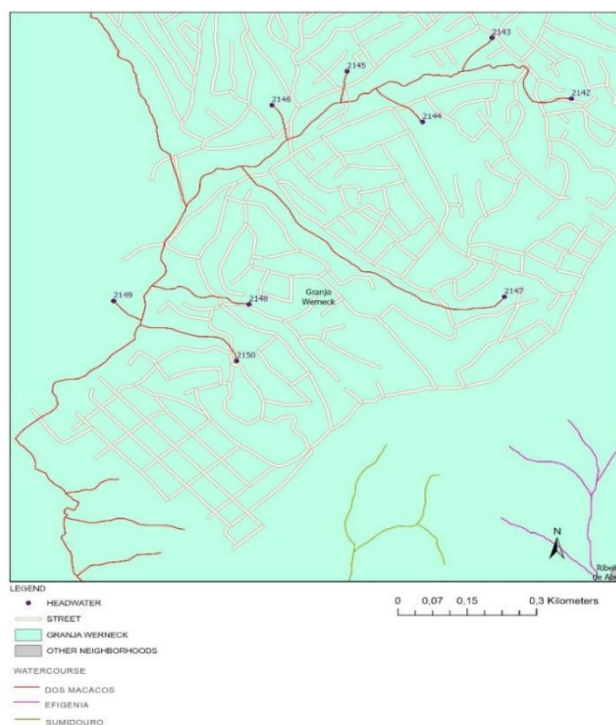
e desenvolve-se ao longo de colinas e cristas esparsas. O autor também descreve que o plano urbano da cidade foi desenvolvido entre duas grandes unidades de relevo com características diversas: a Depressão de Belo Horizonte (complexo Belo Horizonte) e as Serras do Quadrilátero Ferrífero (sequência metassedimentar) e que entre essas duas unidades há uma falha de empurrão, próxima da qual, em uma linha de menor resistência à erosão, se aloja o Ribeirão Arrudas. Além disso, o autor afirma que as unidades de relevo condicionaram à formação de paisagens distintas em Belo Horizonte.

Belo Horizonte está implantada em uma área abundante em nascentes e córregos, no entanto, o Plano Urbano da cidade e seu traçado geométrico ignorou os cursos d'água. Segundo Borsagli (2016) o traçado em forma de grade e o fechamento dos rios e córregos em Belo Horizonte a partir da década de 1920, fez com que eles passassem por meio dos lotes e tornou difícil a presença do seu leito natural, o que é a causa das enchentes frequentes que a cidade é atingida.

Além das enchentes, os cursos d'água também se encontram poluídos, pois, muitos recebem esgoto. Borsagli (2016) chama atenção para o fato de que as obras de fechamento dos córregos foram consideradas pela população como saneamento, pois camuflam a poluição dos rios, que recebem o esgoto da cidade. Faz-se necessário, portanto, conduzir estudos que possam ter aplicação prática, para que a realidade de proteção e preservação dos cursos d'água sejam efetivamente de saneamento e proteção da rede hidrográfica e da população.

É preciso também de um plano para recuperar as nascentes, pois segundo Borsagli (2016) os desmatamentos das nascentes dos rios minaram as nascentes que eram fartas. Tal desvio pode potencializar as inundações. A figura 15 mostra as nascentes catalogadas pela Prefeitura de Belo Horizonte na área de estudo. Existe a possibilidade de haver nascentes não catalogadas. O presente estudo pode contribuir para ampliar o conhecimento sobre os córregos e para a catalogação e proteção das nascentes. Essa catalogação na ocupação vitória, como mostra no mapa, contempla poucas nascentes. Este estudo pretende confirmar e retificar as informações públicas.

Figura 15 - Nascentes cadastradas pela Prefeitura de Belo Horizonte



Fonte: Base de dados BH MAPS. Elaborado pela autora, 2021.

O poder público trata o “problema das águas urbanas” sem dar uma solução verdadeira. Todos os anos faz obras para conter as enchentes, mas os problemas continuam. Em 2020 Belo Horizonte teve o mês mais chuvoso de sua história, como afirma o site Climatempo (2020) “O total de chuva acumulada em janeiro de 2020, em 29 dias, foi de 932,3 mm, que a é o recorde histórico mensal em 110 anos de medições, desde 1910”. O volume de chuvas somado a impermeabilização solo e a canalização dos rios fez com que a cidade enfrentasse alagamentos constantes durante este período.

Dada a importância e necessidade de se verificar a influência da vegetação (floresta) sobre o ciclo hidrológico [...] e demonstra a necessidade de mais estudos sobre a relação destes fatores em nossas florestas, pois apesar do que já se sabe, sobre a Influência da vegetação sobre o ciclo hidrológico em bacias hidrográficas, cada situação tem suas particularidades que devem ser levadas em conta no momento de se executar qualquer intervenção. (BALBINOT, 2008, p. 145)

Uma das estratégias para minimizar os problemas de inundação se relaciona com a vegetação. O manejo da vegetação pode ser um aliado do planejamento urbano para estratégias de drenagem onde a própria vegetação maximize a porcentagem

de água retida no solo, o que pode evitar alagamentos. Para entender o papel da vegetação, é preciso conduzir mais estudos, pois, cada estratégia adotada depende de uma série de variáveis particulares da região estudada. “O projeto urbano sensível ao clima envolve a criação de ambientes urbanos termicamente confortáveis, atraentes e sustentáveis ao realçar características naturais por meio da arquitetura, do planejamento e do projeto paisagístico” (CRC *for water sensitive cities*, 2015, p.3). Nesta perspectiva, além do aspecto paisagístico as áreas bem drenadas favorecem o conforto e qualidade sanitária ambiental.

2.6.1 Plano diretor de Belo Horizonte

No dia 8 de agosto de 2019 foi aprovada na Câmara Municipal a Lei nº 11.181, que aprova o Plano Diretor de Belo Horizonte. O artigo Art. 1º descreve o Plano Diretor como instrumento básico da política urbana do Município, que contém as normas fundamentais de ordenamento da cidade para o cumprimento da função social da propriedade urbana, em consonância com o disposto no Estatuto da Cidade (BELO HORIZONTE, 2019, p. 1).

O parágrafo 1º do Art. 1 descreve que a política urbana do Município contempla questões vinculadas à estrutura urbana, ao desenvolvimento urbano, ao meio ambiente, à habitação, ao patrimônio cultural e urbano e à mobilidade urbana bem como ao tratamento dos espaços públicos e privados (BELO HORIZONTE, 2019, p. 1).

O parágrafo 2º do Art. 1 descreve a utilização dos seguintes instrumentos para a realização da política urbana: normas de ordenamento do desenvolvimento urbano e ambiental voltadas a uma configuração espacial compacta, racional e eficiente da cidade; regras gerais e especiais de parcelamento, ocupação e uso do solo e de desenho urbano e diretrizes para a aplicação dos instrumentos de política urbana (BELO HORIZONTE, 2019, p. 1).

O plano diretor de Belo Horizonte classifica as zonas de preservação ambiental como:

Art. 93 - São classificadas como zonas de preservação ambiental porções do território municipal cuja possibilidade de ocupação sofre restrições em decorrência da presença de atributos ambientais e paisagísticos relevantes, da necessidade de preservação do patrimônio histórico, cultural, arqueológico, natural ou paisagístico,

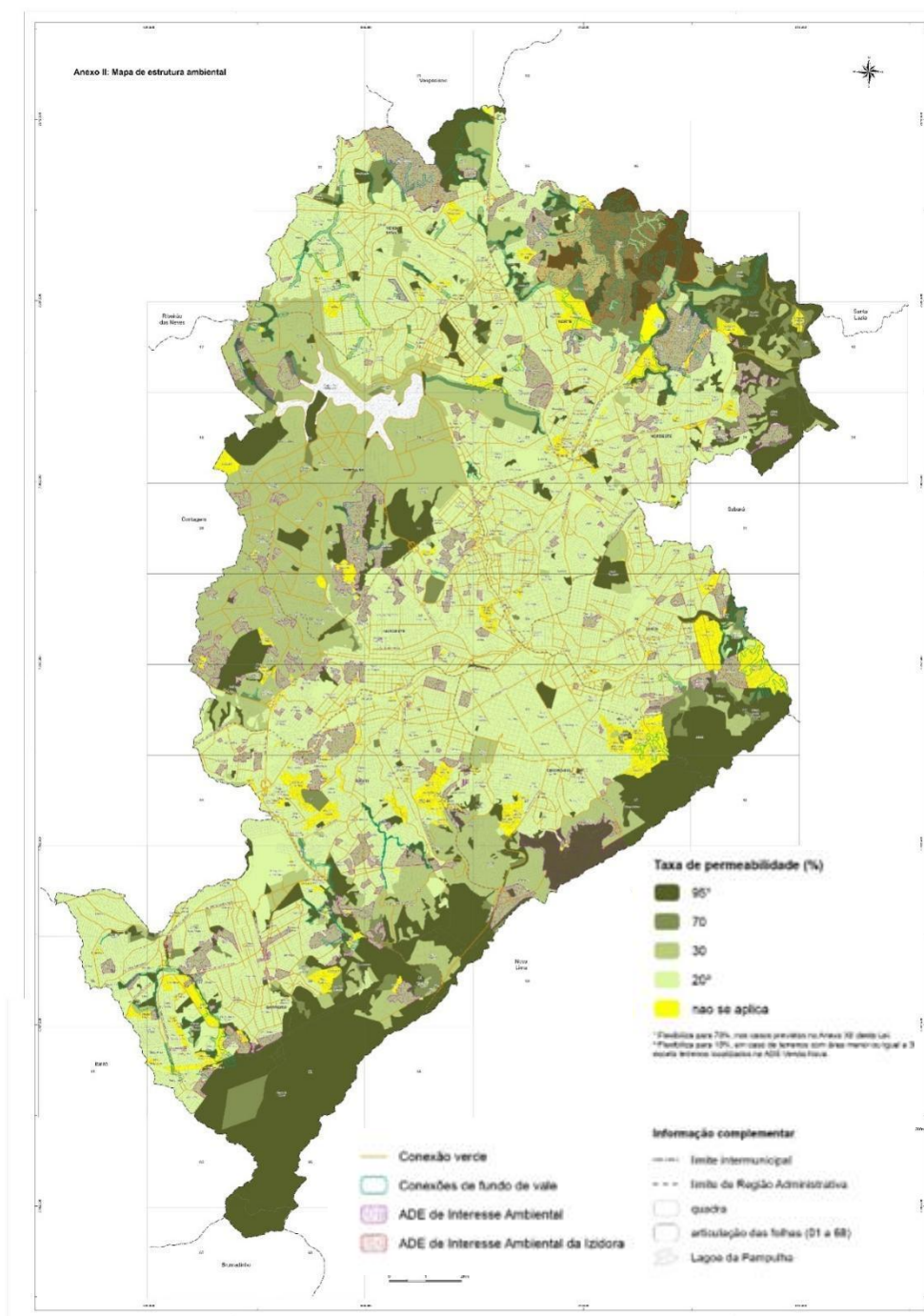
da amenização de situações de risco geológico ou da necessidade de recuperação de sua qualidade ambiental. (BELO HORIZONTE, 2019, p. 30)

As zonas de preservação ambiental são classificadas como PA-1, PA-2 e PA-3, de acordo com a relevância ambiental que possuem. PA-1 sendo as áreas com maior proteção. Os parques do Município são classificados como PA-1. Outra característica para definição do grau de proteção da área é a possibilidade de compatibilização de seus atributos ambientais relevantes com a ocupação edilícia e o exercício de atividades (BELO HORIZONTE, 2019, p. 30).

O Plano Diretor de Belo Horizonte classifica como “AEIs de Interesse Ambiental” as porções do território municipal subutilizadas, desocupadas ou predominantemente desocupadas, dotadas de elementos ambientais relevantes, nas quais é possível a compatibilização entre a proteção de atributos naturais e paisagísticos, a geração de espaços públicos de lazer, a implantação de EUC e a produção de empreendimentos de interesse social.

Para que seja delimitada uma “AEI de Interesse Ambiental” a área precisa ter os seguintes critérios: presença de atributos ambientais relevantes a serem preservados, em conciliação com as áreas edificáveis e inserção total ou parcial da área em zonas de preservação ambiental, bem como em áreas demarcadas como ADE de Interesse Ambiental ou como conexão verde de fundo de vale. (BELO HORIZONTE, 2019, p. 33), A figura 16 apresenta a estrutura ambiental de Belo Horizonte.

Figura 16 - Estrutura Ambiental de Belo Horizonte



Fonte: Belo Horizonte, 2019.

Para preservação e requalificação do meio ambiente, o plano diretor de Belo Horizonte apresenta a estratégia de conexões ambientais. O Art. 112 do plano diretor classifica como áreas de conexões ambientais

as porções do território municipal predominantemente lineares, cuja delimitação tem como objetivo a conformação de uma rede de

qualificação ambiental voltada para a proteção de cursos d'água e nascentes e prevenção de processos erosivos, bem como para a disponibilização de áreas vegetadas e permeáveis e espaços propícios ao exercício de atividades de esporte e lazer. (BELO HORIZONTE, 2019, p. 35)

O objetivo das conexões ambientais é a recuperação de atributos naturais, de forma a mitigar impactos derivados de perda de áreas permeáveis, da carência de vegetação e de interferências danosas a cursos d'água, dentre outras consequências da urbanização e ocupação do solo. (BELO HORIZONTE, 2019, p. 35). Como estratégias para a efetivação dos objetivos das áreas de conexões ambientais, são previstas a definição de parâmetros urbanísticos específicos e a execução de obras públicas comprometidas com a qualificação ambiental, especialmente no que diz respeito à proteção de cursos d'água e à conformação de corredores verdes, conforme apresentado no parágrafo terceiro do antigo O Art. 112 do plano diretor de Belo Horizonte. (BELO HORIZONTE, 2019, p. 35)

As conexões ambientais são divididas em duas (figura 17), conforme suas características: as conexões verdes e as conexões de fundo de vales. Segundo o Art. 198, as Conexões Verdes são “vias que interligam zonas de preservação ambiental e áreas de diretrizes especiais ambientais, visando à melhoria da arborização urbana e à formação de corredores ecológicos.” (BELO HORIZONTE, 2019, p. 57).

O Art. 198 define as conexões de fundo de vale como:

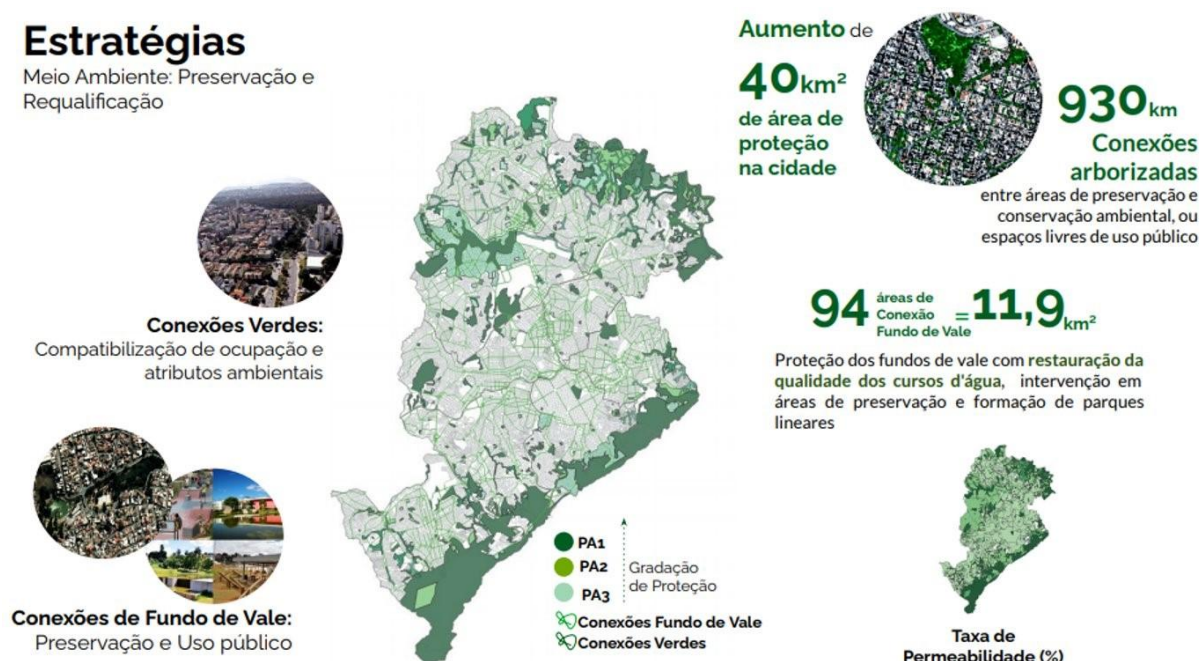
Fundos de vale onde há necessidade de saneamento ambiental amplo, visando à restauração da qualidade dos cursos d'água, à necessidade de contenção de cheias, à recuperação de ambientes hídricos e à intervenção em áreas de preservação permanente, de forma a viabilizar a implantação de parques lineares. (BELO HORIZONTE, 2019, p. 30)

O parágrafo 1º do Art. 198 do plano diretor ainda alerta que é vedado o tamponamento de córregos em áreas de conexões de fundo de vale, devendo ser evitada a canalização e priorizada sua manutenção em leito natural com áreas adjacentes dedicadas à preservação ambiental. (BELO HORIZONTE, 2019, p. 57). Para isso deve-se também observar a taxa de permeabilidade do solo (figura 18).

Figura 17 - Estratégias: Meio Ambiente, Preservação e Requalificação

Estratégias

Meio Ambiente: Preservação e Requalificação

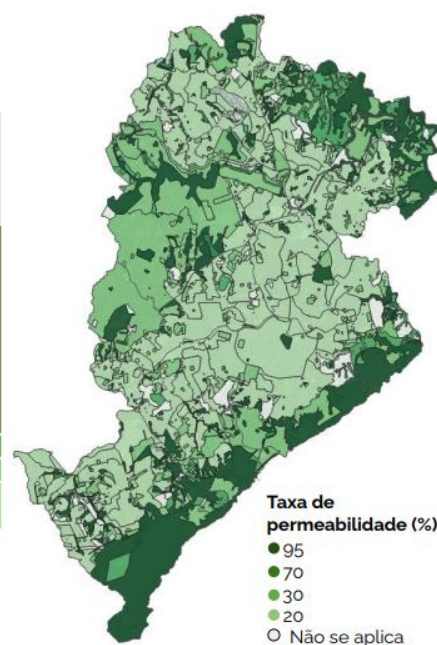


Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2019.

Figura 18 - Taxa de Ocupação e Taxa de Permeabilidade

10. TO e TP

TP mínima	TO máxima	Observações
95%	3%	Nas porções territoriais com TP de 95%, a TP pode ser flexibilizada para 70% e a TO para 25%, condicionado à anuência prévia do Comam, e aplicável a: a) terrenos de propriedade privada; b) terrenos públicos voltados à implantação de edificações e instalações destinadas a equipamentos de cultura, lazer e esportes e às instalações necessárias a serviço de apoio e manutenção das áreas.
70%	25%	
30%	60%	
20%	80%	Em terrenos com área menor ou igual a 360,0 m ² são admitidas TP de 10% e TO de 80%.



Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2019.

Do artigo 186 até o artigo 192 do Plano diretor de Belo Horizonte é dedicado à ADE de interesse ambiental do Izidora, região onde é localizada a Ocupação Vitória. As ADEs de Interesse Ambiental são definidas de acordo com Plano Diretor como as áreas nas quais existe interesse público na preservação ambiental, em decorrência

da presença de atributos ambientais relevantes ou da necessidade de qualificação ambiental das unidades de vizinhança, a ser incentivada por meio de mecanismos previstos na legislação municipal (Belo Horizonte, 2019, p. 53). Para tanto foram elaboradas diretrizes específicas para a região do Izidora. A diretrizes para a área foram resumidas na tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Resumo ADE de Interesse Ambiental da Izidora no Plano Diretor Municipal

ADE de Interesse Ambiental da Izidora	
Art. 186	Conciliação do parcelamento, da ocupação e do uso do solo com a preservação dos atributos ambientais e culturais relevantes da região, bem como a organização do perímetro predominantemente desocupado para que a extensão do tecido urbano ao local ocorra com qualidade ambiental e diversidade socioeconômica.
Art. 187	O parcelamento do solo somente pode ser feito por meio da modalidade de parcelamento vinculado.
Art. 187 § 1º	No parcelamento das áreas lindeiras aos principais cursos d'água, em especial do Ribeirão do Isidoro, do Córrego dos Macacos e do Córrego da Terra Vermelha, deve ser prevista a implantação de Elups destinadas a atividades de lazer, preservação e requalificação ambiental.
Art. 187 § 4º	Todos os cursos d'água da ADE de Interesse Ambiental da Izidora devem ser mantidos em leito natural, ressalvadas as transposições do sistema de circulação quando não houver alternativa tecnicamente viável, devendo ser evitadas, em todos os casos, as movimentações de terra junto a eles.
Art. 187 § 5º	Os parques e reservas particulares ecológicas serão delimitados, integral ou parcialmente, por vias públicas, de forma a garantir a visualização e o acesso a eles a partir do espaço público. Executivo pode exigir a implantação de rede elétrica, de telefonia ou similar no subsolo, de forma a evitar o impacto da fiação aérea na paisagem
Art. 188 § 1º	Os lotes inseridos em PA-1, bem como os lotes destinados a espaços livres de uso público, reservas particulares ecológicas e equipamentos urbanos e comunitários em qualquer zoneamento.
Art. 189	A implantação de empreendimento de interesse social, o proprietário poderá optar pela adoção dos parâmetros de parcelamento e ocupação do solo previstos para as Aeis de Interesse Ambiental.
Art. 190	Em todas as vias classificadas como locais, mistas ou de pedestres situadas na ADE de Interesse Ambiental da Izidora, deve ser implantado calçamento intertravado de paralelepípedo, ou outro que garanta a permeabilidade da via, e que seja adequado às características do solo local.
Art. 191	Somente podem ser adotadas espécies arbóreas da flora nativa local.
Art. 192	Pode ser exigida pelo Executivo a utilização de sistema de aproveitamento de energia solar e de reaproveitamento de água, conforme dispuser regulamento.

Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2019.

Como apresentado na tabela 1, a ADE do Izidora é direcionada a preservação das áreas verde, dos recursos naturais e dos cursos d'água. Cabe ressaltar algumas medidas como: unicamente a adoção de espécies nativas, calçamento intertravado para manter a permeabilidade e os cursos d'água deve ser mantidos no leito natural. Essas diretrizes são importantes para que o desenvolvimento da área seja respeitando as características específicas da região com o menor impacto possível no meio ambiente. Contudo, nas áreas de ocupações urbanas espontâneas e favelas, que são marcadas pela autoconstrução e pela invasão de terrenos, essas medidas não são cumpridas. A chamada “cidade informal” tem uma realidade muito diferente dos grandes centros urbanos, apesar de sua proximidade.

2.7 A cidade informal: desmatamento e perda dos serviços ecossistêmicos com o processo de urbanização

Mesmo uma cidade planejada como Belo Horizonte, apresenta diversos problemas relacionados à infraestrutura urbana, como acontece em várias cidades do Brasil. A cidade planejada, também conhecida como cidade formal, é onde estão disponíveis a maior quantidade de serviços e comércio, infraestrutura, água encanada, saneamento, pavimentação e energia elétrica.

À parte da cidade formal, encontram-se os aglomerados, vilas, favelas e ocupações onde a população de baixa renda ocupa áreas de menor interesse do mercado imobiliárias, como encostas de morros e áreas de preservação ambiental. a favela é fruto da desigualdade social estrutural, da especulação imobiliária e da falta de políticas de habitação para as camadas populares. Assumindo assim formas espontâneas e imprevisíveis, tendo sua lógica própria de ocupação, expansão e crescimento (Amstel, 2018, p.1).

São nesses lugares, frequentemente de risco, onde a população constrói suas casas, na maioria das vezes sem um projeto elaborado por profissionais da construção civil, como arquitetos e engenheiros. A autoconstrução é uma prática comum e uma realidade constante nas cidades brasileiras.

Não é difícil perceber que a população urbana sem acesso ao mercado imobiliário formal ou aos programas habitacionais governamentais responde (ou busca responder) às suas

necessidades de moradia com seus próprios recursos técnicos e financeiros, ocupando e construindo de forma precária, nas periferias urbanas, nas áreas de menor interesse para o mercado imobiliário, frequentemente nas encostas e alagados, em áreas de proteção ambiental ou de risco e (por tudo isso mesmo) de difícil ocupação e urbanização, onde muitas vezes a infraestrutura só foi conquistada com forte pressão social e/ou clientelismo político-eleitoral (FERRAZ DE SÁ *et al.*, 2009, p. 28)

A ocupação destes locais é acompanhada pelo desmatamento de florestas e morros, resultando em várias consequências severas para o meio ambiente, como: a perda da água, assoreamento dos rios, aumento das ilhas de calor, deslizamentos de terra, inundações e perda dos serviços ecossistêmicos. Aos pobres, restam as periferias ou as áreas impróprias para a ocupação, inclusive aquelas declaradas como de proteção ambiental. (Linda et al. 2018, p. 16).

Amstel (2018) afirma que as áreas de favela e ocupações se caracterizam como áreas ambientalmente delicadas e socialmente complexas, que enfrentam diversos problemas, como a ameaça às áreas verdes remanescentes e poluição visual e dos cursos d'água, além de da violência e criminalidade. Na Ocupação Vitória o cenário não foi diferente, como afirma Souza (2021):

Na área do Isidoro as alterações importantes entre os anos 2012 e 2017 corresponderam ao aumento das Áreas Construídas (+119 ha; 410%), redução de áreas de Floresta Estacional Semidecidual (-54 ha), correspondendo a 9% de perda florestal, e de Vegetação Campestre (-64 ha), que representou perda de 19% [...] As Áreas de Preservação Permanente (APPs) totalizam 155 ha e 567 ha, havendo uma redução de Floresta Estacional Semidecidual (-6 ha; 7%) e Vegetação campestre (- 8 ha; 14%) localizadas nestas faixas, que corresponderam a um aumento de Áreas Construídas (+14 ha; 450%). (SOUZA *et al.*, 2021, p. 164 e 166)

A cidade foi se transformando em decorrência de forças e interesses variados. "Ela deixava habitar, permitia que os cidadãos-cidadãos habitassem" (LEFEBVRE, 1968, p. 18). Atualmente, nem todas as esferas da população conseguem habitar a cidade com seus direitos básicos de cidadãos e assistência do Estado. Ferraz de Sá *et al.* (2009) afirma em sua pesquisa que a grande maioria da população da cidade informal não participa dos sistemas de financiamento de moradia promovidos ou controlados pelo Estado. A oferta de moradias é muito pequena para acomodar a população sem superlotação e não condiz com a capacidade imediata das pessoas envolvidas de pagar por ela. Este fato deve-se ao contexto histórico da formação

das cidades brasileiras.

Vaz (1998) afirma que para analisar os sistemas de moradia atuais por uma perspectiva histórica deve-se ser considerada a questão da habitação nos tempos modernos, pois, a modernidade trouxe desafios à cidade e à sociedade que vão desde a utilização de novas técnicas e novos materiais desenvolvidos pela Revolução Industrial até a criação de condições de vida e de moradia nas cidades em desenvolvimento, que gerou uma crise de moradia e da crise sanitária, devido à insalubridade e o adensamento das habitações coletivas populares.

Como solução para esse problema, segundo Ferraz de Sá *et al.* (2009) foram construídas pelo poder público avenidas e vilas de casas consideradas higiênicas para trabalhadores, as quais eram inacessíveis para seus destinatários originais por seus altos custos e foram ocupadas por outras esferas da sociedade, o que fez com que antigos moradores passassem a habitar as pequenas casas no entorno do centro ou migrassem para as emergentes favelas, quando ocorreu o surgimento da nova forma ocupação urbana conhecida como cidade informal e a autoconstrução.

Fernandes (2006) afirma que dezenas de milhões de brasileiros não têm tido acesso ao solo urbano e à moradia, senão através de processos e mecanismos informais – e ilegais. Rolnik (2011) destaca que as estimativas realizadas pelo Ministério das Cidades, a partir de cruzamentos de dados censitários indicam que mais de 12 milhões de domicílios, habitados por famílias com renda mensal de até 5 salários mínimos estão nesta condição.

A população que vive na cidade informal está exposta à crescente violência, criminalidade e ilegalidade pela falta de controle do poder público, além de não ter acesso aos serviços básicos de educação, saúde e saneamento.

A presença desse vasto contingente de assentamentos inseridos de forma ambígua na cidade é uma das mais poderosas engrenagens da máquina de exclusão territorial que bloqueia o acesso aos mais pobres às oportunidades econômicas e de desenvolvimento humano que as cidades oferecem. Além disso, alimenta de forma permanente relações políticas marcadas pela troca de favores e manutenção de clientelas, limitando o pleno desenvolvimento de uma democracia verdadeiramente incluyente. Finalmente, o modelo condena a cidade, como um todo, a um padrão insustentável, do ponto de vista ambiental e econômico, já que impõe perdas ambientais e externalidades para o conjunto da cidade muito difíceis de recuperar. (ROLNIK, 2011, p. 9)

A população que vive na cidade informal se organiza em lideranças locais como

associações e podem ou não ter apoio político para reivindicar sua permanência nas áreas ocupadas e seus direitos. Harvey (2014) afirma que apesar da luta das classes de base urbana ser extraordinária, o poder político procura reorganizar a vida urbana de forma a manter as populações insatisfeitas sob controle.

Na Ocupação Izidora além das associações comunitárias existe a Rede Resiste Izidora, que foi formada em 2013, (Souza *et al.* 2021) e é composta por grupos de pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas) e do Centro Universitário UNA. Um questionamento apresentado é “É possível compatibilizar a recuperação dos serviços ecossistêmicos com a urbanização da cidade não planejada e das ocupações urbanas?” Há muitos desafios para que isso aconteça, é um trabalho de várias esferas da sociedade, como o corpo técnico, universidades, poder público, empresas privadas e a comunidade local.

2.8 O processo de urbanização da região do Izidora

De acordo com Castriota *et al.* (2017) as favelas e loteamentos periféricos em Belo Horizonte são marcados pela homogênea precariedade das condições socioambientais e pela exclusão, formando a chamada urbanização incompleta, onde sempre falta uma parte, que pode ser omitida ou negada pela perversidade das relações de custo/benefício, onde a paisagem arquitetônica resultante incorpora diferentes tipologias habitacionais, que variam conforme a renda do morador e os agentes envolvidos na produção do espaço, que gera insegurança em relação à posse ou permanência na terra. Neste contexto, o processo de urbanização na região do Izidora que deu origem as ocupações Vitória, Rosa Leão e Esperança foi diferenciado de outras ocupações no território brasileiro por contar com o apoio de universidades e ONGs de Belo Horizonte, como afirma Souza *et al.*, 2021:

Apesar da precariedade, as ocupações Dandara e Izidora recebem apoio técnico das algumas universidades de Belo Horizonte e ONGs que auxiliam na disposição e construção das casas e no traçado do arruamento com o intuito de melhorar a qualidade de vida desses moradores (Souza *et al.*, p.93, 2021)

Na figura 19 demonstra através de imagem de satélites como aconteceu a evolução da ocupação do solo na área correspondente a Granja Werneck desde 1985 e 2022.

Até o ano de 2013, que foi quando se deu o início da ocupação urbana, a área era predominantemente uma mancha verde, correspondente à um extrato do bioma Mata Atlântica. Desde 2014 é possível observar o rápido crescimento da ocupação e consequente desmatamento, perda da vegetação nativa e aumento do solo exposto.

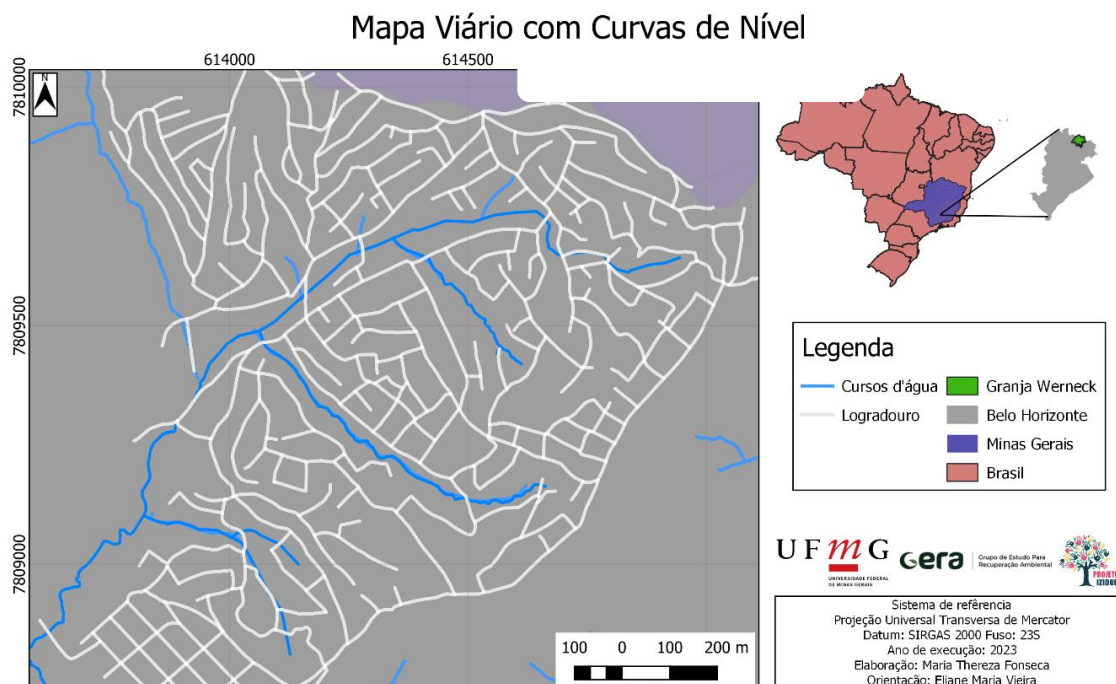
Figura 19 - Evolução da Ocupação do solo na Granja Werneck



Fonte: Google Earth editado pela autora, 2023.

A figura 20 mostra o traçado das vias na Ocupação Vitória. As vias não seguem o formato de grelha ou o formato geométrico rígido, utilizado no planejamento do traçado de muitas cidades. As vias estão dispostas de forma irregular, com algumas ruas e avenidas paralelas aos cursos d'água. Segundo Castriota et al. (2017) os assentamentos irregulares espontâneos de Belo Horizonte trazem consigo uma dupla carga negativa; primeiramente a falta de qualidade urbanística-arquitetônica e s fora de controle, a ameaça da consolidação do projeto de cidade de alta qualidade sanitária-ambiental.

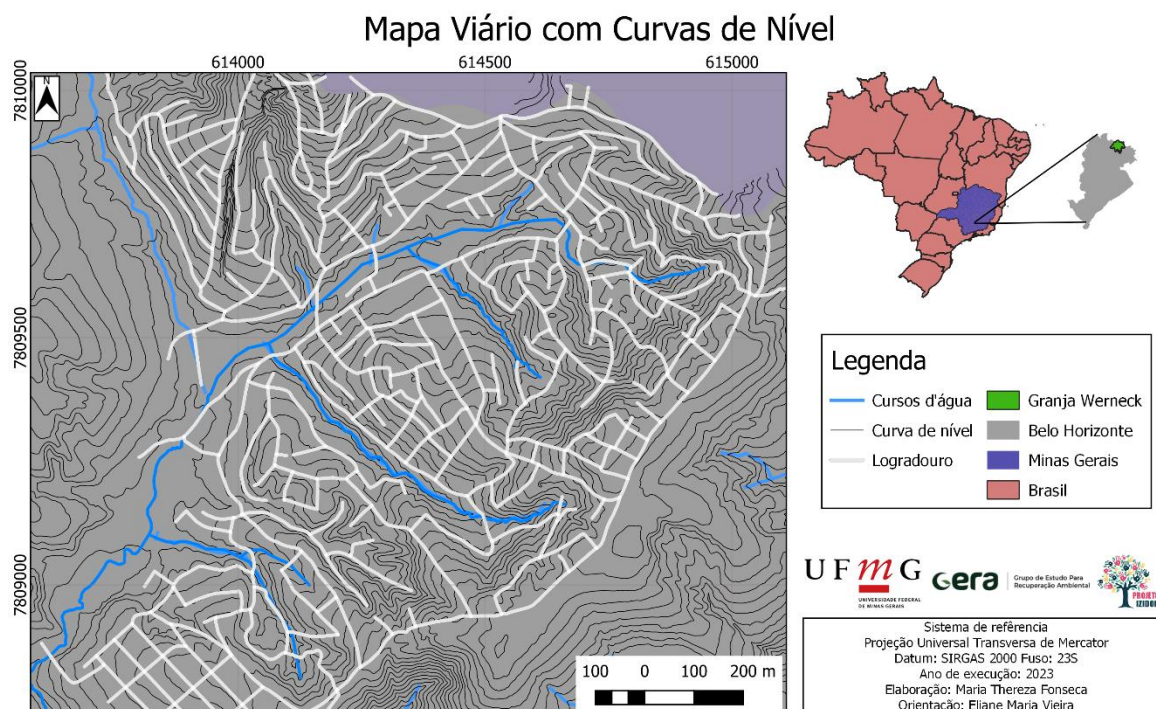
Figura 20 - Mapa Viário da Ocupação Vitória



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Na figura 21 as curvas foram sobrepostas ao traçado das vias. O intervalo entre as curvas de nível representa uma diferença de 5 metros de altitude. Há uma grande diferença de altitude, algumas vias estão dispostas paralelas às curvas de nível, com menor inclinação. Por outro lado, há vias perpendiculares às curvas de nível, que representam uma grande inclinação. Essa disposição das vias diante as curvas de nível mostra que apesar da ocupação Vitória ter o apoio de ONGs e universidades de Belo Horizonte, a ocupação ainda aconteceu de maneira espontânea do ponto de vista do planejamento urbano. Um aspecto importante abordado por Castriota et al. (2017) é que as políticas e programas habitacionais priorizam o acesso ao terreno e aos materiais de construção, em detrimento do projeto, da melhoria das moradias ou de assessoria técnica, considerados não-essenciais, que encarecem o produto final.

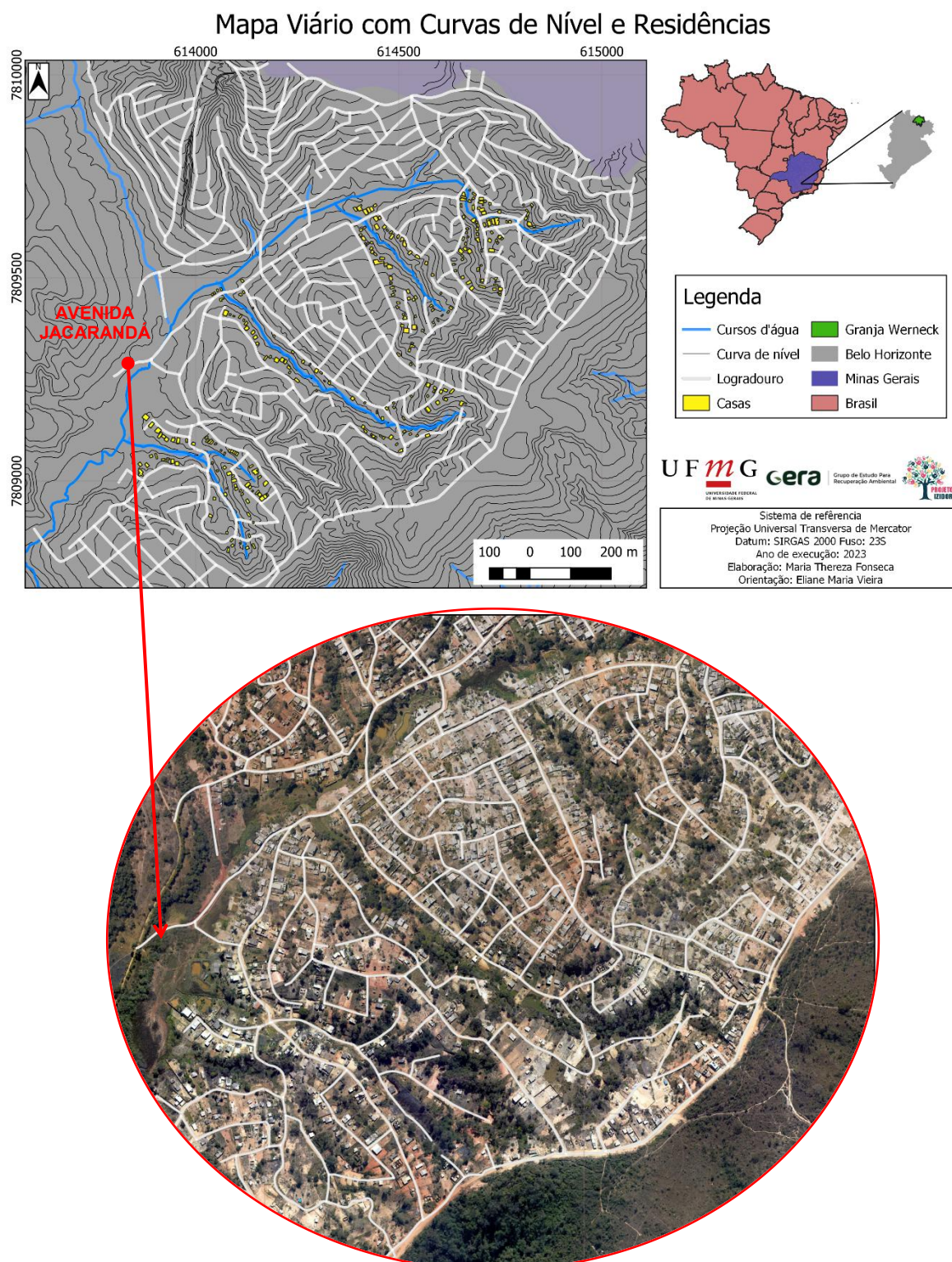
Figura 21 - Mapa Viário com Curvas de Nível na Ocupação Vitória



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Quando as residências da área próxima aos cursos d'água são adicionadas ao mapa viário com as curvas de nível (figura 22) é possível observar a maior concentração de residências nas áreas mais próximas ao córrego dos Macacos, onde é também a área de menor altitude da Ocupação Vitória. A Avenida Jacarandá é a maior via da ocupação e conecta todas as áreas sendo onde há maior concentração de casas e comércio. Está localizada paralelamente ao córrego dos Macacos e na área de menor altitude da Ocupação Vitória. No entanto, as áreas de topo de morro também foram ocupadas. É importante ressaltar que as casas são construídas em uma velocidade muito rápida e em muitos casos, de forma precária. Todos esses fatores combinados expõem a comunidade a riscos de enchentes e deslizamentos, devido ao desmatamento da área.

Figura 22 - Mapa viário com curvas de nível e residências na Ocupação Vitória



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, também conhecida como novo "Código Florestal", estabelece normas gerais sobre a Proteção da Vegetação Nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de Uso Restrito.

Segundo o Código Florestal Brasileiro

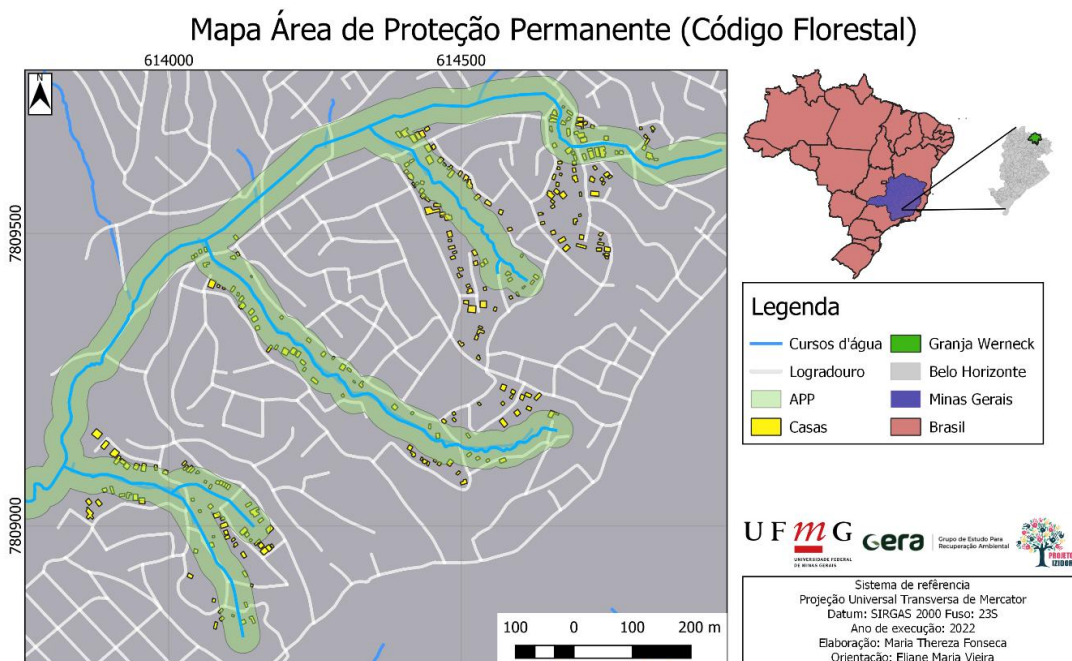
Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: [\(Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012\).](#)

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

Segundo as indicações do Código Florestal Brasileiro a área de proteção permanente é de 30 metros dos cursos d'água por ser um curso d'água com até 10 metro de largura. Considerando as casas mais próximas aos cursos d'água da Ocupação Vitória, a figura 23 apresenta a área de preservação permanente.

Figura 23 - Mapa Área de APP segundo o Código Florestal Brasileiro



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Ainda segundo o Código Florestal poderá haver intervenções em uma área de

proteção Ambiental nas seguintes condições:

Art. 8º A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.

§ 2º 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. (Vide ADC Nº 42) (Vide ADIN Nº 4.903)

A Ocupação Vitória já é uma ocupação consolidada e enquadra-se em regularização fundiária de interesse social de população de baixa renda, portanto, a legislação estadual e municipal pode determinar as condições nas quais serão estabelecidas a moradia da comunidade na área e onde haverá a remoção das famílias.

2.9 Adequação das cidades para a nova realidade

Como apresentado anteriormente as cidades brasileiras passaram por um processo de urbanização acelerado no século XX juntamente com o êxodo rural em várias partes do país. Essa é uma realidade que aconteceu em várias partes do mundo. Vários problemas relacionados a infraestrutura urbana são decorrentes do modelo de cidade que foi implantado e da expansão urbana.

Ao observar a cidade, Montezuma (2020) afirma que: a) sua espacialidade interage com o contexto, com a natureza circundante, com seus habitantes; b) cada cidade é afetada pelas pessoas que a habitam, pelo ambiente, pelos acontecimentos da vida cotidiana, pelas manifestações culturais, sociais, políticas.

A cidade pode ser interpretada como um organismo vivo, sempre em desenvolvimento, também como um ecossistema. Monteiro (2017) afirma que a cidade pode ser concebida como algo 'orgânico', interpretada como um organismo em desenvolvimento ou 'evoluindo' em relação ao seu ambiente.

Como adequar as cidades do século XX para a realidade do século XXI? Uma alternativa pode ser a reflexão de como a cidade pode se tornar, ou ao menos se aproximar, de um sistema autótrofo, o qual é capaz de sobreviver de forma

autônoma, e assim, mitigar o impacto causado no seu entorno e no meio ambiente de forma geral.

O conceito de sustentabilidade está sendo amplamente discutido por vários autores devido as preocupações com a finitude dos recursos e aumento da temperatura da Terra em decorrência da ação humana. Para Montezuma (2021) as preocupações com a finitude do Planeta e dos seres vivos, em função dos desastres ambientais, e que são associados às mudanças climáticas, têm reafirmado o Planeta como um organismo vivo, ele e suas “unidades”, como é o caso de uma cidade.

Boff (2017) define sustentabilidade como o conjunto de ações que se destina a manter a integridade do planeta, a preservação dos ecossistemas, de forma a possibilitar a existência e reprodução da vida, para as presentes e futuras gerações, assim como a continuidade e expansão das potencialidades humanas.

Já para Oliveira Claro (2008) o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

Para Acsehrad (1999) a sustentabilidade é interpretada como um conjunto de matrizes, sendo elas: a matriz da eficiência, da escala, da equidade, da autossuficiência e da ética. Sustentabilidade pode então ser interpretada como a permanência no tempo.

É necessário por tanto, compatibilizar as cidades e torná-las funcionais de acordo com os pilares da sustentabilidade: econômico, social, ambiental e institucional. Para tanto, almeja-se que o desenvolvimento econômico seja conjunto ao desenvolvimento da sociedade, seja na escala de uma comunidade regional ou na macro escala, sem a exclusão da população de baixa renda. É preciso valorizar a população, sua cultura e organização social, como afirma Montezuma (2021) Das investigações sobre a relação entre cidade e natureza, resultou uma classificação analítica que relaciona a cidade e seus habitantes com sua geografia, com a paisagem resultante, com sua história.

O desenvolvimento sustentável é alinhado a proteção e preservação do meio ambiente, ao respeitar a capacidade de carga e a resiliência de cada sistema. Brandão *et al.* (2016) afirma que resiliência no âmbito ambiental se refere à capacidade de um ecossistema reestabelecer seu ponto de equilíbrio, regenerando-se perante algum distúrbio. Já capacidade de carga é definida como a capacidade

do ambiente em absorver atividades humanas, sem que seja comprometido seu estado inicial (Brandão *et al.*, 2016, p. 194).

Para que isso ocorra as instituições precisam agir em parceria com a sociedade civil, de forma a assegurar a implantação das medidas necessárias. Sem a governança torna-se extremamente difícil que as medidas propostas sejam implantadas e seguidas.

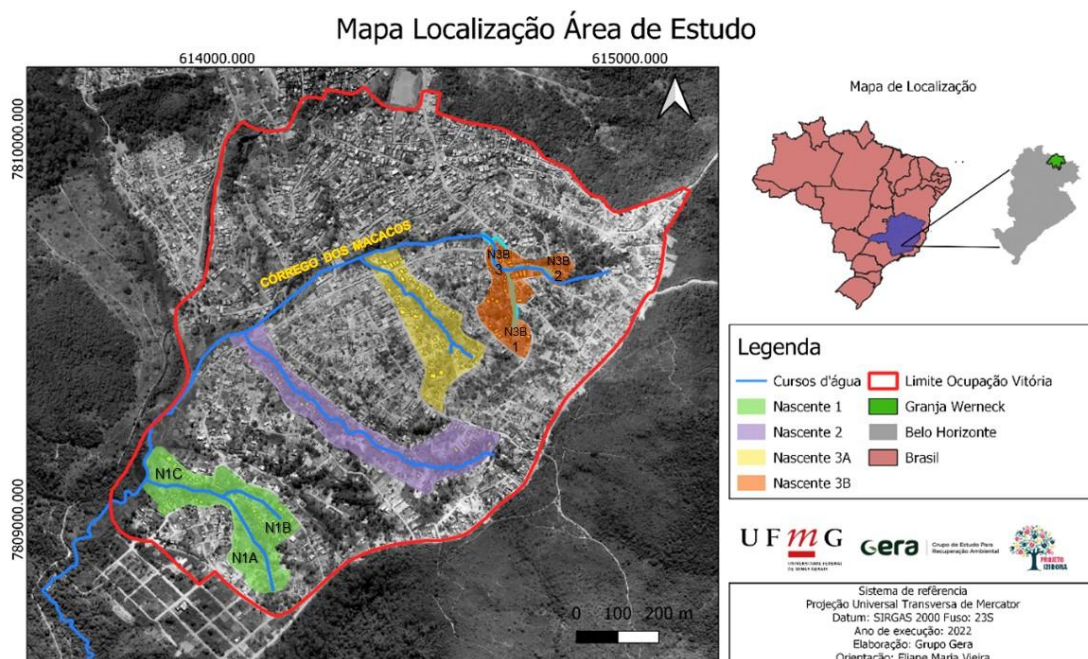
Há muitos desafios para a mitigação dos problemas das cidades e uma grande mudança no pensamento tradicional de planejamento urbano precisa acontecer para que as cidades respondam as demandas de combate as mudanças climáticas e cuidado com o meio ambiente. Essa mudança é fundamental para a sobrevivência da espécie humana, pois o planeta já passou por várias mudanças climáticas ao longo dos milhões de anos de sua existência, ao contrário dos seres humanos que precisam de condições climáticas e de recursos específicos para viver. Preservar o meio ambiente, proteger as nascentes e tornar as cidades mais arborizadas são algumas das medidas que podem ter sucesso para que seja possível ter condições adequadas para a propagação da vida.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no setor norte da cidade de Belo Horizonte, no bairro Granja Werneck, uma ocupação que acontece desde 2013, chamada Ocupação Vitória, coordenadas 19°48'53,58"S, 43°54'52,09"W. Está localizada na microbacia Izidora da bacia do rio São Francisco (Minas Gerais, Brasil). Este local abriga cerca de 280 nascentes e forma 64 córregos, sendo o córrego dos Macacos (2,6 km²) o mais preservado em termos de qualidade da água, vazão e preservação e extensão da mata ciliar. A área de estudo foi dividida em 4 nascentes principais: N1 (N1A, N1B e N1C), N2, N3A e N3B (N3B1, N3B2 e N3B3) (figura 24).

Figura 24 - Mapa Área de Estudo



Fonte: Grupo GERA, 2022.

3.2 Impactos sobre a Perda da vegetação – NDVI

A extensão do impacto do assentamento informal de Vitória sobre a cobertura vegetal e corpos d'água foi calculada pelo Índice de Vegetação por Diferença

Normalizada (NDVI), após correção atmosférica, com base em imagens obtidas do satélite Landsat 8, sensor OLI no site do USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), processado pelo software ArcGis. Para isso, foram avaliadas imagens de satélite obtidas no período de maio de 2013 a julho de 2021. NDVI é um indicador sensível usado para sensoriamento remoto de vegetação verde e varia de -1 a +1; onde os valores mais altos indicam a presença de vegetação verde fotossinteticamente ativa (Kaufmann *et al.*, 2003). O NDVI consiste em determinar uma razão entre a diferença e a soma entre a refletância em bandas menos absorventes no infravermelho próximo (pNIR) e a banda altamente absorvente no vermelho visível (pred)

$$NDVI = \left(\frac{NIR-RED}{NIR+RED} \right) \quad (1)$$

NIR = refletância espectral da superfície na faixa do infravermelho próximo (banda 5 do sensor Operational Terra Imager - OLI/Landsat 8);

RED = refletância espectral da superfície na faixa vermelha (banda 4 do sensor OLI/Landsat 8).

3.3 Impacto sobre a movimentação de sedimento e vazão da água

Para a estimativa das vazões foi utilizada a equação intensidade-duração-frequência (IDF) regionalizada da Região Metropolitana de Belo Horizonte e aplicado o método racional para transformação chuva em vazão. Segundo Pinheiro (1998) a equação do tipo IDF válida para a RMBH resulta em:

$$i_{T,d} = 0,7642 \cdot d^{-0,7059} \cdot P^{0,5360} \cdot \mu_{T,d} \quad (2)$$

na qual: $i_{T,d}$ - Intensidade em mm/h, para o tempo de retorno T (em anos) e a duração d (em horas); d - Duração da chuva (em horas). P - Precipitação média anual no local (mm). $\mu_{T,d}$ - Quantil adimensional de frequência regional associado ao período de retorno T e à duração d (tabelado).

3.4 Impacto da ocupação humana: Densidade urbana

Foi avaliada a densidade nas áreas construídas na Ocupação Vitória visando estimar e quantificar o impacto da urbanização sobre o meio ambiente. Para tanto, foi feito o levantamento do número de residências e suas respectivas áreas nas áreas de estudo utilizando os programas de georreferenciamento *Google Earth Pro* e *Qgis*. As áreas do terreno e a área construída serão utilizadas para o cálculo da densidade urbana, segundo as seguintes fórmulas segundo Berghauser-Pont e Haupt (2009):

- **FSI** (*Building Intensity*): equivalente ao “coeficiente de aproveitamento” na legislação brasileira, é um índice que indica a relação do que se tem edificado com toda a área de estudo. Calcula-se pela razão entre a área total construída (m^2) pela área de concentração (m^2) (Berghauser-Pont & Haupt, 2009, p. 95). Esta concentração pode ser tanto lote, quadra, tecido ou bairro (figura 20);

$$FSI = \frac{\text{área total construída } (m^2)}{\text{área de concentração } (m^2)} \quad (3)$$

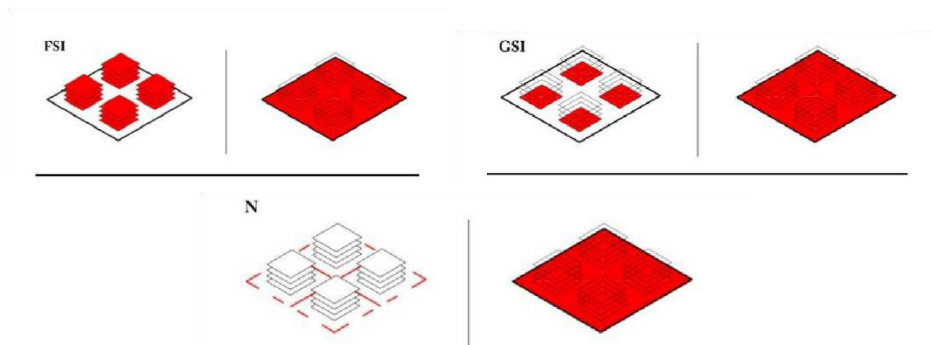
- **GSI** (*Coverage*): equivalente à “taxa de ocupação” na legislação brasileira, demonstra a relação entre espaços construídos e não-construídos com toda a área de estudo. Encontra-se pela razão entre o somatório de todas as projeções das edificações (m^2) pela a área de concentração (m^2) (Berghauser-Pont & Haupt, 2009, p. 95). Esta concentração pode ser tanto lote, quadra, tecido ou bairro (figura 20);

$$GSI = \frac{\text{projeções das edificações } (m^2)}{\text{área de concentração } (m^2)} \quad (4)$$

- **N** (*Network Density*): se refere ao que se tem de vias de fluxo presentes no recorte. Calcula-se somando o comprimento total de redes internas (m) com a metade do comprimento total das bordas do recorte e dividindo por toda a área do tecido (Berghauser-Pont & Haupt, 2009, p. 94) (figura 25).

$$N = \text{total de redes internas (m)} + \frac{1}{2} \text{ comprimento total das bordas do recorte (5)}$$

Figura 25 - Ilustração esquemática para os cálculos do FSI, GSI e N, respectivamente.



Fonte: Berghauser-Pont & Haupt (2009), editado pela autora, 2022.

Os valores destes índices variam de 0 a 1, sendo áreas mais urbanizadas com valores próximos a 1.

3.5 Impacto sobre o fluxo hídrico

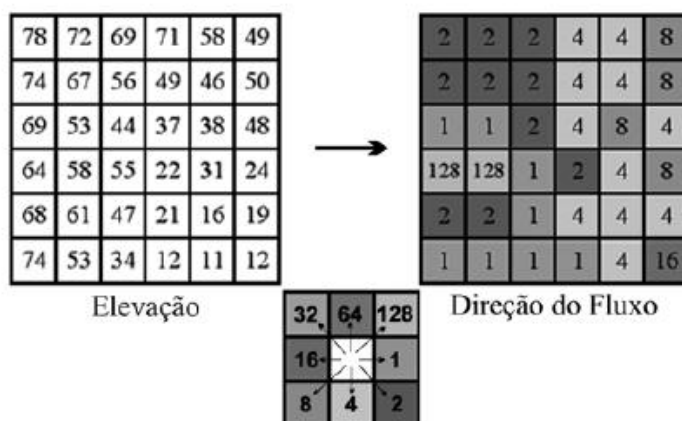
Para estimar o impacto do fluxo hídrico foi elaborado o Modelo Digital de Elevação com as curvas de nível do banco de dados da Prefeitura de Belo Horizonte disponibilizado no site bhmaps.com.br. O Modelo digital que representa as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações. Esse MDE foi processado nos *softwares* ArcGIS 10.5 e LS-Tool (Zhang et al., 2013) para obtenção do fator topográfico (fator LS) por meio do algoritmo de direção de fluxo múltiplo.

Segundo VALERIANO (2003) As operações para geração automática de bacias hidrográficas a partir de MDE com programas computacionais de SIG (Sistema de Informações Geográficas) envolvem os seguintes procedimentos: eliminação de reentrâncias e saliências do MDE (Fill Sinks), produção do mapa de direção de fluxo (Flow Direction), elaboração do mapa de fluxo acumulado (Flow Accumulation), mapeamento da rede de drenagem (Stream Networks) e a delimitação da bacia hidrográfica (Watershed Delineation).

A segunda etapa consiste no mapeamento da direção de fluxo, que torna explícita a direção do fluxo de água para cada célula da estrutura de um MDE. Baseado no conceito de que há no máximo oito células vizinhas para cada célula dentro do MDE,

gera-se um dado em estrutura matricial definindo um valor de direção, para cada célula, que indica a célula vizinha de maior declividade. O cálculo da declividade fundamenta-se no modelo de ponto de vertente com oito direções, o qual utiliza números binários ($2 \times \{0, 1, 2 \dots 7\}$) para representar a direção do fluxo de água, sendo o cálculo feito para cada célula do MDE, conforme ilustra a figura 26 (DIAS *et al.*, 2004; ESRI, 2006; FURNANS, 2001).

Figura 26 - Geração do mapa de direção de fluxo utilizando o modelo de ponto de vertente com 8 direções



Fonte: DIAS *et al.*, 2004.

Com o MDE, mapa de fluxo acumulado e mapa da direção do fluxo é possível conhecer melhor o relevo e o caminho da água e dos sedimentos. O próximo passo é estudar a água no solo.

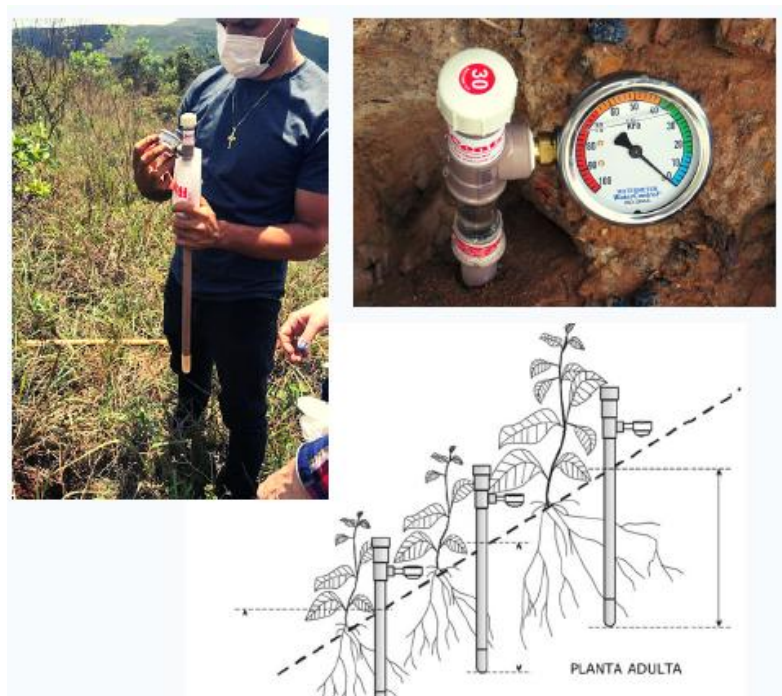
3.6 Impacto sobre a água no solo

Visando estimar a presença de nascentes e afloramentos de água o conteúdo de água retido no solo foi avaliado através do potencial mátrico. O potencial matricial, representa a força de atração da água para as superfícies sólidas que opera em um solo não saturado acima do lençol freático e resulta de forças adesivas e capilares que influenciam tanto a retenção como o movimento da água do solo (Brady e Weil 2013).

Para medir o potencial matricial do solo foram utilizados tensiômetros (figura 27). Brady e Weil (2013) que consiste de um tubo cheio de água destilada, na

extremidade inferior com uma cápsula porosa de cerâmica e na extremidade superior selado. À medida que a água é perdida para o solo estabelece um vácuo no tubo que pode ser medido por um vacuômetro. Tensiômetros são úteis entre potenciais de zero e -85 kPa. um intervalo que inclui metade, ou mais, da água armazenada na maioria dos solos.

Figura 27 - Tensiômetro



Fonte: Acervo pessoal da autora e EMBRAPA, 2022.

Para o trabalho foram utilizados 8 tensiômetros com altura de 15cm, 30 cm, 40 cm, 45 cm e 60cm, colocados ao longo das áreas de estudo e próximo as casas. Após a leitura do vacuômetro deve-se utilizar a equação 8 para obter o potencial matricial, segundo EMBRAPA, 2010:

$$T = L - 0,098 * H \text{ Dry} \quad (06)$$

Onde T corresponde à tensão da água no solo (cbar ou kpa), L a leitura do vacuômetro (cbar ou kpa) e h altura da coluna de água no interior do tensiômetro (cm).

3.7 Identificação dos pontos de afloramento de água subterrânea

Baseado no estudo da distribuição do potencial mátrico e potencial gravimétrico na área de estudo, foram construídos mapas indicando os pontos relevantes para construção das drenagens na recuperação. Todo o mapeamento foi construído no ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) com a utilização do programa QGis 3.22.4 e Google Earth, com a base de dados da Prefeitura de Belo Horizonte (BH Maps) e dados coletados em campo.

3.8 Proposta de recuperação das nascentes, córregos e matas ciliares

Baseado nos dados gerados foi executado um modelo de recuperação através da criação de drenagens a partir dos pontos de retenção de água. Foram criados drenos abertos, manilhas nos pontos de passagem e barragem nos pontos de contenção de água. Foi elaborada proposta de recuperação das nascentes, córregos e matas ciliares onde será desenvolvida um projeto de requalificação da área de estudo que contenha as estratégias de recuperação selecionadas para a área, visando a recuperação do ciclo hídrico e da mata ciliar de forma que haja a compatibilização da área urbana com a recuperação ambiental.

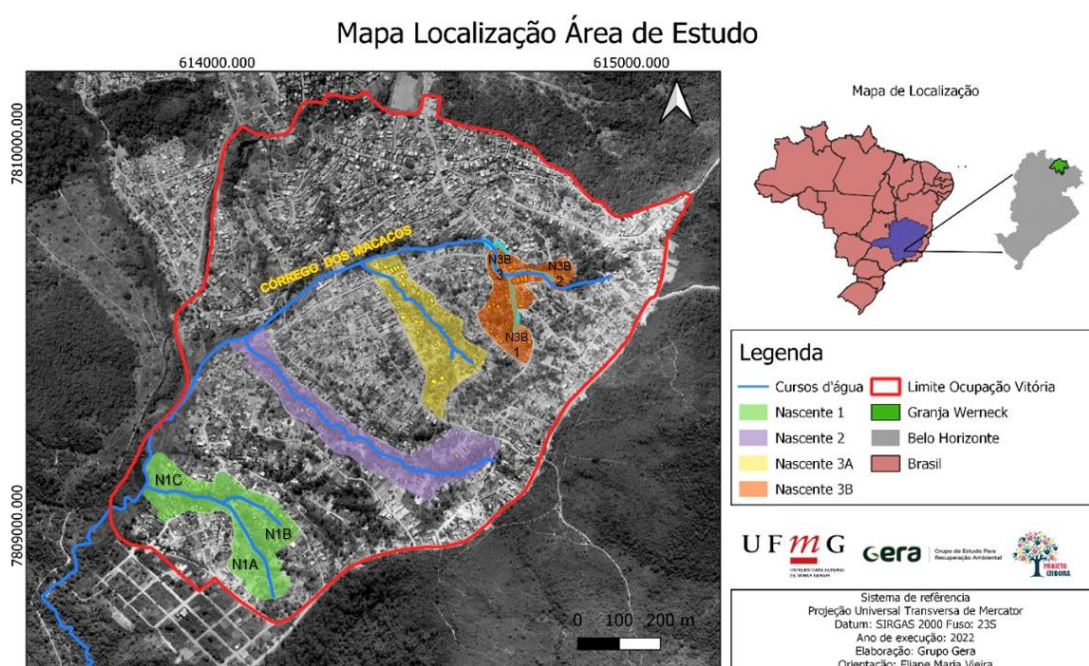
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação das ferramentas e métodos descritos no capítulo 2 deste trabalho visando o diagnóstico para subsidiar as intervenções para a recuperação na nascente 3B.

4.1 Área de estudo

O mapa a seguir (figura 28) mostra as áreas de recuperação na Ocupação Vitória são formadas por quatro nascentes e suas respectivas drenagens, nomeadamente N1: 503 m de extensão até Córrego macacos com a latitude: $19^{\circ}48'40.41''\text{S}$ e longitude $43^{\circ}54'40.47''\text{O}$, N2: 734 metros de extensão até o córrego dos Macacos, latitude: $19^{\circ}48'26.54''\text{S}$, longitude: $43^{\circ}54'38.74''\text{O}$, N3A: 472 metros de extensão até o córrego dos Macacos, latitude: $43^{\circ}54'38.74''\text{O}$, longitude: $43^{\circ}54'30.77''\text{O}$ e N 3B com 472 metros de extensão até o Córrego dos Macacos, latitude: $19^{\circ}48'18.29''\text{S}$, longitude: $43^{\circ}54'18.99''\text{O}$. Esta é uma área originalmente do bioma mata atlântica a ocupação e o estabelecimento de partes das 4.500 famílias ao longo do trecho de mata ciliar tributários do córrego dos macacos.

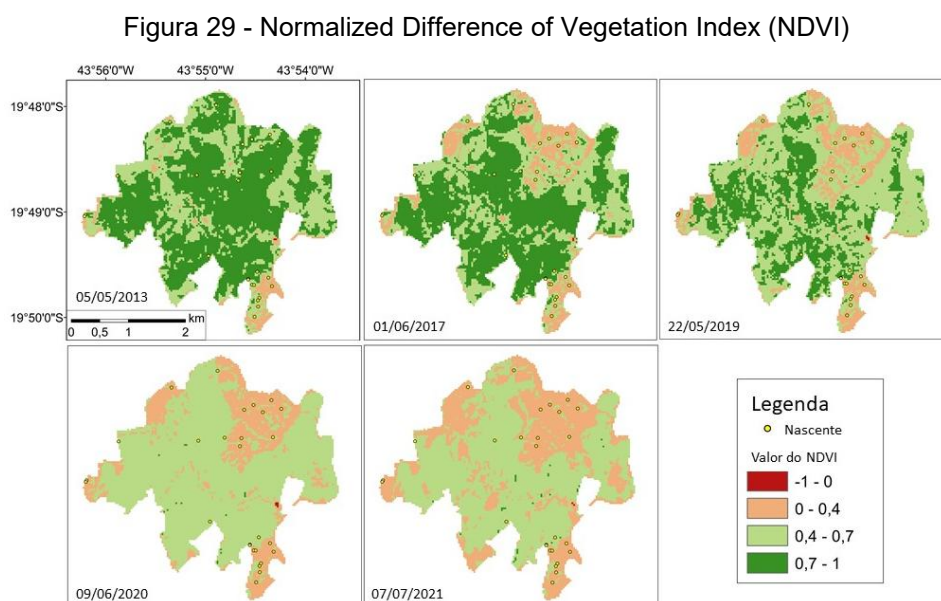
Figura 28 - Mapa Localização da área de estudo



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

4.2 Impacto sobre a perda de vegetação, erosão e assoreamento

Desde 2013, quando teve início o processo de ocupação e urbanização da área, houve uma significativa perda e alteração da vegetação, como demonstrado pelo NDVI – *Normalized Difference of Vegetation Index* (figura 29). O desmatamento e a ocupação com residências foram progressivos. O grau da perda vegetacional foi estimado pelo NDVI. As áreas em verde representam a vegetação e as áreas em vermelho o solo exposto. Os resultados mostram que em 2021 praticamente toda a área apresenta solo exposto em meio aos agrupamentos urbanos com NDVI médio de 0,4 e 0,7. Consequentemente, um grande volume de sedimentos vem sendo aportado ao Córrego Macacos.



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

Essa perda de vegetação pode ter consequências negativas para a área, como o surgimento de espécies invasoras, perda da fauna e alteração das propriedades do solo e dos cursos d'água.

4.3 Impacto sobre a movimentação de sedimento e vazão da água

Para a estimativa da vazão na área foram feitos cálculos em dois cenários. O

cenário 1 representa o uso e ocupação do solo atual, com a Ocupação Vitória, e o cenário 2 representa o uso e ocupação do solo anteriores a ocupação, quando a área estudada era um extrato do bioma Mata Atlântica. Os resultados são apresentados na tabela 2:

Tabela 2 - Estimativa da Vazão na Ocupação Vitória antes e após a ocupação

	Cenário 1 Ocupação do solo atual (m ³ /s)	Cenário 2 Ocupação do solo natural (m ³ /s)
N1	1,82	0,74
N2	3,42	1,42
N3A	1,74	0,68
N3B	2,43	1,05

Fonte: Grupo GERA, 2023.

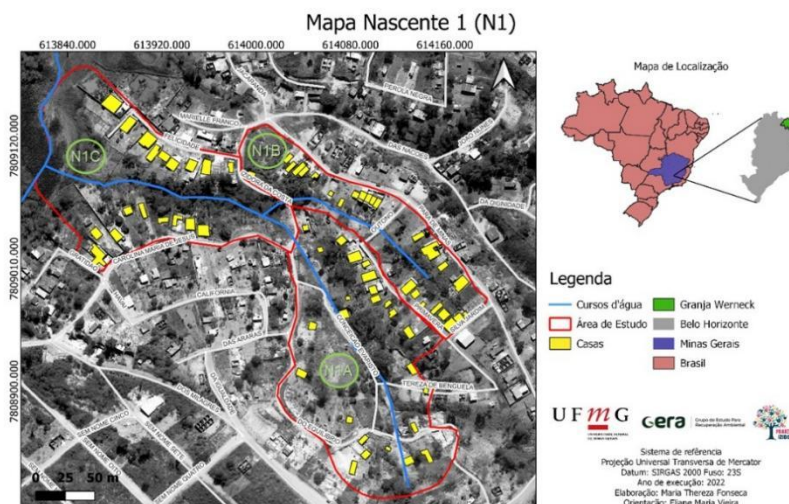
Os resultados indicam que conforme aconteceu o desmatamento da área, diminuição da vegetação arbórea e aumento do solo exposto, a vazão da água aumentou. Esse aumento da velocidade de vazão da água é um indicador do impacto ambiental, pois, a água deixa de penetrar no solo e escoar, levando consigo sedimentos e causando erosões no solo. Houve um aumento na vazão da água em todas as nascentes da área de estudo. A Nascente 2 foi a que apresentou maior aumento na vazão da água (2 m³/s), seguida pela Nascente 3B (1,38 m³/s). As nascentes 1 e 3A apresentaram um aumento na vazão bastante similar, sendo N1 1,08 m/s e N3A 1,06 m³/s.

4.4 Impacto da ocupação humana: Densidade urbana

A ocupação urbana na área de trabalho pode ser apresentada como segue. A área correspondente a nascente 1 (figura 30) tem como referência a rua do Equilíbrio, Rua Carolina Maria de Jesus, rua Pará de Minas e a Rua Felicidade. É uma área de 57.884m² onde foram identificadas 68 casas. Pela sua extensão, a nascente um foi dividida em 3 partes: A, B e C. A área possui aproximadamente 503 metros de extensão e há uma diferença de elevação de 31 metros, da elevação 742 a 773

(Google Earth, 2022).

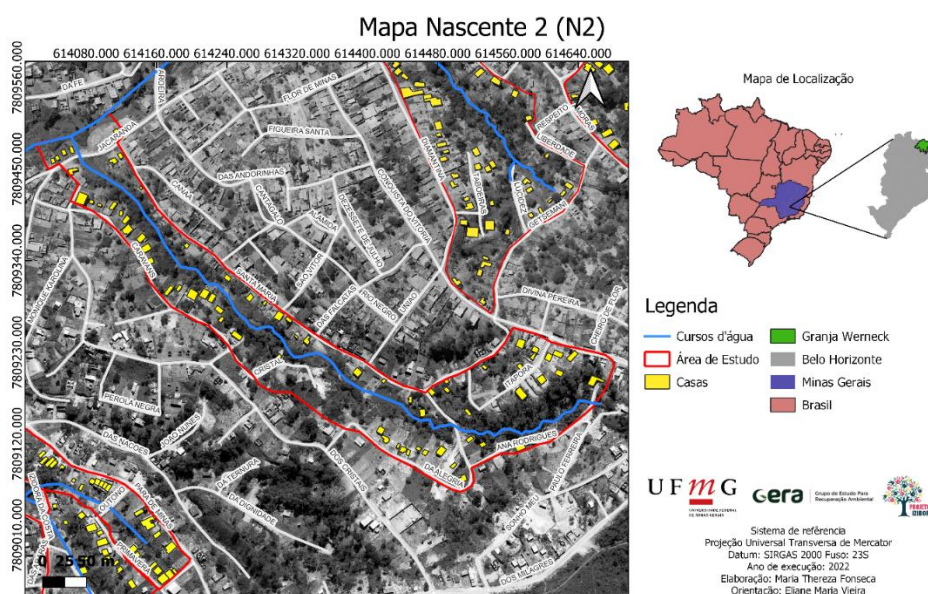
Figura 30 - Localização da Nascente 1



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

A nascente 2 (figura 31) corresponde ao curso d'água entre a Avenida Jacarandá, rua Santa Maria, rua Caravanas e rua Conquista da Vitória. É a mais extensa das 4 nascentes com área de 64.662m², com aproximadamente 734 metros de extensão e a diferença de altitude é de 71 metros, da elevação 750 a 821 (Google Earth, 2022). Foram identificadas 69 casas nesta área.

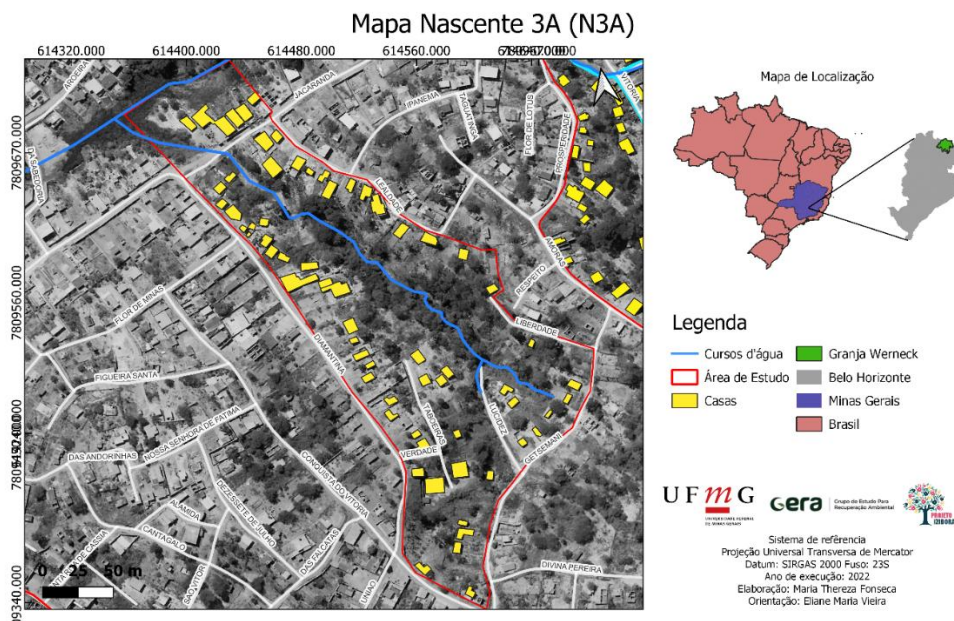
Figura 31 - Localização da Nascente 2



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

A nascente 3A (figura 32) está localizada entre a Avenida Jacarandá, Rua Diamantina, rua Getsemani e rua Lealdade. Possui extensão de 376 metros, área de 44.935m² e ganho de altitude de 25 metros elevação 757 metros a 782 metros (Google Earth, 2022). Foram localizadas 63 casas dentro deste perímetro.

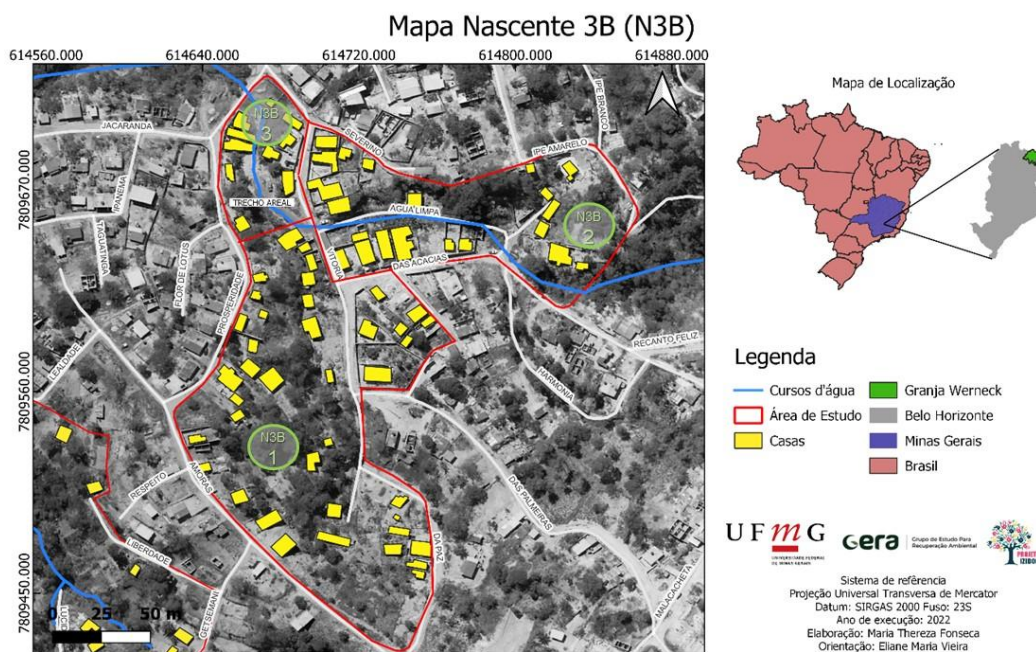
Figura 32 - Localização da Nascente 3A



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

A nascente 3B (figura 33) tem como referência a avenida Jacarandá, Avenida Vitória, Rua Águas Limpas, rua Severino e rua Prosperidade. É uma área que recebe grande quantidade de sedimento, com um trecho conhecido como “areal”. Possui extensão de aproximadamente 472 metros, área de 31.657m² e ganho de altitude de 23 metros, da elevação 767 a 790 (Google Earth, 2022). Nesta área foram identificadas 71 residências.

Figura 33 - Localização da Nascente 3B



Os índices de densidade de ocupação “coeficiente de aproveitamento” e “taxa de ocupação” são os mesmo para as construções da Ocupação Vitória, pois, as residências possuem apenas um pavimento. Para o cálculo foi utilizado a soma das áreas das residências dividido pela área total da área de estudo. Os resultados foram representados na tabela 3.

Tabela 3 - Densidade Urbana

Densidade Urbana	
Nascente 1	
Área N1	57.884 m ²
Número de residências	68
Área total das residências	807 m ²
Número de residências com influência direta no curso d'água	32
Área total das residências com influência no curso d'água	402 m ²
Densidade urbana N1 total	0,0139
Densidade urbana N1A	0,0460
Densidade urbana N1B	0,1153

Densidade urbana N1C	0,0725
Densidade urbana N1 com influência no curso d'água	0,0420
Nascente 2	
Área N2	64.662 m ²
Número de residências	69
Área total das residências	3.663m ²
Número de residências com influência direta no curso d'água	12
Área total das residências com influência no curso d'água	663m ²
Densidade urbana N2 total	0,052
Densidade urbana N2 com influência no curso d'água	0,010
Nascente 3A	
Área N3A	44.935m ²
Número de residências	63
Área total das residências	3.837,9m ²
Número de residências com influência direta no curso d'água	26
Área total das residências com influência no curso d'água	1.919m ²
Densidade urbana N3A total	0,085
Densidade urbana N3A com influência no curso d'água	0,062
Nascente 3B	
Área N3B	31.657m ²
Número de residências	73
Área total das residências	3.780m ²
Número de residências com influência direta no curso d'água	52
Área total das residências com influência no curso d'água	2.114m ²
Densidade urbana N3B total	0,119
Densidade urbana N3B com influência no curso d'água	0,142

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O índice de densidade urbana estimado na tabela 2 variou entre 0 a 1 evidenciando que um espectro decrescente, sendo a nascente 3B, a mais adensada (0,119), seguida pela nascente 3A (0,085), a nascente 2 (0,052) e a nascente 1(0,0139) a menos adensada. Enquanto a nascente 2 também é a que apresenta maior extensão e baixo adensamento enquanto a nascente 3B foi menor em extensão,

mas apresentando adensamento significativo. Porém, o volume de sedimentos não está correlacionado com o adensamento já que maior volume de sedimentos foi encontrado na nascente N2 e que apresenta um dos mais baixos níveis de adensamento populacional.

Horta (2022) afirma que os assentamentos informais são apontados como causadores de danos ao meio ambiente e aos recursos naturais, visto que há uma associação entre a pobreza e a degradação ambiental. Entretanto, o que pode ser observado é a forte relação entre a degradação ambiental, o consumo (grupos detentores de maior renda) e falhas governamentais.

Como observado na tabela 3 a densidade urbana na ocupação Vitória é baixa e considerando os resultados do NDVI (figura 24) assim como os resultados de perda e solo, o impacto de assoreamento foi de grande proporção. Transformar a área em um empreendimento urbano pode agravar ainda mais esse impacto. Assim o impacto ambiental de assoreamento do córrego de macacos não parece estar correlacionado ao adensamento urbano, mas sim com o desmatamento e com a exposição e desproteção das vias e ruas.

É possível que a população que lá habita conviva com os recursos naturais de forma a mitigar o impacto causado pela ocupação. Por ser uma área de nascente é necessário preservar as funções ecossistêmicas, mas por ser uma área de uso comunitário, não pode ser considerada como uma área de preservação permanente, mas uma área protegida com uso sustentável

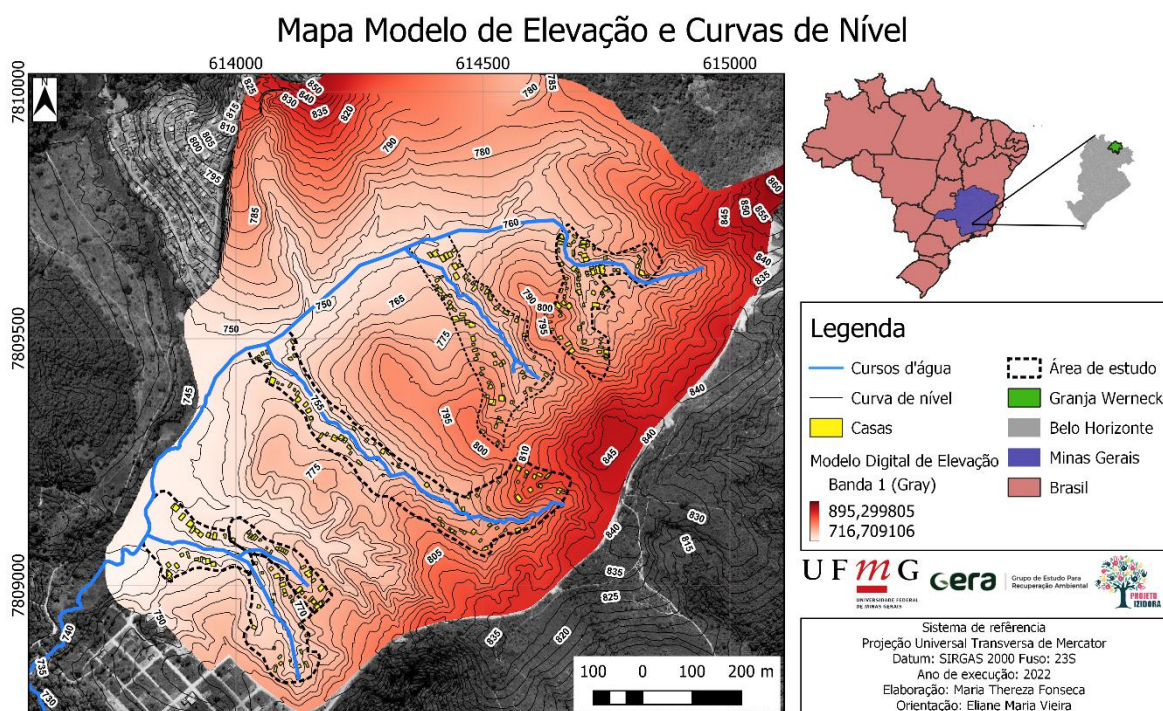
4.5 Impacto sobre o Fluxo Hídrico

4.5.1 Modelo Digital de Elevação

Com o modelo digital gerado baseado na elevação do terreno (figura 34) é possível observar diferença de elevação nas áreas de estudo que variaram da menor altitude de 716 metros representada pela cor branca até 895 metros representado pela cor vermelha mais escura. Há, portanto, uma variação de altitude de 179 metros ente o ponto mais baixo, próximo ao córrego dos macacos, e o ponto mais alto no topo dos morros. A diferença de altitude mostra que a ocupação Vitoria esta encravada em um Vale e, portanto, com elevado potencial erosivo não só considerando a

inclinação, mas também a presença de grande número de nascentes e córregos em toda a área. A ocupação urbana se desenvolveu ao longo do córrego e seus tributários, entre outros fatores, por serem as áreas com relevo menos acidentado. Essa ocupação gerou impactos ambientais na flora, fauna e no direcionamento da água.

Figura 34 - Mapa do Modelo Digital de Elevação com curvas de nível



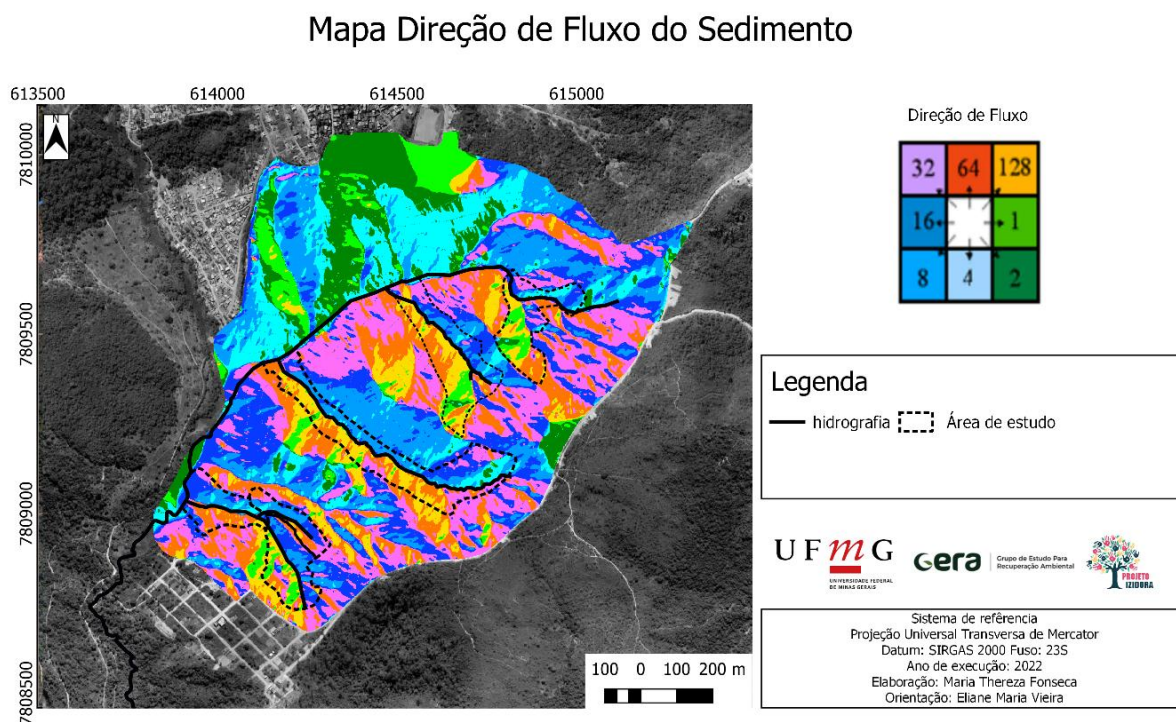
Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

4.5.2 Direção de Fluxo

O mapa da Direção de fluxo hídrico (figura 35) mostra o sentido do fluxo de água a partir do Modelo Digital de Elevação. As cores indicam a direção do fluxo. A cor laranja representa a água que se movimenta para o norte, amarelo para nordeste, verde claro para leste, verde escuro para sudeste, azul mais claro para sul, azul claro para sudoeste, azul escuro para oeste e violeta para noroeste. Considerando a direção do córrego Macacos à sudoeste as áreas mais vegetadas estão apontando um fluxo hídrico para áreas de drenagem que conectam com o córrego Macacos, à sudoeste (**Azul claro**). Este direcionamento do fluxo confirma as posições das vias de drenagem a serem construídas respeitando o fluxo hídrico no projeto de

recuperação das nascentes. É importante lembrar o que o movimento de água conduz também sedimentos que podem causar a assoreamento de cursos d'água.

Figura 35 - Mapa da Direção de Fluxo do Sedimento



Os resultados da Figura 35 mostram que a direção do fluxo hídrico foi mais intensamente alterada em alguns pontos com o desenvolvimento da ocupação Vitória em alguns pontos como evidenciado pelos múltiplos direcionamentos (diferentes cores). O direcionamento errôneo da água também não está relacionado com a densidade de casas já que N1 a N 3 B, e N 3 A apresentaram níveis de alteração da direção do fluxo da água similares. Estas alterações parecem seguir as ruas e vias esta alteração pode causar a dispersão da água, para outras áreas interrompendo o fluxo hídrico natural que não atinge os tributários e os córregos. O fluxo de sedimentos em áreas degradadas pode ser muito intenso e gerar erosões. Esse processo pode ser intensificado com as águas pluviométricas. O processo responsável pela desagregação do solo, após a retirada da camada vegetal em sua superfície, é o impacto das gotículas da água da chuva [...], com isso os sedimentos são transportados de um local para outro” (SILVA, 2023, p. 6 *apud* GUERRA, 2009).

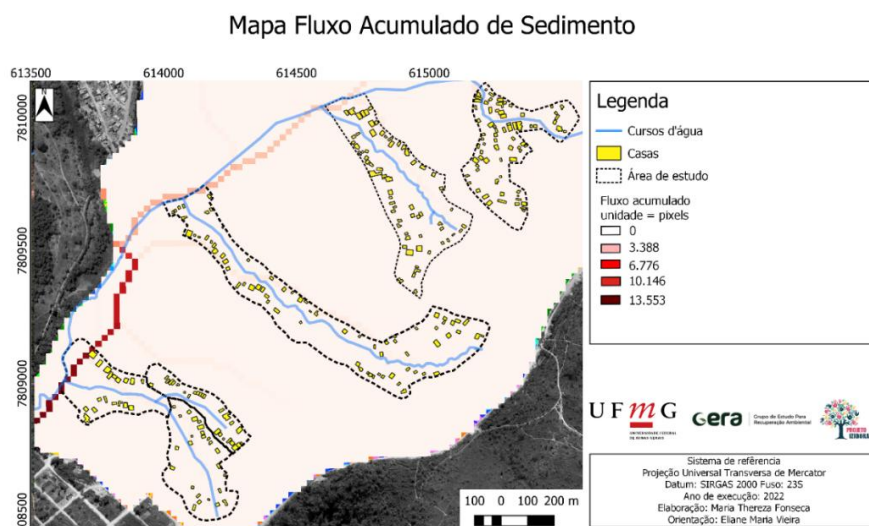
Segundo Silva (2023) após um longo período chuvoso, impactos da água da chuva com o solo acabam gerando um fluxo de sedimentos que podem originar ravinas, se o processo for contínuo e provocar um aprofundamento do solo, pode-se chegar ao nível de uma voçoroca.

Os resultados sugerem que a água das nascentes está retida no lençol freático no entorno das casas, aflorando em locais indevidos, causando patologias construtivas e favorecendo a erosão do solo. Estes resultados indicam a necessidade de se criar mecanismos de vazão da água retida em direção ao córrego Macacos. Isto pode ser conseguido através da criação de drenos específicos inclusos no projeto executivo de recuperação

4.5.3 Fluxo Acumulado

O mapa de fluxo acumulado (figura 37) mostra o caminho que a água das chuvas segue e os locais mais propensos ao acúmulo de água e sedimentos. Ao observar o mapa é possível perceber um acúmulo do fluxo na parte mais baixa do córrego dos Macacos, próximo à nascente 1 representado pela cor vermelha mais escura. Nas áreas de estudo é possível observar que o fluxo está dissipado, o que significa que a água das chuvas não é absorvida pelo solo e não penetra no solo. Isto se deve à impermeabilização do solo, causada pela compactação das ruas desprotegidas após desmatamento.

Figura 36 - Mapa Fluxo Acumulado de sedimento



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

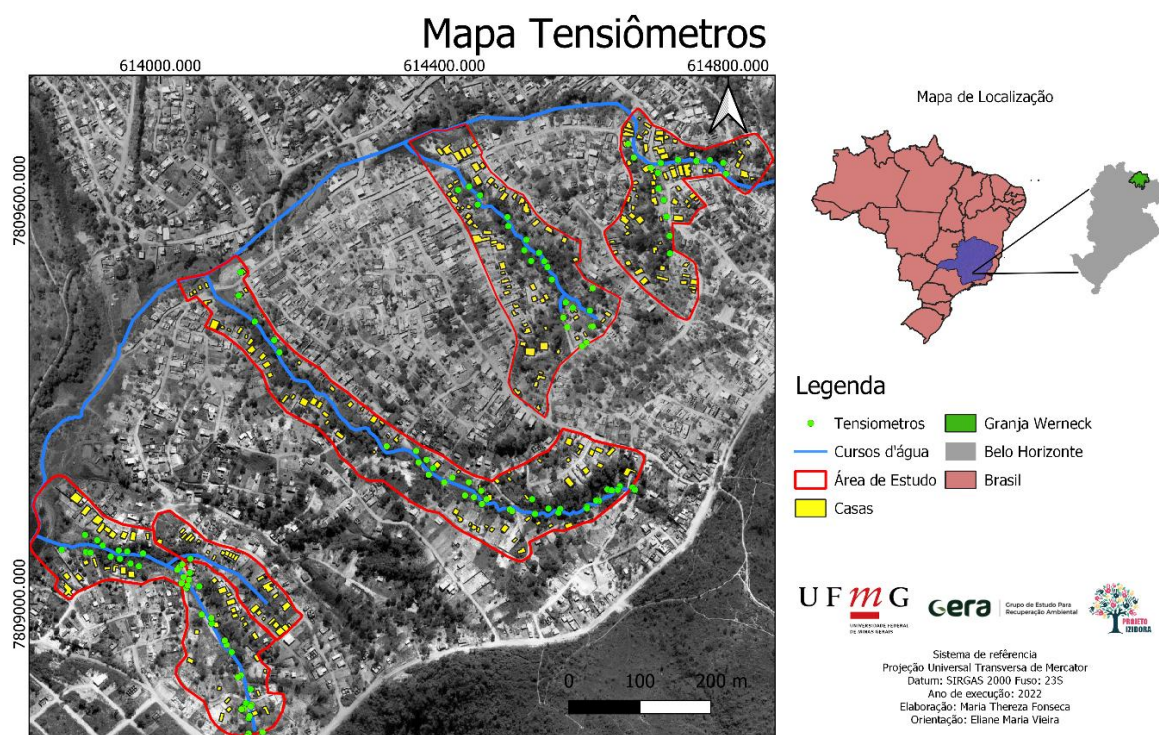
Para a recuperação da área e estabilização do fluxo acumulado é preciso que haja a revegetação da área de forma a tornar o solo mais permeável para que a água possa ser infiltrada no solo, reestabelecendo o ciclo hídrico e diminuindo a ocorrência de alagamentos e inundações. Outra estratégia importante é a execução de drenos para que a água dissipada seja conduzida para os tributários até o córrego dos macacos. Para a execução dos drenos é imprescindível conhecer a quantidade e o movimento da água no solo.

4.5 Impacto sobre a água do solo

4.6.1 Potencial matricial

Com a utilização dos tensiômetros, foi possível medir o potencial matricial do solo na área de estudo. As medições aconteceram entre maio e julho de 2022, que corresponde a estação seca (outono e inverno). Os pontos de medição e coleta de solo foram indicados na figura 37. A partir das medições foi possível identificar os locais com maior concentração de água no solo (item 3.6).

Figura 37 - Mapa localização dos pontos de análise com tensiômetro



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

Os dados coletados nas medições dos tensiômetros foram utilizados na equação descrita no item 2.5.1 deste trabalho. Valores maiores de KPA correspondem a menores quantidades de água do solo. Resultados mais próximos de zero apresentam mais água no solo.

Os resultados mostram que a maior quantidade de água no solo foi encontrada na nascente 3B com potencial matricial de 1.4 kpa, e na nascente 2 (8.5 Kpa).

A nascente 1 é a que apresentou o maior potencial matricial (N1A 15.6 Kpa, N1B 19,02 Kpa e N1C 15.7 Kpa). Apesar da diferença nos resultados encontrados, todas as áreas apresentam grande quantidade de água no solo. Analisando estatisticamente através de ANOVA e comparando as medidas de KPA par a par pelo teste de Tukey à 5% de significância é possível confirmar um grande número de afloramentos em todas as nascentes especialmente N3 B, N1C e N2 conforme apresentado, apresentado na tabela 4.

Tabela 4 - Potencial de retenção de água do solo (kPa)

Área de Estudo	Potential Mátrico (Kpa) - Média $\pm$ SD	Pair-wise comparisons (p values)					
		N1 A	N1 B	N1C	N2	N3 A	N3 B
1- N1 A	15.6 $\pm$ 13.3	-	0.9	1.00	0.16	0.46	< 0.01
2- N1 B	19.02 $\pm$ 11.4	0.9	-	0.9	0.043	0.14	< 0.01
3- N1 C	15.7 $\pm$ 12.5	1.0	0.9	-	0.048	0.221	< 0.01
5- N2	8.5 $\pm$ 8.4	0.1	0.04	0.04	-	0.98	0.06
6-N3 A	10.4 $\pm$ 9.8	0.4	0.14	0.22	0.98	-	0.02
7-N3 B	1.4 $\pm$ 3.7	< 0.001	< 0.001	< 0.01	0.06	0.02	-

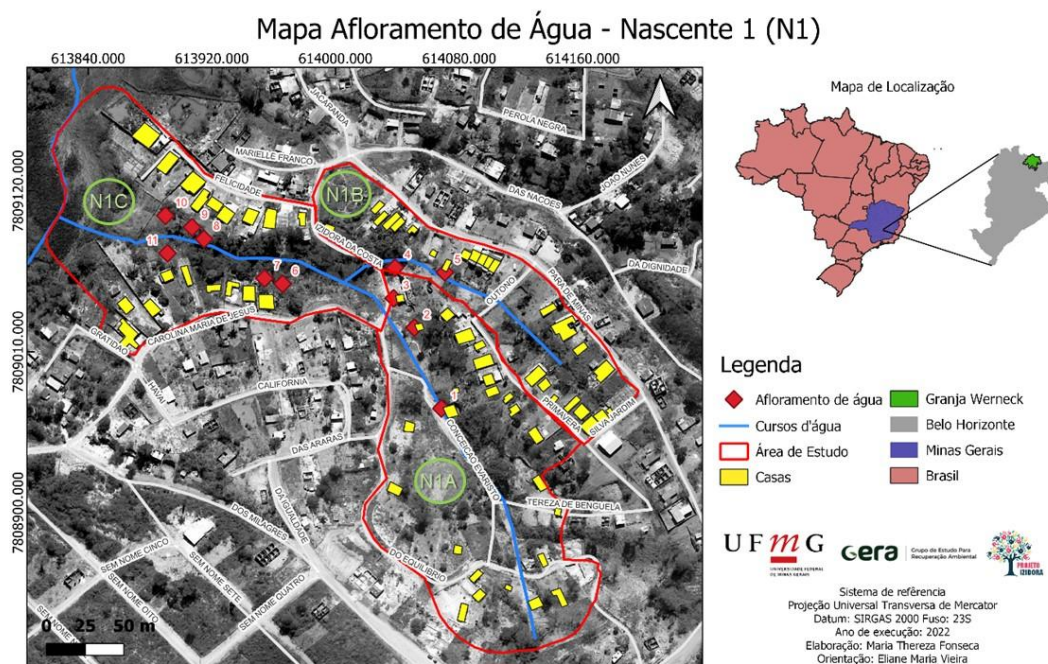
Fonte: Grupo GERA UFMG, 2023.

Os resultados apresentam diferença estatisticamente significativa entre a nascente N1A e N3B, N1B e N2, N1B e N3B, N1C e N2, N1C e N3B, N2 e N1C, N3A e N3B. As comparações mostram que a N3B é a área com mais água no solo, seguida pela N2. Essas são as áreas mais saturadas de água cujas as médias são significativamente diferentes e com o valor menor de Kpa que as demais nascentes. De acordo com os resultados, os pontos mais saturados foram onde foram construídos o maior número de drenos.

4.7 Identificação dos pontos de afloramento de água subterrânea

Após as medições em campo do potencial matricial do solo, foi possível identificar os afloramentos de água (pontos em vermelho) que totalizaram 56 pontos sendo: 11 pontos na nascente 1, 25 na nascente 2, 7 na nascente 3A e 13 pontos na nascente 3B. Os resultados estão apresentados nas figuras 38, 39, 40 e 41.

Figura 38 - Mapa dos afloramentos de água identificados na Nascente 1



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

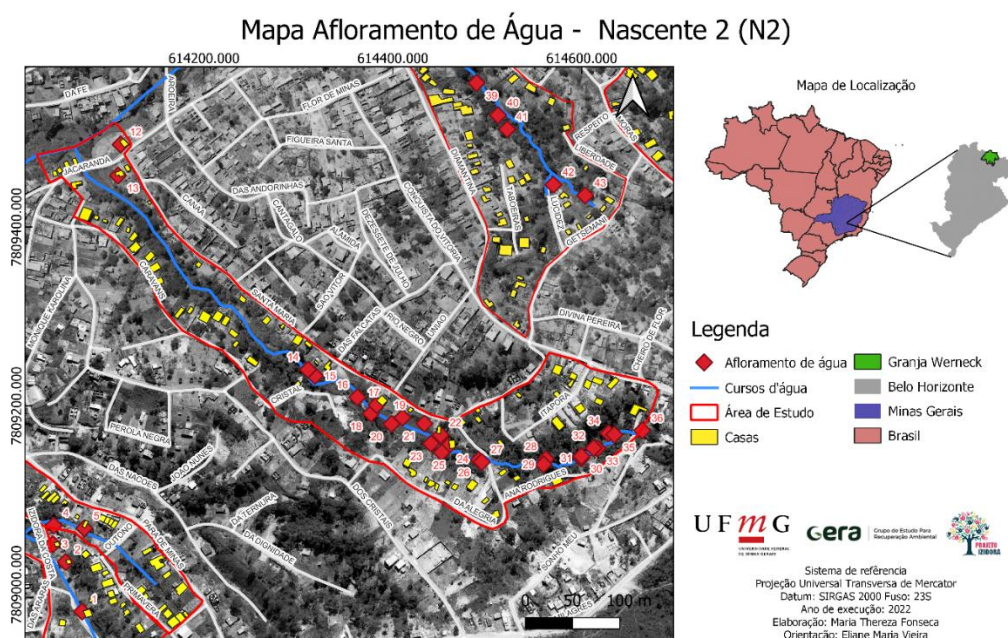
A figura 38 mostra que no setor N1 foram registradas 11 nascentes sendo que a média do potencial mátrico foi um valor menor de 15 KPA, enquanto ao setor N3A com valor de potencial mátrico de 11 KPA, o que explica o menor aporte de sedimentos e água para o córrego dos Macacos da N1, mas não para N3A onde o elevado volume de sedimento foi encontrado.

Essa discrepância dos sedimentos se explica pelo fato de que o setor N3A recebe um volume de sedimento proveniente do assoreamento da Avenida Getsemani no período chuvoso. Este enorme aporte de sedimento só pode ser controlado com os procedimentos corretos de tratamento da avenida com a pavimentação permeável,

de forma a conter o processo erosivo e permitir a permeabilidade para manter a infiltração da água no solo.

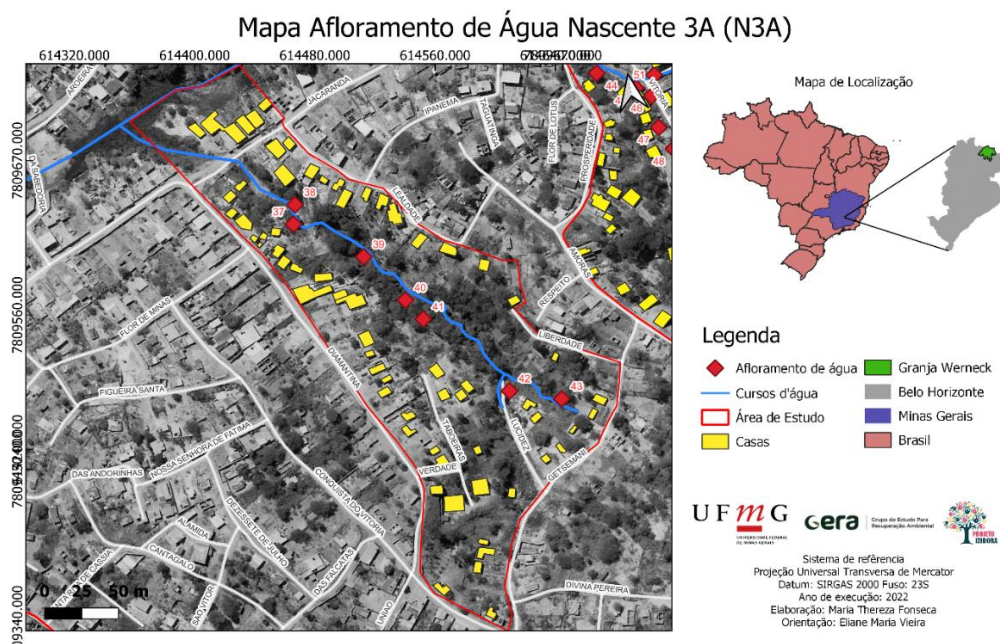
Esses valores contrastam com o setor N2 (figura 39) e N3B (figura 41) onde um grande número de nascente favorece um aporte maior de água e também de sedimentos. Nestes setores maior parte do sedimento também são oriundos da erosão das ruas Santa Maria e Conquista da Vitória na N2 e da Rua Getsemani na N3A (figura 40).

Figura 39 - Mapa dos afloramentos de água identificados na Nascente 2



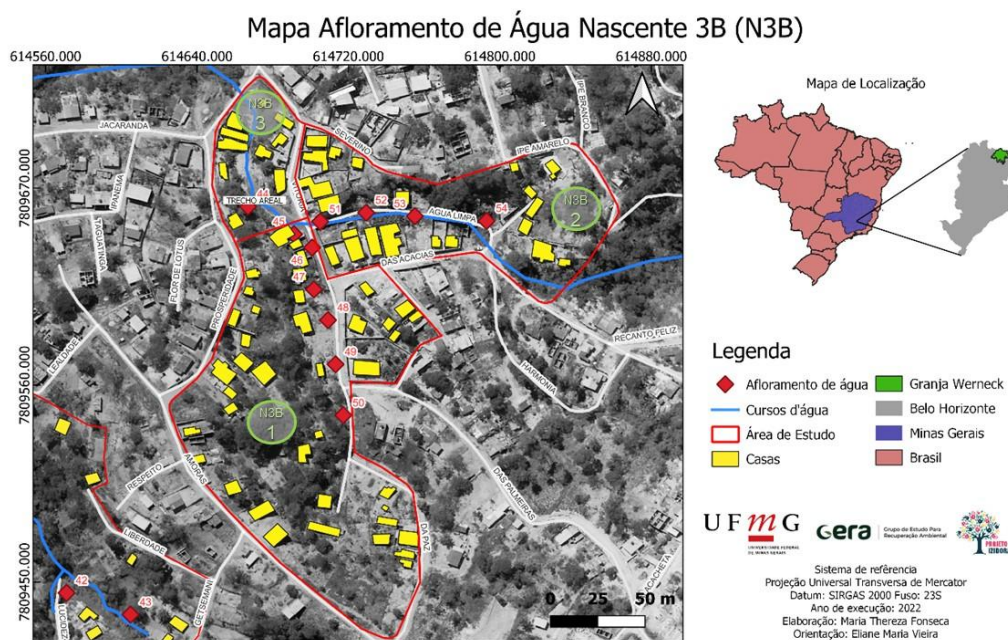
Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

Figura 40 - Mapa dos afloramentos de água identificados na Nascente 3A



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

Figura 41 - Mapa dos afloramentos de água identificados na Nascente 3B



Fonte: Grupo GERA UFMG, 2022.

Identificar os pontos de afloramento de água é fundamental para o diagnóstico da recuperação de cada área e guiar o projeto de recuperação e implantação de drenos onde há maior afloramento de água.

5. PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DAS NASCENTES, CORREGOS E MATAS CILIARES

Neste capítulo será apresentado o projeto de recuperação do impacto ambiental na Ocupação Vitória, assim como a execução deste projeto. A partir desta experiência de recuperação ambiental em área urbanizada, serão propostas diretrizes para o desenho urbano que alinhem o meio ambiente e as necessidades da população.

5.1 Projeto De Recuperação ambiental

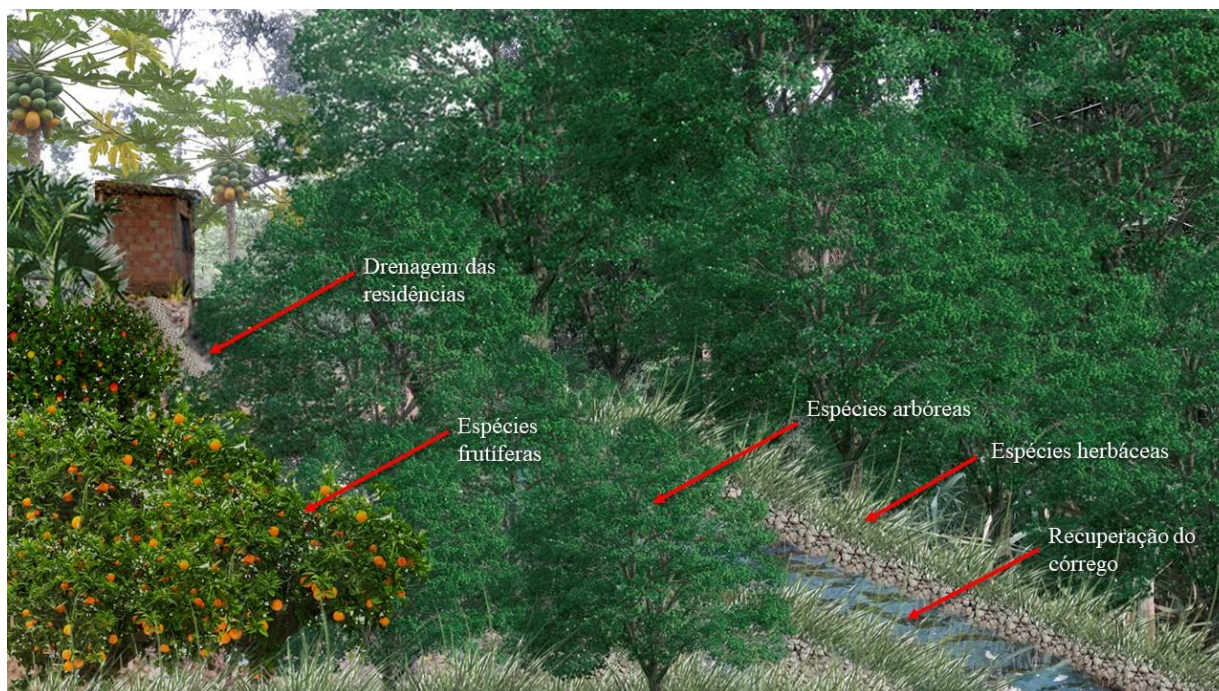
O projeto denominado "Recuperação de áreas degradadas da microbacia do Izidoro (Ocupação Vitória) sub bacia do Rio das Velhas"¹ é uma parceria entre a Universidade Federal de Minas Gerais e a empresa RMPC Soluções Ambientais com patrocínio do Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal. O projeto está sob a coordenação geral do Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto Coelho e a coordenação técnica da professora Dra. Maria Rita Scotti Muzzi e tem a participação dos alunos e professores do Grupo de Estudos em Recuperação Ambiental (GERA-UFMG/ CNPq). Foram contratados moradores da Ocupação Vitória para trabalhar na abertura dos drenos e no plantio.

O projeto de recuperação foi dividido por fases como mostra a figura 42. A primeira fase é o diagnóstico do impacto causado (capítulo 3). A partir do diagnóstico foi elaborado a proposta de intervenção que consiste na abertura de drenagem para o córrego dos macacos, estabilização de taludes, plantio de herbáceas na base do talude, e plantio de arbóreas em sequência das herbáceas e frutíferas próximas das casas, seguindo o zoneamento da floresta ripária (item 1.4). O projeto de recuperação ambiental proposto apoia-se nas soluções baseadas na natureza (item 1.1) segundo Cohen-shacham *et al.* (2016, p.7) ao reestabelecer as drenagens naturais e a construção da floresta ripária para estabilização de margens, aumentar a permeabilidade do solo, proteger os corpos hídricos e constituir fonte alimentar e energética, renda local. Além disto, a floresta riparia urbana fara o papel da mitigação das mudanças climáticas e biodiversidade, fortalecer a segurança hídrica

¹ Link para filme de apresentação do projeto de recuperação do impacto ambiental na Ocupação Vitória: https://drive.google.com/file/d/1oPTAoNESAT6jY6yE6oIRjIM-3VHsdZAC/view?usp=share_link

e resiliência aos impactos das mudanças climáticas. Como a área foi urbanizada, aconteceu o desenvolvimento da infraestrutura verde em ambientes urbanos para melhorar a qualidade do ar, apoiar o tratamento de águas residuais e reduzir o escoamento de águas pluviais e a poluição da água, assim como melhorar a qualidade de vida dos moradores.

Figura 42 – Projeto de intervenção



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

5.1.1 Abertura de drenos principais e laterais

Drenos principais foram reconstruídos onde a água das nascentes e pluviais deveria estar percorrendo em direção ao Ribeirão Macacos. Estas drenagens constituíram as Nascentes denominadas N1(A, B e C), N2, N3A N3 B (1, 2 e 3). Após o levantamento dos pontos de afloramento de água (item 3.6) foi possível delimitar a área onde a água encontra-se dissipada. e nestes pontos foram construídos drenos laterais para conduzir a água para os respectivos drenos principais. O processo de construção dos drenos (figura 43) é feito com a abertura do dreno por uma retroescavadeira, colocação de perdas na base do dreno para estabilização, construção de barreiras de pedras e rip-rap para que os sedimentos desçam para o córrego de forma mais lenta, evitando o acúmulo de sedimentos e entupimento do dreno e plantio de herbáceas e arbóreas para a estabilização das margens do dreno.

Os drenos laterais, também chamados de coletores, foram construídos para direcionar a água do solo e das chuvas para o dreno principal. Vários drenos laterais foram construídos próximo as casas para que a água acumulada nas casas e nas proximidades fosse conduzida para o dreno principal. Os pontos de afloramento de água (item 3.6) também foram fundamentais para a construção dos drenos laterais.

Figura 43 - Projeto antes e depois da abertura dos drenos



Fonte: Acervo pessoal e elaborado pela autora, 2022.

O córrego dos macacos encontra-se assoreado e com grande proliferação da espécie *Typha domingensis* popularmente conhecida como taboa. A taboa é uma espécie invasora de crescimento rápido que se sobrepõem as espécies nativas. A presença da taboa no córrego dos macacos (figura 44) é um indicativo de poluição da área e, se a taboa não for controlada, com o passar do tempo o córrego entrara em processo de involução de um ecossistema aquático para um ecossistema terrestre devido ao assoreamento excessivo.

Contudo, a taboa desempenha uma função ecossistêmica importante de reter os nutrientes e matéria orgânica do esgoto que é lançado pelas casas e impedir que essa poluição vá para a área preservada do córrego dos macacos. Portanto, é preciso primeiramente recuperar as nascentes e matas ciliares e também implantar sistema de saneamento, para que as plantas nativas possam substituir totalmente a taboa.

Figura 44 - Projeto antes e depois da recuperação da vegetação e combate as taboas



Fonte: Acervo pessoal e elaborado pela autora, 2022.

5.1.2 Plantio de herbáceas e arbóreas

A primeira fase do plantio ocorreu após a construção de cada dreno (figura 45). Foram plantadas sementes de plantas herbáceas para estabilização das margens já que suas raízes funcionariam como grampos para a estabilização da margem dos drenos e para que haja mais agregação do solo para que posteriormente fossem plantadas as espécies arbóreas. Foram plantadas sementes de crotalária (*Crotalaria incana*), girassol (*Helianthus annuus*), feijão guandu (*Cajanus indicus*), milheto (*Panicum miliaceum*) e aveia (*Avena sativa*).

As mudas das espécies arbóreas foram plantadas conforme a indicação do zoneamento da floresta ripária (item 1.4). Por se tratar de uma área que foi urbanizada, a mata ciliar plantada é também uma floresta urbana (item 1.3) que tem influência no microclima da região, proporcionando sombreamento e na qual a evapotranspiração das folhas podem ter um efeito de resfriamento (item 1.2), além de cumprir suas funções ecossistêmicas.

Figura 45 - Projeto antes e depois da floresta ripária



Fonte: Acervo pessoal e elaborado pela autora, 2022.

Na proximidade com as casas e para que houvesse uma maior integração da população ao projeto, os moradores escolheram as espécies frutíferas que gostariam que fossem plantadas próximas a suas casas (figura 46). Algumas das espécies selecionadas para o plantio foram a amora (*Rubus sellowii*), acerola (*Malpighia emarginata*), lichia (*Litchi chinensis*), abacate (*Persea americana*) e pitanga (*Eugenia uniflora*).

Figura 46 - Projeto antes e depois do zoneamento da floresta ripária

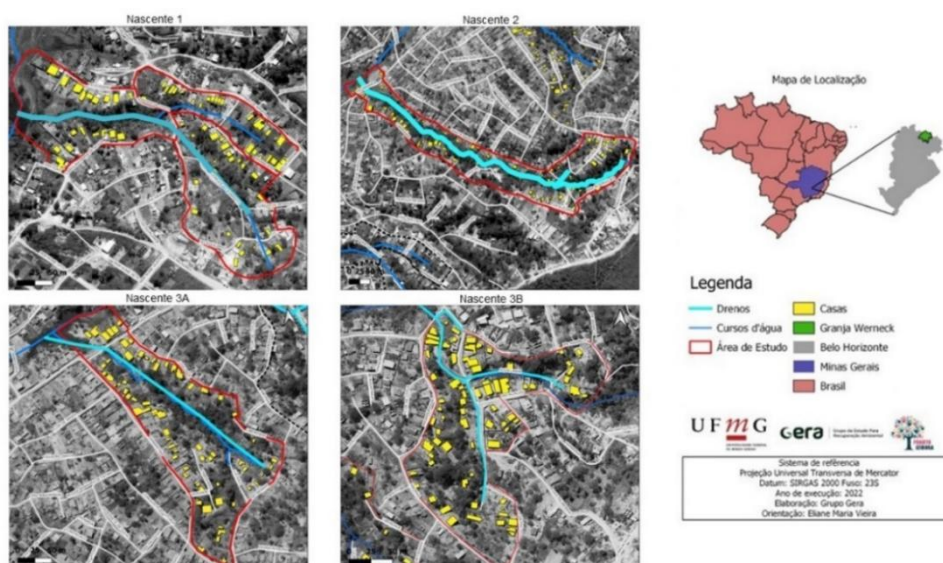


Fonte: Acervo pessoal e elaborado pela autora, 2022.

5.2 Execução do projeto de recuperação ambiental

A construção dos drenos (figura 47) aconteceu no segundo semestre de 2022 para que o plantio das espécies arbóreas acontecesse na época das chuvas de verão, de forma a que a chuva mantenha o solo úmido para que as mudas possam sobreviver. A seguir será feita a descrição dos drenos construídos por nascente.

Figura 47 - Mapas drenos construídos na área de estudo



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

5.2.1 Execução Nascente 1

O dreno da nascente 1 (figura 47) tem 370 metros de extensão. O dreno está localizado na rua Conceição Evaristo, Atravessa a Avenida Jacarandá e segue entre a rua Carolina Maria de Jesus e a rua Felicidade até o córrego dos Macacos. Foram localizadas 41 casas dentro deste perímetro da área de intervenção e 12 pontos de afloramento de água (item 3.6).

As estratégias utilizadas para a recuperação da área começaram com a limpeza e corte das espécies invasoras, a construção de um dreno principal, a construção de drenos laterais que coletam a água das nascentes as conduzem para o dreno principal e barreiras para diminuir a velocidade da água. Após a execução de todos os drenos (nascente 1, 2, 3A e 3B) aconteceu o plantio de espécies herbáceas e posteriormente o plantio de espécie arbóreas (item 4.1.2). A figura 48 mostra a tipologia de intervenção para as nascentes 1, 2 e 3A, que consiste em um dreno principal, drenos laterais que levam a água dos taludes e das casas para o dreno principal e barreiras de enrocamento de pedras para diminuir a velocidade da água. A altura dos taludes é variável de nascente para nascente, portanto, a figura 48 representa o modelo de intervenção para a recuperação ambiental das nascentes 1, 2 e 3A. A figura 49 mostra o antes e depois da intervenção para recuperação da área correspondente à nascente 1 e a figura 50 mostra a N1A, N1B e N1C após a intervenção.

Figura 48 - Tipologia da intervenção nas nascentes 1, 2 e 3A



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 49 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 1



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

Figura 50 - Execução da recuperação da Nascente



(a) Recuperação Nascente 1A (b) Recuperação Nascente 1B (c) Recuperação Nascente 1C

Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

5.2.2 Execução Nascente 2

O local da execução do dreno correspondente à nascente 2 está localizado entre a Avenida Jacarandá, rua Santa Maria, rua Caravanas, rua Ana Rodrigues e rua Conquista da Vitória. A nascente 2 o trecho mais extenso da recuperação e possui extensão de 670 metros. Foram localizadas 67 casas dentro deste perímetro (item 3.1) e 24 pontos de afloramento de água (item 3.6).

As estratégias de recuperação utilizadas para a nascente 2 foram a limpeza da área seguida pela construção de um dreno principal, a construção de drenos laterais e também a construção de drenos ladrões que são aqueles que dão suporte para o dreno principal quando o volume de água é muito grande. Os drenos ladrões são importantes elementos para a drenagem da água da chuva e em áreas muito úmidas como é o caso da nascente 2.

Outras estratégias utilizadas foram a construção de barreiras para diminuir a

velocidade da água, a construção de uma bacia de contenção de sedimentos a montante da nascente e também um dreno que atravessa a avenida Jacarandá de forma a conduzir a água para o Córrego dos Macacos. A figura 51 mostra como era a área correspondente à nascente 2 antes e após a recuperação.

Figura 51 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 2



Antes da recuperação (b) após a recuperação (c) passagem da rua após recuperação

Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

5.2.3 Execução Nascente 3A

O local da execução do dreno correspondente à nascente 3A² está localizado entre a Avenida Jacarandá, rua Diamantina, rua Getsemani e rua Lealdade. Possui extensão de 376 metros. Foram localizadas 63 casas dentro deste perímetro (item 3.1) e sete pontos de afloramento de água (item 3.6).

A estratégias utilizadas para a recuperação desta área foram: a limpeza da área, a construção de um dreno principal conectado a drenos laterais, um dreno grande profundo que atravessa a Avenida Jacarandá para conectar e conduzir a drenagem para o córrego dos Macacos. Na figura 52 é possível ver o antes e depois da execução do projeto de recuperação.

² Link para filme de apresentação do projeto de recuperação do impacto ambiental na Ocupação Vitória Nascente 3A: <https://drive.google.com/drive/folders/1MvBCwQNMHRhfk1Vcarlra7uAeoaJuqi>

Figura 52 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 3A



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

5.2.4 Execução Nascente 3B

O trecho correspondente a nascente 3B³ (figura 46) foi dividido em três partes. O trecho da Avenida Vitória com extensão de 170 metros, trecho da rua Águas limpas com 130 metros de extensão e o trecho do areal entre Avenida Jacarandá e Avenida Vitória com 110 metros de extensão.

O trecho da Avenida Vitória possui três pontos de afloramento de água e drenagem. A recuperação é formada pelo dreno principal e drenos laterais interligados. A água foi drenada das residências. A figura 53 mostra a tipologia da recuperação N3B1 e a figura 54 mostra o antes e depois da intervenção na N3B1.

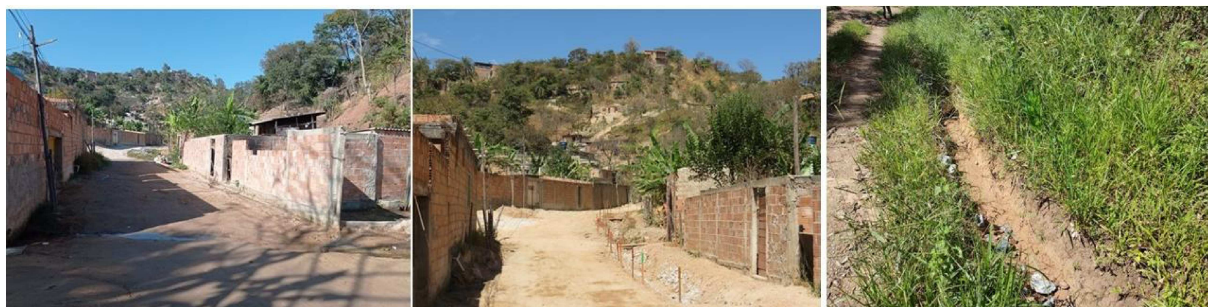
³ Link para filme de apresentação do projeto de recuperação do impacto ambiental na Ocupação Vitória Nascente 3B: <https://drive.google.com/drive/folders/1HCEUYAduHpRfvz4f1KNBwcbuLH-8kPTH>

Figura 53 - Tipologia da intervenção na N3B 1



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 54 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 3B 1



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

O trecho da rua Águas limpas é um local onde a água das nascentes corre entre as casas. Os afloramentos de água surgem a partir das residências. Para fazer o redirecionamento e drenagem dos afloramentos de água das residências foram utilizadas as seguintes estratégias: manilha em área de passagem, bacia receptora de sedimentos, barreiras para reduzir a velocidade da água, um dreno principal interligado à drenos laterais. A figura 55 mostra a tipologia da intervenção na N3B2. A figura 56 mostra como era a área correspondente ao dreno da N3B2 antes e após a recuperação.

Figura 55 - Tipologia de intervenção na N3A 2



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 56 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 3B2



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

O trecho do areal é a área receptora de todas as drenagens e é a área receptora também de água e sedimentos. Para a recuperação foi feita a construção de manilha em área de passagem, um dreno principal conectado aos drenos laterais a partir das residências, para conduzir a drenagem natural que aflora a partir das residências. A figura 57 mostra a tipologia da intervenção na área do área e a figura 58 o antes e depois da intervenção.

Figura 57 - Tipologia da intervenção na N3B 3



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 58 - Antes e depois da execução do dreno da Nascente 3B 3



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

5.3 Drenos no período seco e período chuvoso

Durante o período chuvoso aconteceu uma considerável movimentação de sedimento na área de estudo, conforme estudado no item 3.3. A figura 54 apresenta a comparação entre o mesmo dreno no período seco e no período chuvoso. É

possível observar na figura 54 o crescimento das plantas herbáceas plantadas no período da seca.

Figura 59 - Drenos no período da seca e no período chuvoso



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2023.

5.4 Projeto recuperação urbana e ambiental

Belo Horizonte é uma cidade planejada para receber a nova capital do Estado de Minas Gerais (item 1.6). Ávila (2008) afirma que o projeto urbano de Belo Horizonte apresenta um cunho político no qual o objetivo era criar um urbanismo no modelo republicano, oposto ao modelo colonial da antiga capital, Ouro Preto.

Os espaços públicos, portanto, obedecem a uma concepção secular de poder, onde a sede do governo está localizada na praça principal e as demais são organizadas como satélites desta. As os espaços públicos na cidade são formados por praças e parques urbanos e possuem um papel importante na vida da população, sendo lugares de encontros, interações sociais e contato com áreas verdes na cidade.

Segundo Hertzberguer (2012) é importante dar aos espaços públicos uma forma tal que a comunidade se sinta pessoalmente responsável por eles, fazendo com que cada membro da comunidade contribua à sua maneira para se identificar com o ambiente. Além de sua função social, os espaços públicos e áreas verdes

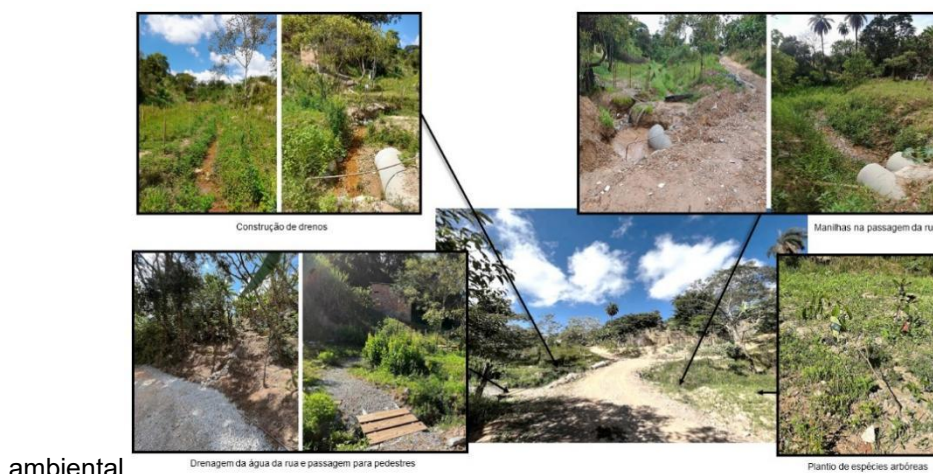
desempenham um papel ambiental importante contribuindo para maior permeabilidade e para o combate às mudanças climáticas. Nas áreas periféricas e na chamada cidade informal, os espaços públicos são ainda mais importantes, pois, como afirma Roaf *et al.* (2009) os impactos das mudanças climáticas não serão disseminados pelo globo da mesma forma e estão sujeitos a recair desproporcionalmente sobre os pobres.

A comunidade na Ocupação Vitória além de não ter estruturas essenciais de ruas e vias adequadas, não foi contemplada com sistema de saneamento de água e esgoto energia elétrica. Esta comunidade também possui poucos espaços para a organização da vida social, sendo eles: igrejas, uma horta comunitária e uma praça na interseção das principais ruas.

O projeto de recuperação urbana proposto visa compatibilizar os espaços públicos com os recursos ambientais. Desta forma, será possível que os moradores desenvolvam as conexões sociais e o sentimento de pertencimento na área. Essa ação pode fazer com que os mesmos assumam a manutenção das áreas verdes. Para tanto, a proposta é que nas áreas de estudo onde serão implantados as florestas ripárias e os drenos, sejam criadas praças de convivência, com mobiliário urbano adequado, de forma que a população possa usufruir destes espaços, ao mesmo tempo que estes cumprem suas funções ecossistêmicas.

A figura 60 mostra o antes e depois do projeto de recuperação urbana alinhado à recuperação ambiental na nascente 1, na avenida Jacarandá, onde há espaços propícios para a implantação de espaços públicos.

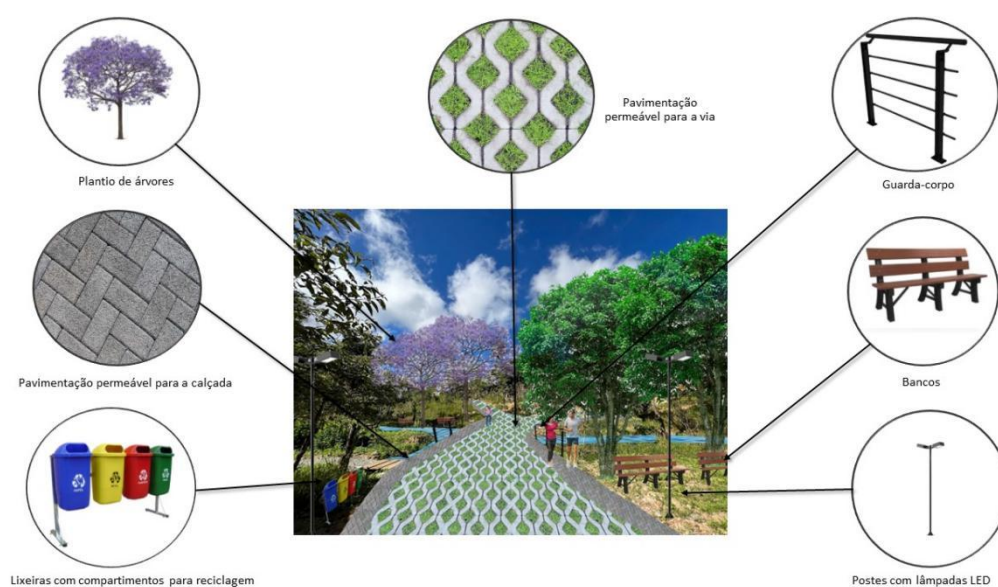
Figura 60 - Estratégias para a recuperação



Fonte: Acervo pessoal alterado pela autora, 2023.

As estratégias de recuperação urbanas para a Ocupação Vitória são apresentadas na figura 61. As estratégias foram desenvolvidas tendo como ponto de partida as soluções baseadas na natureza (item 1.1) na busca pela implantação de medidas que proporcionem maior conforto para os moradores, sejam eficientes no combate às mudanças climáticas e sejam adequadas ao projeto de recuperação ambiental que aconteceu na área (item 4.1).

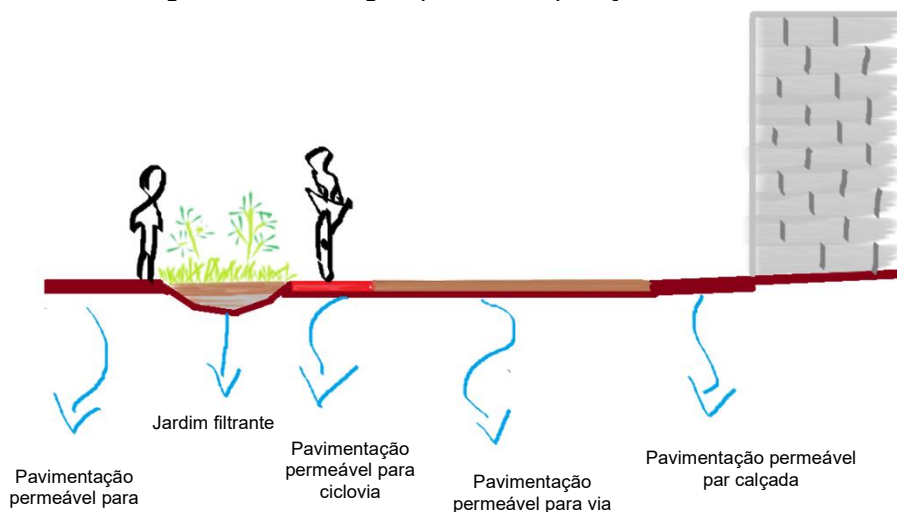
Figura 61 - Estratégias para a recuperação urbana



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A seguir será apresentada as estratégias para recuperação urbana da avenida Jacarandá:

Figura 62 - Estratégias para a recuperação urbana



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Na figura 61 pode-se comparar como é a situação atual da área de estudo correspondente à Avenida Jacarandá na nascente 1, interseção entre a N1A e N1C. Na figura 62 também é possível comparar as alterações na área após o estudo feito sobre as melhorias urbanas que podem ser implementadas visando a continuidade das melhorias feitas com a recuperação ambiental executada.

Figura 63 - Antes e depois do projeto de recuperação urbana



Fonte: Acervo pessoal alterado pela autora, 2023.

As árvores desempenham papel fundamental tanto na recuperação ambiental quanto na recuperação urbana. Hertzberguer (2012) salienta que dependendo do clima as partes mais ensolaradas ou sombreadas tornam-se mais populares. O sombreamento das copas das árvores é também muito eficiente para a diminuição da temperatura e melhoria da umidade do ar graças a evapotranspiração que ocorre nas plantas (item 1.2). Para isso a arborização é fundamental, além de cumprir suas funções ecossistêmicas.

Na ocupação Vitória o plantio de espécies arbóreas e herbáceas tem a função também de formar a floresta ripária para os cursos d'água (item 1.). Entre as espécies arbóreas escolhidas, foram plantadas espécies frutíferas para que a população possa usufruir dos frutos e replantar as sementes em suas casas, quando possível.

A rua tem mais funções que somente o tráfego de veículos e pedestres. Esta desempenha também uma função social. Para Hertzberguer (2012) as ruas de convivência, que não são exclusivamente vias para o tráfego de veículos, são organizadas de modo a proporcionar a convivência da comunidade, com espaços de convivência e espaço para as crianças brincarem. Para tanto, no projeto de recuperação urbana da Ocupação Vitória a rua desempenha papel fundamental. A avenida Jacarandá conecta todas as áreas onde foi executado o projeto de recuperação. É onde há a maior concentração de casas. A pavimentação permeável na rua e nas calçadas permitem que a água penetre no solo, o que pode diminuir os alagamentos e matem a continuidade do ciclo hídrico.

O mobiliário urbano corrobora com o conceito de rua de convivência apresentado anteriormente. Os guarda-corpos próximos aos cursos d'água recuperados proporcionam mais segurança para a população, especialmente para as crianças, e também a preservação dos cursos d'água.

Para a permanência da comunidade nas áreas, foram integrados ao projeto bancos, lixeiras com separações para reciclagem. Uma opção para o mobiliário urbano é a reutilização de madeiras para a construção dos bancos, o que evita o corte de mais árvores e contribui para as diretrizes da sustentabilidade: reciclar, reutilizar e reduzir. Os postes com lâmpadas LED que consomem menos energia que as lâmpadas tradicionalmente utilizadas em espaços públicos. A iluminação noturna confere maior segurança para a população e pode aumentar a permanência nos espaços

públicos e o sentimento de pertencimento que pode acarretar no cuidado e manutenção da área por parte dos próprios moradores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de recuperação ambiental na Ocupação Vitória permitiu o diagnóstico dos impactos ambientais e a partir deste a proposição e implantação de ações que fizeram com que a água dissipada no solo fosse conduzida para o córrego dos Macacos, aumentou a quantidade de vegetação na área com as florestas ripárias, mitigando o impacto causado pelo desmatamento e ocupação urbana desde 2013 e protegeu as nascentes.

Nas soluções baseadas na natureza, o projeto utilizou elementos naturais como enrocamento de pedras, espécies herbáceas e espécies arbóreas para recuperar a área estudada. Para que o projeto de recuperação atingisse seus objetivos foi necessária uma equipe multidisciplinar de profissionais e alunos.

O projeto foi dividido em 4 grandes áreas de estudo denominadas N1 (N1A, N1B e N1C), N2, N3A e N3B (N3B1, N3B2 e N3B3). Em 2021 praticamente toda a área apresenta solo exposto em meio aos agrupamentos urbanos com NDVI médio de 0,4 e 0,7. Conforme aconteceu o desmatamento da área, diminuição da vegetação arbórea e aumento do solo exposto, a vazão da água aumentou a água deixa de penetrar no solo e escoar, levando consigo sedimentos e causando erosões no solo. A nascente 3B, a mais adensada (0,119), seguida pela nascente 3A (0,085), a nascente 2 (0,052) e a nascente 1(0,0139) a menos adensada. Enquanto A nascente 2 também é a que apresenta maior extensão e baixo adensamento enquanto a nascente 3B foi menor em extensão, mas apresentando adensamento significativo. Porém, o volume de sedimentos não está correlacionado com o adensamento já que maior volume de sedimentos foi encontrado na nascente N2 e que apresenta um dos mais baixos níveis de adensamento populacional. A densidade urbana não foi a grande responsável pelo processo de erosão e sim o desmatamento e a permanência das ruas com o solo expostos. A vazão e movimentação de sedimentos não está relacionada com a densidade urbana. O impacto ambiental de assoreamento do córrego de macacos não parece estar correlacionado ao adensamento urbano, mas sim com o desmatamento e com a exposição e desproteção das vias e ruas. A área não deve ser considerada como uma área de preservação permanente, mas uma área protegida com uso sustentável

Há uma variação de altitude de 179 metros entre o ponto mais baixo, próximo ao córrego dos macacos, e o ponto mais alto no topo dos morros. A direção do fluxo hídrico foi mais intensamente alterada em alguns pontos com o desenvolvimento da ocupação Vitória em alguns pontos como evidenciado pelos múltiplos direcionamentos (diferentes cores). A água das nascentes está retida no lençol freático no entorno das casas, aflorando em locais indevidos, causando patologias construtivas e favorecendo a erosão do solo. Estes resultados indicam a necessidade de se criar mecanismos de vazão da água retida em direção ao córrego Macacos. Isto pode ser conseguido através da criação de drenos específicos inclusos no projeto executivo de recuperação

As áreas de estudo são possíveis observar que o fluxo está dissipado, o que significa que a água das chuvas não é absorvida pelo solo e não penetra no solo. Isto se deve à impermeabilização do solo, causada pela compactação das ruas desprotegidas após desmatamento. A estatística mostra que a N3B é a área com mais água no solo, seguida pela N2. Essas são as áreas mais saturadas de água cujas as médias são significativamente diferentes e com o valor menor de Kpa que as demais nascentes. De acordo com os resultados, os pontos mais saturados foram onde foram construídos o maior número de drenos. Os afloramentos de água (pontos em vermelho) que totalizaram 56 pontos sendo: 11 pontos na nascente 1, 25 na nascente 2, 7 na nascente 3A e 13 pontos na nascente 3B.

O projeto de recuperação urbana alinhado à recuperação prevê que as áreas subutilizadas na Ocupação Vitória se tornem espaços públicos nos quais a população possa desenvolver o sentimento de comunidade e pertencimento à área e tenha mais contato com as áreas verdes. Os espaços públicos são muito importantes para as cidades tanto pela sua função social, quanto pelas suas funções ecossistêmicas, sendo conhecidos como o pulmão da cidade.

A Ocupação Vitória é uma área que antes era um extrato da Mata Atlântica e foi ocupada desde 2013 por cerca de 4.500 famílias. O déficit de moradia no Brasil faz com que parte da população que não consegue manter-se na cidade formal pela alta especulação imobiliária migre para áreas de risco ou áreas verdes. A situação das famílias da Ocupação Vitória ainda é incerta, cabendo ao poder público decidir quais famílias permanecerão na área e quais famílias serão realocadas. Vale ressaltar que

o maior adensamento urbano da área tende a ser prejudicial e aumentar o impacto ambiental.

O projeto de recuperação ambiental alinhado a recuperação urbana mostrou que é possível que as famílias habitem a área sem aumentar o impacto ambiental. Para que isso aconteça, as soluções baseadas na natureza podem ser utilizadas para a recuperação das nascentes e restabelecimento das florestas ripárias. A própria comunidade pode ser responsável pela manutenção das intervenções feitas e pode usufruir dos frutos das espécies frutíferas plantadas e constituir estas áreas como espaços de lazer.

A Ocupação Vitória retrata a realidade presente em muitas regiões brasileiras, onde há o conflito entre o direito à moradia e a preservação ambiental. A falta de moradia para todas as parcelas da população é um problema social histórico que foi agravado no século XX com o processo de industrialização associado a urbanização e segue sendo um dos maiores desafios para gestores públicos e planejadores urbanos. O aumento na velocidade das mudanças climáticas e o aumento na intensidade das ocorrências de desastres naturais e ilhas de calor são fatos que fizeram com que as pautas ambientais ganhassem destaque no século XXI, mostrando a extrema importância da preservação dos recursos naturais, em especial as florestas e a água. A recuperação de áreas degradadas é, portanto, vital para a sobrevivência da humanidade no planeta.

Desenvolver a consciência da importância dos recursos naturais na população que habita áreas de interesse ambiental é fundamental para que haja uma diminuição dos impactos causados e possa haver a recuperação da degradação ambiental, de forma que a recuperação ambiental possa ser alinhada a permanência da população na área. A decisão de realocar as famílias passa por âmbitos políticos, que podem ou não considerar os fatores ambientais. Assim como é de responsabilidade do poder público proteger as áreas de interesse ambiental, é também de sua responsabilidade garantir moradia com saneamento e infraestrutura urbana a toda população.

Este projeto mostra que para áreas onde existem os conflitos mencionados acima, é preciso que seja elaborado um diagnóstico prévio a qualquer intervenção, pois, cada

área apresenta suas particularidades e precisa ser estudada, pois, as decisões devem ser tomadas com o maior número de informações possíveis para que seja feito um trabalho mais completo e assertivo.

Este projeto contemplou as esferas ambientais, urbanas e sociais da recuperação das áreas degradadas. Pela sua complexidade é possível concluir que não há uma solução pronta para os problemas citados. São vários atores que atuam nestas áreas com interesses distintos que podem sobrepor-se uns aos outros. A Ocupação Vitória pode tornar-se um modelo de como integrar a recuperação ambiental à uma área ocupada. Para tanto é necessário que os tomadores de decisão optem por este caminho e decidam juntamente com a comunidade proteger a área e educar a comunidade para o desenvolvimento da consciência ambiental e social.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, Henri. Discursos da sustentabilidade urbana. In: **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**. Rio de Janeiro, n. 1, pp.79-90, 1999.
- AMARAL, R. **A prestação de serviços ecossistêmicos e a dinâmica de estoque de dióxido de carbono no Sistema de Espaços Livres do Município de Belo Horizonte: estudo de caso na Regional Centro-Sul**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.
- AMARAL, R; PEREIRA COSTA, S. A; MUZZI, M. R. S. O sequestro de carbono em trechos da floresta urbana de Belo Horizonte: por um sistema de espaços livres mais eficiente no provimento de serviços ecossistêmicos urbanos. **Paisagem e Ambiente**, n. 39, p. 163-179, 2017.
- AMSTEL, J. M. N. van. **Percepções, saberes e práticas sobre o meio ambiente na favela: o caso de uma intervenção ambiental na Grotta do Surucucu, Niterói, RJ**. Dissertação de Mestrado de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade - Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- AVILA, M. **O retrato da rua. Memórias e modernidade na cidade planejada**. Editora UFMG, 2008.
- BALBINOT, Rafaelo et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas The forest role in the hydrological cycle at hydrological basins. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008.
- BELO HORIZONTE. PLANO DIRETOR MUNICIPAL. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei/11181/2019>. Acessado em 22 de fevereiro de 2021.
- BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é-o que não é**. São Paulo: Editora Vozes Limitada, 2017.
- BORSAGLI, A. **Encarte Rios Invisíveis da Metrópole Mineira**. Belo Horizonte: Clube de Autores, 2016.
- BORSAGLI, A. **Rios Invisíveis da Metrópole Mineira**. Encarte. Belo Horizonte: Clube de Autores, 2016.
- BRADY, N C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.
- BRANDÃO, S. S. F.; DE ARAÚJO FRUTUOSO, M. N. M. Estudo sustentável da capacidade de carga antrópica e a sua influência no ponto de equilíbrio da resiliência ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 01, p. 185-199, 2016.

BRASIL. Lei 4771/1965. Código Florestal Brasileiro [on line]
<http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/L4771.htm>.

BRONICK, C.J., LAL, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124, 3–22, <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>.

BERGHAUSER PONT, M. Y.; HAUPT, P. A. **Space, density and urban form**. Delft: Technische Universiteit Delft, 2009. ISBN: 978-90-5269-375-0.

CAJAZEIRO, J. M. D. **Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do ribeirão Arrudas e córrego da Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

CASTRIOTA, L. B. *et al.* **Arquitetura da Modernidade**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

CAVALCANTE, L. V. B. **A bacia do rio Arrudas: Análise das inundações entre 1930 a 2005 no município de Belo Horizonte/MG**. Programa de Pós-graduação do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

CLIMATEMPO. **BH: em 110 anos, nunca choveu tanto como em janeiro de 2020** Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2020/01/29/bh-em-100-anos-n-nunca-choveu-tanto-como-em-janeiro-de-2020-1563>. Acesso em: 15 de junho de 2021.

COHEN-SHACHAM, Emmanuelle *et al.* Nature-based solutions to address global societal challenges. **IUCN: Gland, Switzerland**, v. 97, p. 2016-2036, 2016.

COOPERATIVE Research Centre (CRC) for Water Sensitive Cities. **The impacts of WSUD solutions on human thermal comfort. Green Cities and Micro-climate**. B3.1 -2-2014. Melbourne: Monash University, December 2014. Disponível em https://watersensitivecities.org.au/wpcontent/uploads/2016/07/TMR_B3-1_WSUD_thermal_comfort_no2.pdf. Acesso em 11 de junho de 2021.

DE MORISSON VALERIANO, Márcio; DE CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 4, n. 1, 2003.

DE OLIVEIRA CLARO, Priscila Borin; CLARO, Danny Pimentel; AMÂNCIO, Robson. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração-RAUSP**, v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008.

DE OLIVEIRA CLARO, Priscila Borin; CLARO, Danny Pimentel; AMÂNCIO, Robson. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração-RAUSP**, v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008.

EMBRAPA. Uso do Tensiometro no manejo e irrigação.(online) Dezembro, 2010. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884330/1/Documentos235.pdf>

FERNANDES, P. C. A. **Belo Horizonte: a spatial narrative in three episodes**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

FERNANDES, P. C. A. **Belo Horizonte: a spatial narrative in three episodes**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. 2019.

FERRAZ DE SÁ, Werther Lima; Souza, Maria Ângela de Almeida. **Autoconstrução na cidade informal: relações com a política habitacional e formas de financiamento**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

FRANTZESKAKI, Niki. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. **Environmental science & policy**, v. 93, p. 101-111, 2019.

GOLD, A. J.; KELLOGG, D. Q. Modelling internal processes of riparian buffer zones. **Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection. Quest Environment, Harpenden (UK)**, p. 192-207, 1996.

GRUPO GERA – UFMG. **Grupo de estudos para recuperação ambiental**. Departamento de Botânica – Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Minas Gerais.

GUIMARÃES, L. C. **Estratégias para a mitigação de herbivoria por capivaras (Hydrochaeris hydrochaeris) sobre reflorestamento de floresta ripária no alto rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil**. Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais 2013.

HARVEY, D. **Cidades Rebeldes: do Direito à Cidades à revolução Urbana**. São Paulo: Martins Fontes. 2014.

HERTZBERGUER, H. **Lições de Arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 2012.

IBGE. Belo Horizonte 2020. em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/belo-horizonte.html>. Acesso em 14 de março de 2021

IBGE. **Estimativa da População 2020**. em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acessado em 14 de março de 2021

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal Cidades. **Belo Horizonte**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/belo-horizonte.html>. Acesso em 14 de março 2021.

JACOBS, J. **Morte e Vida de Grandes Cidades**. São Paulo: WMF Martins Fontes. 2011.

KAICK, T. S. **Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Sociedade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

KAUFMANN, R. K., ZHOU, L.-M., MYNENI, R. B., TUCKER, C. J., SLAYBACK, D., SHABANOV, N. V., & PINZON, J. "The effect of vegetation on surface temperature: A statistical analysis of NDVI and climate data" in **Geophysical Research Letters**, 2003, vol. 30, pp. 21–47

KING E.G., Hobbs R.J. "Identifying linkages among conceptual models of ecosystem degradation and restoration: towards an integrative framework." in **Restoration Ecology**, 2006, vol. 14: pp. 369–378.

KOBIYAMA, Masato. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos. **M. Kobiyama, RV Silva, T Checchia & A. Alves (orgs), Anais do I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, Alfredo Wagner**, p. 1-13, 2003.

KUNENE. Disponível em:
http://www.kunene.riverawarenesskit.com/KUNENERAK_COM/PT/RIO/HYDROLOGY/PRINCIPLES_OF_HYDROLOGY/WATER_CYCLE.HTM. Acessado em 05 de junho de 2021.

LEFEBVRE, Henry. *Le Droit à la ville*. Paris: Anthropos, 1968.

LEFEBVRE, Henry; DONALD, Nicholson-Smith. *The production of space*. **Massachusetts: Blackwell**, 1991.

LOWRANCE, R. *et al.* **Water quality functions of riparian forest buffer systems in the Chesapeake Bay Watershed**. Report No. EPA 903-R-95-004. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C, 1995.

MONTEIRO, Cláudia. Morfologia urbana e biologia: a cidade como organismo. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 5, n. 1, p. 38, 2017.

MONTEZUMA, Roberto; DE BRITTO LEITE, Maria de Jesus. Cidade como organismo vivo e a construção do conceito "alma-e-corpo". **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 01, p. 246-265, 2021.

MORAIS, J. D. M. **Análise exploratória de diferenças de conforto térmico entre dois padrões de ocupação urbana representados por ocupação espontânea e por ocupação planejada**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

NASCIMENTO, J. N. **Fica Ficus na cidade de Belo Horizonte (2013-2016): informação, ação e possibilidades para construção de uma coleção digital.** Dissertação de Mestrado Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

NESSHÖVER, Carsten et al. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. **Science of the total environment**, v. 579, p. 1215-1227, 2017.

NILAWEERA N., Nutalaya P. "Role of tree roots in slope stabilisation" in **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, vol. 57 pp. 337–342, 1999

PEREIRA COSTA, Stael Alvarenga et al. Os espaços livres na paisagem de Belo Horizonte. **Paisagem e Ambiente**, n. 26, p. 51-72, 2009.

PEREIRA COSTA. S. A. *et al.* **Os modelos das companhias industriais e seus reflexos nas cidades brasileiras.** Curitiba: CRV, 2019.

PEREIRA COSTA. S. A.; NETTO, M. M. G. GIMMLER NETTO, M. M. **Fundamentos de Morfologia Urbana.** Belo Horizonte: C/Arte, 2015.

PINHEIRO, M. M. G., & NAGHETTINI, M. Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na Região Metropolitana de Belo Horizonte–RMBH. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3(4), 73-88, 1998.

PINOTTI, L. R. R. **Uso de jardins filtrantes como alternativa de tecnologia social para o saneamento rural.** Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Jaboticabal, 2022.

PLANO DIRETOR DE BELO HORIZONTE. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politicaurbana/regulacaourbana/informestecnicos/Minicurso-do-Novo-Plano-Diretor-de-Belo-Horizonte>. Acessado em 22 de fevereiro de 2021.

REUBENS, B., POESEN, J., DANJON, F., GEUDENS, G., MUYS, B. (2007): "The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review" in *Trees*, vol. 21, pp. 385–402, 2007

ROAF, S. CRICHTON, D. NICOL, F. a *Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI.* Porto Alegre: Bookman, 2009.

RODRIGUES, G. A. B. L. **"O caso Izidora: as ocupações urbanas e a reprodução do espaço em Belo Horizonte"**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

ROLNIK, R; KLINK, J. Crescimento econômico e desenvolvimento urbano: por que nossas cidades continuam tão precárias?. **Novos estudos CEBRAP**, p. 89-109, 2011.

RUBIM, C. **Tratamento de efluentes com Wetlands e jardins filtrantes construídos artificialmente**, 2017. Acesso em: fevereiro 2023.

SCHULTZ, R. C. et al. Riparian Forest buffers in agroecosystems—lessons learned from the Bear Creek Watershed, central Iowa, USA. **Agroforestry systems**, v. 61, p. 35-50, 2004.

SILVA, D. C. **Plano de recuperação de área degradada da fazenda retirada bonita em Campina Verde – MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) -- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

SOUZA, G. B., TEIXEIRA, C. V., SALGADO, M., PEREIRA COSTA, S. A. **Espaços Livres em Paisagens Conturbadas. O vetor Norte da RMBH**. Curitiba: CVR, 2021.

SUDECAP. **Standard Procedure for Hiring and Preparing Infrastructure Projects. Belo Horizonte**: SMEU Norms and Standards Management. 2018.

SWEENEY, B. W. CZAPKA, S. J. YERKES, T. (2002) **Riparian Forest Reclamation: Increasing Success by Reducing Plant Competition and Herbivory. Reclamation Ecology** 10 (2), pp. 392–400

TABACCHI, E. Lambs, L. Guillo, H. Planty-Tabacchi, A.M. Muller, E. Décamps H. (2000) **Impacts of riparian vegetation on hydrological processes**. Hydrological Processes 14, pp. 2959–2976.

VAZ, Lilian Fessler. Novas questões sobre a habitação no Rio de Janeiro: o esvaziamento da cidade formal e o adensamento da cidade informal. In: **XXI International Congress Latin American Studies Association, Social Justice: last experiences and future prospects. Chicago, États-Unis**. p. 24-26, 1998.

VYMAZAL, J. Constructed wetlands for wastewater treatment. **Water**, v. 2, n. 3, p. 530-549, 2010. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/2/3/530>. 37 Acesso em 02 de maio de 2021.

XING, Y; JONES, PI; DONNISON, I. Characterisation of nature-based solutions for the built environment. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 149, 2017.