




Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações

Yuri Mariano Carvalho  <https://orcid.org/0000-0002-2148-6260>


Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais *Campus* Juiz de Fora. Acadêmico de Engenharia Civil na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora/MG – Brasil. E-mail: yuri.mariano@engenharia.ufjf.br.

Joyce Falci de Aguiar Rodrigues  <https://orcid.org/0000-0003-0816-4424>

Especialista em Sustentabilidade na Construção Civil pelo Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais. Graduada no curso de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora/MG – Brasil. E-mail: joycefalci@gmail.com.

Fabio Jacob da Silveira  <https://orcid.org/0000-0003-4214-0426>

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Bolsista-pesquisador no Núcleo de Análise Geoambiental (NAGEA) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) – Juiz de Fora/MG – Brasil. E-mail: fjsilveira14@gmail.com.

Vivian Gemiliano Pinto  <https://orcid.org/0000-0003-4089-0661>

Doutora em Ecologia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Professora no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais *Campus* Juiz de Fora – Juiz de Fora/MG – Brasil. E-mail: vivian.pinto@ifsudestemg.edu.br.

Resumo

São constantes os casos de inundação na área urbanizada da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (BHCI), em Juiz de Fora/MG, o que demanda intervenções do poder público para que sejam evitados. Nesse contexto, esta pesquisa analisa a dinâmica desses transtornos na região e aponta ações mitigadoras para implantação na bacia. Por meio de pesquisas documentais e do uso de ferramentas de geoprocessamento, foram coletados e gerados dados sobre hidrologia, pluviometria, morfologia e uso e ocupação do solo da região a fim de caracterizá-la e apontar intervenções sustentáveis e suas locações no entorno dos córregos Teixeira e Ipiranga, identificados como os mais impactados da bacia. Devido ao atual estado de ocupação da BHCI, ressalta-se que as ações propostas visam mitigar os danos, não sendo capazes de impedir casos de inundação, principalmente nas situações de vazões máximas. Dentre as ações mitigadoras propostas, destacam-se os pavimentos permeáveis, os jardins de chuva e as bacias de retenção. Caso implementadas na bacia, além de melhorar a qualidade de vida da população, essas tipologias de infraestrutura verde aumentam a permeabilidade do solo, reduzindo, assim, o acúmulo de água na superfície.

Palavras-chave: adensamento urbano, planejamento sustentável, águas pluviais urbanas, geoprocessamento.

Geomorphological and land occupation characterization of basin in an urbanized area of Juiz de Fora (Brazil) and proposition of green infrastructure to promote life quality and minimize floods

Abstract

Floods require interventions by the public authorities to prevent them in the urbanized area of the Córrego Ipiranga Watershed (BHCI) in Juiz de Fora, Brazil. This research analyzes the dynamics of these disorders in the region and points out mitigating actions for implementation in the watershed. Through documentary research and geoprocessing tools, data on hydrology, rainfall, morphology, and land use were collected and generated to characterize the region and point out sustainable interventions and their locations around the Teixeiras and Ipiranga streams, identified as the most impacted in the watershed. Due to the current occupation of the BHCI, it is noteworthy that the proposed actions aim to mitigate the damage, not being able to prevent flooding and inundation, especially in situations of maximum flows. Among the proposed mitigating interventions, permeable sidewalks, rain gardens, and detention basins stand out. If implemented in the watershed — besides improving the communities' life quality — these green infrastructure elements increase soil permeability, thus reducing water accumulation on the surface.

Keywords: urban density, sustainable planning, urban stormwater, geoprocessing.

Caracterización geomorfológica y de ocupación del suelo de cuenca en área urbanizada de Juiz de Fora (Brasil) y propuesta de infraestructura verde como agente promotor de calidad de vida y minimizador de inundaciones

Resumen

Las inundaciones son un problema constante en el área urbanizada de la Cuenca Hidrográfica Córrego Ipiranga (BHCI), en Juiz de Fora, Brasil, lo que exige intervenciones de las autoridades públicas para prevenirlas. En ese contexto, esta investigación tiene como objetivo analizar la dinámica de estos eventos en la región y proponer medidas mitigadoras para su implementación en la cuenca. A través de la investigación documental y del geoprocésamiento, se recopilaron y generaron datos sobre hidrología, precipitación, morfología y uso y ocupación del suelo de la región con el fin de caracterizarla y señalar intervenciones sostenibles y sus ubicaciones alrededor de los arroyos Teixeiras e Ipiranga — los más impactados en la cuenca. Debido al actual estado de ocupación del BHCI, cabe destacar que las medidas propuestas van encaminadas a mitigar los daños, no pudiendo prevenir las inundaciones, especialmente en situaciones de máximo caudal. Entre las acciones propuestas se destacan los pavimentos permeables, los jardines de lluvia y las dársenas de detención. Si se implementa en la cuenca, además de mejorar la calidad de vida de la población, la infraestructura verde aumenta la permeabilidad del suelo, reduciendo así la acumulación de agua en la superficie.

Palabras clave: densidad urbana, planificación sostenible, aguas pluviales urbanas, geoprocésamiento.

Este documento é protegido por Copyright © 2023 pelos Autores



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações

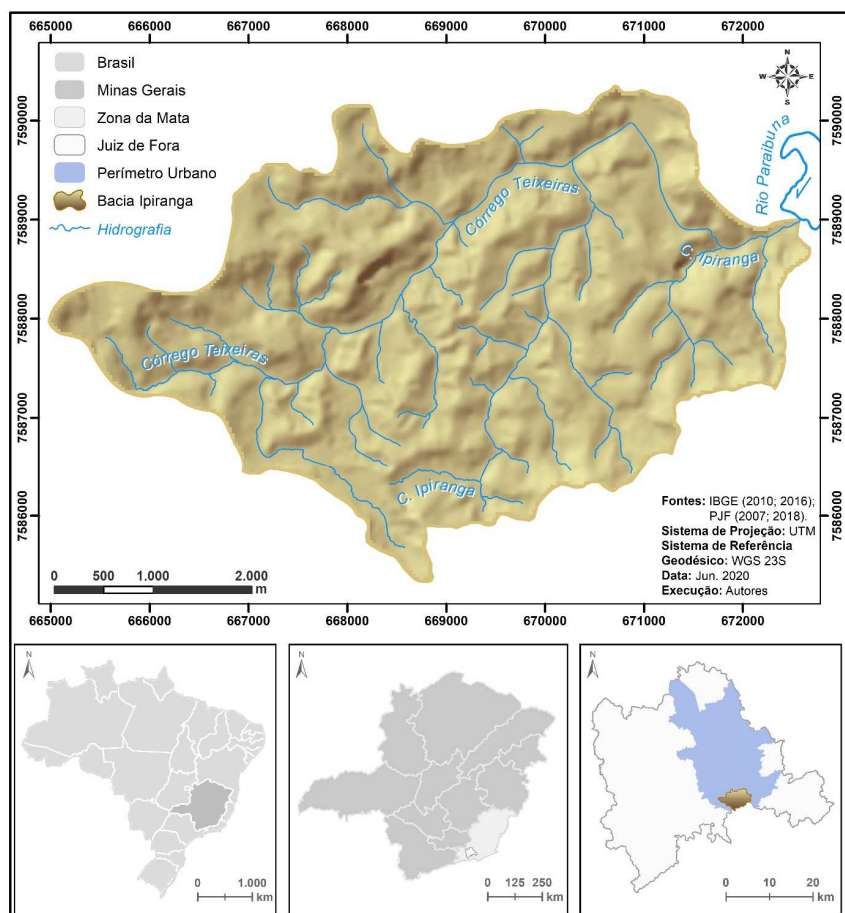
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

1 Introdução

Dentre as estratégias adotadas pelo ser humano para explorar recursos naturais, destaca-se a forma como ele ocupa os espaços. Até a década de 1950, somente 32,2% dos brasileiros viviam em cidades (FARIAS *et al.*, 2017); dados de 2010, por sua vez, atualizam a população brasileira residindo em áreas urbanas para 84,4% (IBGE, 2010). Essa ocupação acelerada, sem planejamento de espaços urbanos, é acompanhada pelo aumento da impermeabilização do solo e da canalização e retificação dos cursos hídricos em áreas urbanas, ações que colaboram para a ocorrência de alagamentos e inundações (TUCCI, 2008).

Em Juiz de Fora, município polo da Zona da Mata mineira, o transbordamento de córregos e rios é fato comum nos noticiários locais¹. O domínio morfoclimático de mares de morros, as intensas chuvas no período de novembro a março (INMET, 2021) e o alto adensamento urbano geram condições propícias para deslizamentos de terra e inundações (RODRIGUES, 2020) – como ocorrem nas áreas urbanizadas da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (BHCI) (Figura 1), região sul da cidade.

Figura 1. Delimitação da área em estudo, a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais



Fonte: Os autores (2020)

¹ Algumas notícias recentes acerca do tema estão disponíveis em: <http://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2016/02/moradores-contam-os-prejuizos-apos-enchente-em-bairro-de-juiz-de-fora.html>, <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2020/01/05/alagamentos-e-deslizamentos-de-terra-sao-registrados-apos-chuva-em-juiz-de-fora.ghtml> e <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2021/12/17/ruas-ficam-alagadas-e-corrego-transborda-durante-forte-chuva-em-juiz-de-fora-veja-video.ghtml>. Acesso em: 24 fev. 2022.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações

Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

A fim de evitar o transbordamento de cursos hídricos, algumas alternativas foram adotadas pelo poder público de Juiz de Fora a partir da década de 1940, como a retificação e a canalização de córregos e rios (MACHADO, 2016). As medidas, no entanto, não conseguiram evitar esses transtornos em épocas de chuva na BHCI (SILVA; MACHADO, 2011), onde os córregos Teixeira e Ipiranga² seguem transbordando de forma recorrente mesmo após algumas intervenções do poder público.

A frequência com que as inundações assolam a área aponta para a necessidade de estudos relacionados à permeabilidade do solo e ao sistema de drenagem na bacia. Tucci (2008) orienta que é necessário priorizar os leitos naturais de escoamento dos cursos hídricos, amortecer as vazões pluviais e aumentar a permeabilidade do solo como estratégias para a promoção de um ambiente mais natural e sustentável. Tais ações dialogam diretamente com os princípios da infraestrutura verde: uma rede de áreas naturais e seminaturais planejada e gerenciada de modo a promover benefícios ambientais, econômicos e sociais para a região em que se insere, dando origem a espaços urbanos sustentáveis, resilientes e inclusivos (MONTEIRO; FERREIRA; ANTUNES, 2020). Exemplos práticos desse tipo de infraestrutura incluem os sistemas que integram áreas de preservação ambiental, parques (naturais ou urbanos) e espaços livres públicos, como praças e vias (SCHUTZER, 2014).

Ao associar a infraestrutura verde à rede de drenagem pluvial preexistente em uma bacia hidrográfica, espera-se reduzir a degradação ambiental promovida pela ocupação desordenada do solo (MAROPO *et al.*, 2019), contribuir para a valorização dos espaços urbanos (MAGALHÃES; NERI, 2018), aumentar os espaços públicos (MAGALHÃES; NERI, 2018; SCHUTZER, 2014), melhorar o microclima (MAGALHÃES; NERI, 2018; HERZOG; ROSA, 2010; CORMIER; PELLEGRINO, 2008) e mitigar alagamentos e inundações (MAGALHÃES; NERI, 2018; HERZOG; ROSA, 2010). No entanto, a BHCI é fortemente adensada, apresentando na sua área mais urbanizada (Unidade de Planejamento S2, segundo o zoneamento municipal) 5.840,88 habitantes por km² (JUIZ DE FORA, 2019), não possibilitando intervenções de grande porte na região.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo realizar a caracterização morfométrica e de ocupação do solo da BHCI, identificando as áreas mais adensadas e propondo soluções baseadas em princípios da infraestrutura verde para esses locais, não só para corroborar na mitigação de inundações, mas, principalmente, para melhorar a qualidade de vida na região com o aumento da permeabilidade do solo e a arborização.

2 Metodologia

A proposição de soluções para a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga está sintetizada no Quadro 1 e foi adaptada da metodologia de Cardoso e Baptista (2011).

² A BHCI tem como principais cursos hídricos os córregos Teixeira e Ipiranga, sendo este último um afluente da margem direita do rio Paraibuna, principal curso hídrico da cidade. O curso hídrico principal da bacia é o Córrego Teixeira, mas, por questões histórico-culturais, o córrego passa a ser denominado Córrego Ipiranga após a confluência com esse último até sua foz no Rio Paraibuna, afluente, por sua vez, do rio Paraíba do Sul.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
 Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

Quadro 1. Etapas metodológicas do estudo

Etapa	Descrição
Definir objetivos da intervenção	Contribuir para a valorização dos espaços urbanos por meio da inserção de elementos acolhedores que invoquem uma sensação de pertencimento à comunidade e que simultaneamente permitam melhorar o microclima e mitigar alagamentos e inundações.
Diagnosticar a área de estudo	Investigar a morfometria, o uso e a ocupação do solo, apontando as áreas mais impermeabilizadas e mais carentes de intervenções.
Propor intervenções	Delimitar trechos da bacia, considerando características sociais e espaciais, e propor alterações que harmonizem com a realidade local.

Fonte: Os autores (2022)

2.1 Diagnóstico da área de estudo

Utilizando-se o software ArcGis, versão 10.5 (ESRI, 2020), foram elaborados mapas da bacia a partir de análises de campo e de dados obtidos junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Ordenamento Urbano de Juiz de Fora. Os dados vetoriais de hidrografia, hipsometria e divisões municipais administrativas do município empregavam como sistema de referência de coordenadas o datum SAD 69 convertidos para o datum SIRGAS 2000, projeção UTM 23 S.

Os mapas produzidos objetivaram avaliar a relação entre características geomorfológicas e de uso e ocupação do solo (*e.g.*, declividade, presença de vegetação e áreas edificadas no entorno do curso hídrico) e a dinâmica de inundações na região. As áreas susceptíveis a inundações foram mapeadas utilizando as curvas de nível levantadas pela Prefeitura de Juiz de Fora (JUIZ DE FORA, 2007) (malha de um metro), simulando a área de inundação considerando que o nível d'água atinja até um metro acima do nível das margens do Córrego Ipiranga. Essa cota foi estabelecida após constatar, em relatos de reportagens, a altura da água em situações de transbordamento do córrego e analisar imagens dos locais de inundação no entorno dos córregos Teixeira e Ipiranga, na rua Ibitiguaia. Além disso, considerou-se o trabalho de mapeamento a *laser* das cotas altimétricas contratado pela Prefeitura de Juiz de Fora, que conferiu uma base de dados apurada da região da BHCI com cotas de um em um metro, e o mapa hipsométrico da bacia gerado com base nesse levantamento, que apresenta a variação percentual da declividade do terreno.

A partir da análise dos mapas produzidos, foram extraídas características morfométricas da bacia necessárias para entender sua forma, seu relevo e sua rede de drenagem. Inicialmente, as características coletadas foram: área, perímetro, declividade e altitude da bacia (inclusive áreas verdes e urbanizadas), ordem de Strahler (1957) dos cursos de água e comprimento dos canais. Em seguida, procedeu-se ao cálculo de outros parâmetros morfométricos (Quadro 2), como observado nos trabalhos de Cardoso *et al.* (2006), Ribeiro e Pereira (2013), Santos *et al.* (2012) e Servidoni *et al.* (2021).

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
 Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

Quadro 2. Descrição dos parâmetros morfométricos utilizados

Parâmetro	Conceito	Equação
Coefficiente de compacidade (K_C)	Parâmetro adimensional que relaciona o perímetro da bacia (P, em m) e uma circunferência de área igual à da bacia (A, em m ²). ¹	$K_C = 0,28 \cdot P \cdot \sqrt{A}$
Fator de forma (K_F)	Parâmetro adimensional que relaciona a largura média (A/L _C , em m) e o comprimento do canal principal (L _C , em m). ¹	$K_F = \frac{A}{L_C^2}$
Razão de relevo (R_R)	Parâmetro adimensional que relaciona a amplitude altimétrica da bacia (ΔH, em m) e o comprimento axial da bacia (L _V , em m). ²	$R_R = \frac{\Delta H}{L_V}$
Densidade hidrográfica (D_H)	Parâmetro com unidade canais/m ² que relaciona o número de canais (N) com a área da bacia (A, em m ²). ^{3,4}	$D_H = \frac{N}{A}$
Densidade de drenagem (D_D) e coeficiente de manutenção (C_M)	O parâmetro D_D (m/m ²) relaciona o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (L, em m) com a área total da bacia (A, em m ²). ^{3,5} Seu inverso (C_M , em m ⁻¹) define a área necessária para que a bacia mantenha perene cada metro de canal de drenagem. ⁴	$D_D = \frac{L}{A}$ $C_M = \frac{1}{D_D}$
Índice de sinuosidade (I_S)	Parâmetro adimensional que relaciona o comprimento do canal principal (L _C , em m) e o comprimento vetorial do canal principal (L _V , em m). ¹	$I_S = \frac{L_C}{L_V}$

Fonte: ¹Villela e Mattos (1975); ²Schum (1956); ³Cardoso *et al.* (2006); ⁴Horton (1945); ⁵Santos *et al.* (2012)

2.2 Diagnóstico da área de estudo

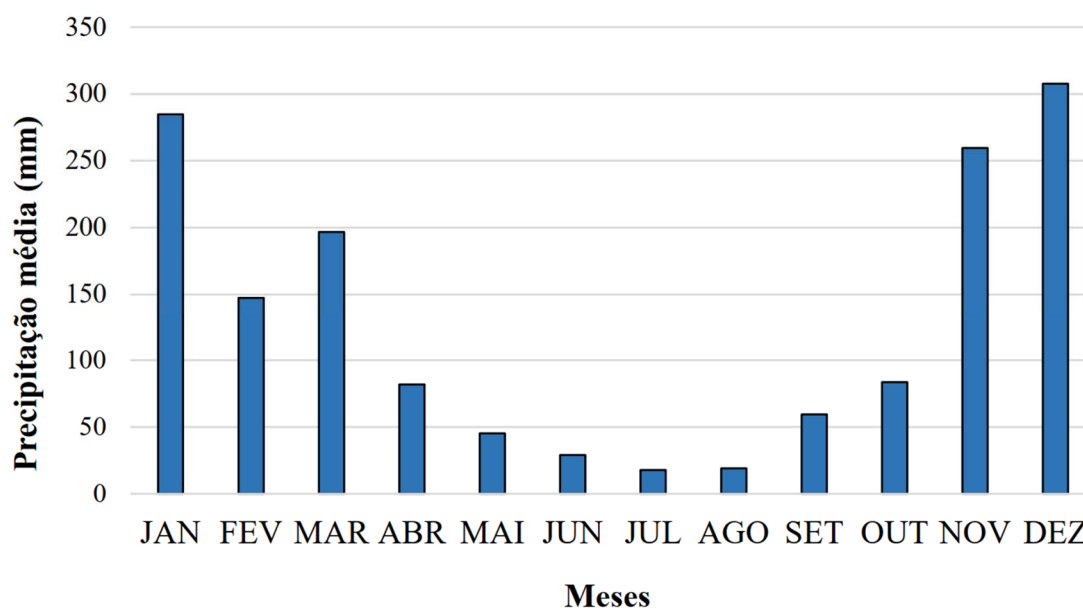
As diretrizes projetuais propostas nesse trabalho foram construídas a partir da análise de trabalhos nacionais e internacionais sobre infraestrutura verde e recuperação de cursos hídricos (CORMIER; PELLEGRINO, 2008; MAROPO *et al.*, 2019; MCFARLAND *et al.*, 2019). Como estudos preliminares mostram que a região da BHCI já sofreu intervenções e é altamente antropizada (GERHEIM, 2016; SILVA; MACHADO, 2011), optou-se por estruturar intervenções que harmonizassem com a realidade do local (evitando desapropriações, por exemplo) e reduzissem os impactos antrópicos nos cursos hídricos da bacia hidrográfica.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

2.3 Características Climatológicas na BHCI

Juiz de Fora, município na Zona da Mata do estado de Minas Gerais, possui clima do tipo Cwa, segundo a classificação climática de Köppen, genericamente chamado de Tropical de Altitude: um clima mesotérmico de verões quentes, coincidente com a estação chuvosa (LABCAA, 2009). Ao analisar os dados pluviométricos do local (como ilustrado na Figura 2, produzida com dados do pluviômetro disponível no bairro Santa Efigênia), tem-se que a precipitação anual acumulada é de cerca de 1.532 mm, o que representa uma condição de alta pluviosidade, sobretudo nos meses de precipitações mais intensas, que se refletem em casos recorrentes de inundações em várias áreas da bacia.

Figura 2. Precipitação média entre 2011 e 2020 registrada na BHCI



Fonte: INMET (2021). Elaborada com os dados do pluviômetro no bairro Santa Efigênia (D1177)

3 Resultados e discussão

Por meio do mapeamento da BHCI, foi possível caracterizar a região através do cálculo de parâmetros geométricos, geomorfológicos e de drenagem, como sintetizado na Tabela 1.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações

Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

Tabela 1. Características geométricas, geomorfológicas e de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, em Juiz de Fora, Minas Gerais

	Parâmetro	Valor
Características geométricas	Área (A)	21,15 km ²
	Perímetro (P)	23,29 km
	Comprimento axial da bacia (LA)	7,69 km
	Coefficiente de compacidade (KC)	1,42
	Fator de forma (KF)	0,21
Características geomorfológicas	Altitude média	803,48 m
	Altitude mínima	659 m
	Altitude máxima	971 m
	Amplitude altimétrica (HM)	312 m
	Declividade média	24,94%
	Declividade mínima	0,0%
	Declividade máxima	219,57%
	Razão de relevo (RR)	0,04
Características de drenagem	Ordem da bacia (STRAHLER, 1957)	4
	Número total de canais (N)	43
	Comprimento total dos canais (L)	48,13 km
	Comprimento do canal principal (LC)	9,96 km
	Comprimento vetorial do canal principal (LV)	7,13 km
	Densidade hidrográfica (DH)	2,03 canais/km ²
	Densidade de drenagem (DD)	2,28 km/km ²
	Coefficiente de manutenção (CM)	0,44 km ² /km
Índice de sinuosidade (IS)	1,40	

Fonte: Os autores (2022)

Diferentemente de bacias hidrográficas com forma mais circular, como do Alto Sapucaí (SERVIDONI *et al.*, 2021) e de Vargens de Caldas (RIBEIRO; PEREIRA, 2013), que apresentam maior tendência a enchentes, a BHCI possui formato irregular e estreito (KC = 1,42; KF = 0,21), sendo pouco similar a um círculo pelos parâmetros de Villela e Matos (1975). A bacia em estudo também apresenta relevo pouco acidentado (RR = 0,04), o que favorece a infiltração da precipitação (BRUBACHER, OLIVEIRA; GUASSELLI, 2011; PIEDADE, 1980). Essas características, desconsiderando o nível de ocupação do solo na região, indicam uma bacia com baixa tendência a episódios de transbordamento dos cursos hídricos.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações

Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

A drenagem na BHCI é classificada como regular ($DD = 2,28 \text{ km/km}^2$; $CM = 0,44 \text{ km}^2/\text{km}$), com baixa frequência de canais ($DH = 2,03 \text{ canais/km}$), o que reduz a capacidade da água de escoar (favorecendo a infiltração) e formar novos cursos hídricos (SANTOS *et al.*, 2012). Com relação à sinuosidade dos canais, estes possuem formas transitórias ($IS = 1,40$), havendo certo equilíbrio entre trechos retilíneos e sinuosos, o que reduz moderadamente a velocidade de escoamento e indica uma média tendência a enchentes (BRUBACHER; OLIVEIRA; GUASSELLI, 2011).

Entretanto, diagnostica-se que a baixa tendência a enchentes expressa pelas características morfológicas e de drenagem da bacia contrasta com os recorrentes episódios de transbordamento de curso hídrico na região. Logo, levanta-se a hipótese de que as inundações na região não são oriundas de tais características, devendo-se atentar para as intervenções antrópicas operadas no entorno do córrego Ipiranga e seus afluentes.

3.1 Ocupação do solo

O entorno do córrego Ipiranga começou a ser ocupado a partir da década de 1930 (MARTINS, 2014), época em que não havia instrumentos legais para garantir a manutenção sustentável da vegetação arbórea, principalmente no entorno de cursos hídricos (MOURA, 2016). Essa lacuna legal pode ter colaborado para que a especulação imobiliária reduzisse as áreas verdes com processos acelerados de urbanização não planejada e, conseqüentemente, ocupasse áreas sujeitas a inundações. Como apontado por Martins (2014), a partir da década de 1940, a comercialização de loteamentos não assistidos por serviços de saneamento básico aumentou a ocupação irregular do espaço urbano e os problemas de saúde relacionados a contaminação por meio hídrico na população. Para gerenciar a crise sanitária na região, o poder municipal promoveu canalizações, rebaixamentos e retificações de córregos – ações que tornaram o bairro ainda mais cobiçado por novos moradores e que acentuaram a impermeabilização do solo, os processos erosivos (o tipo de solo da região, o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd28), se caracteriza por apresentar maior susceptibilidade à erosão (AMARAL, 2004)) e a degradação da vegetação ribeirinha (MARTINS, 2014).

O processo de urbanização nessa região – inclusive sobre áreas de preservação – ganhou maior fôlego a partir dos anos 2000, principalmente no bairro Santa Luzia, devido à sua proximidade com a região central do município e à variedade de equipamentos urbanos disponíveis na região para atender à população, com a Unidade de Pronto Atendimento (UPA), áreas de lazer, comércio e serviços diversificados. A tendência é que novos empreendimentos geradores de adensamento urbano continuem a ser instalados nos bairros próximos ao bairro Santa Luzia, acentuando o fluxo de pessoas e automóveis na região – fato que é, inclusive, incentivado pelo poder público ao reclassificar algumas vias, adotando zoneamento mais permissivo a construções (JUIZ DE FORA, 2014). Há, ainda, projetos que visam à urbanização de outras áreas, o que pode estender as ocupações à cabeceira do canal principal da bacia, tomando áreas de pastagens e matas próximas. Portanto, a fim de evitar a urbanização desordenada que ocorreu na primeira metade do século XX, é necessário ordenar a ocupação dessas novas áreas e prezar pela conservação da parca vegetação existente.

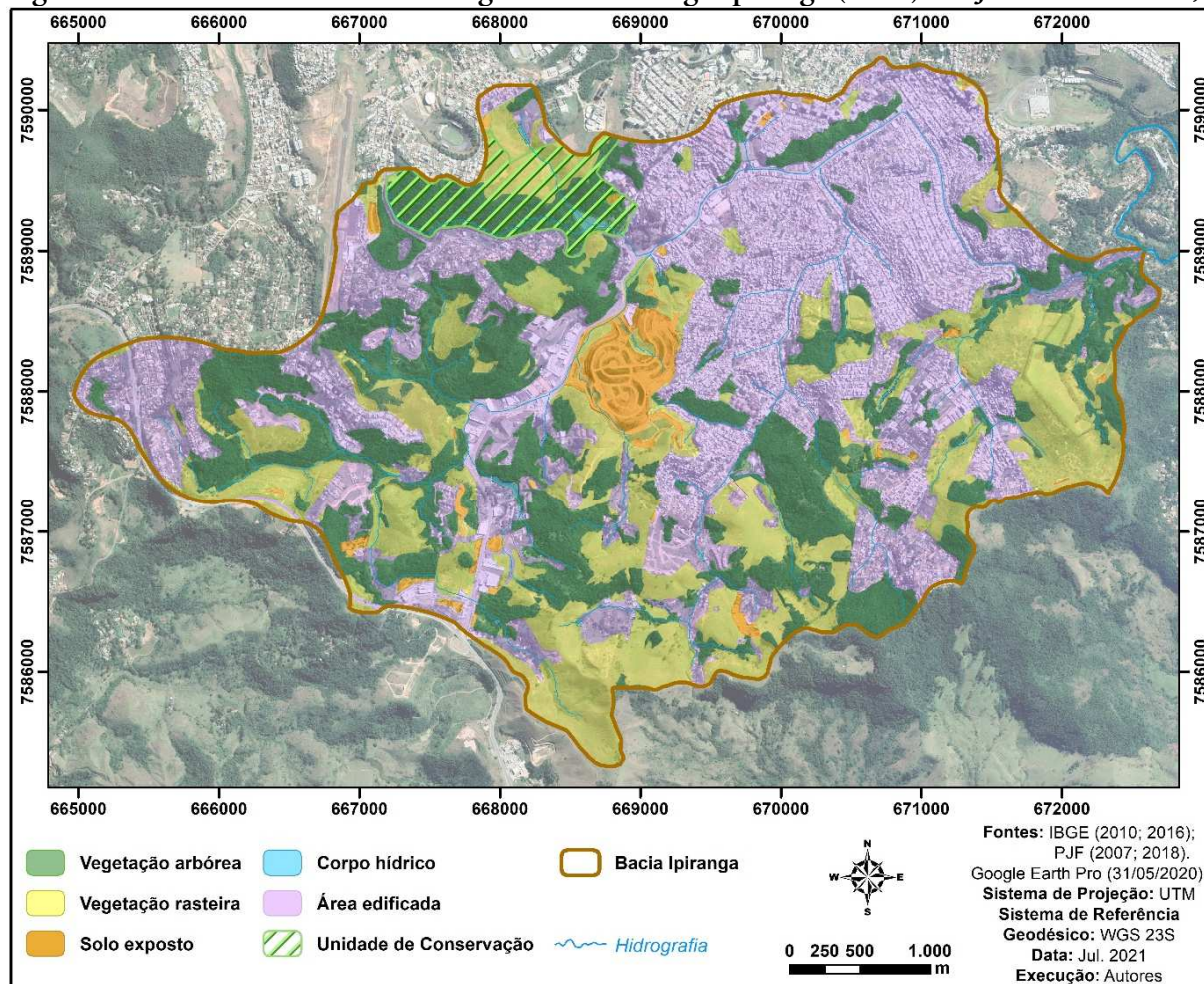
A conservação de áreas verdes, seja no entorno de cursos de água ou em fragmentos em meio à área urbana, reduz a vulnerabilidade do solo aos processos erosivos e atenua em eventos chuvosos a gravidade dos riscos hidrológicos, como alagamentos e inundações. Atualmente, têm-se cerca de 48,2% da área da bacia ocupada por vegetação rasteira e arbórea, uma proporção próxima a de área

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações

Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

edificada (44,4%). Entretanto, essa maior urbanização se concentra na porção Leste da bacia, impactando diretamente o entorno do córrego Ipiranga (Figura 3).

Figura 3. Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (2020) em Juiz de Fora/MG, Brasil

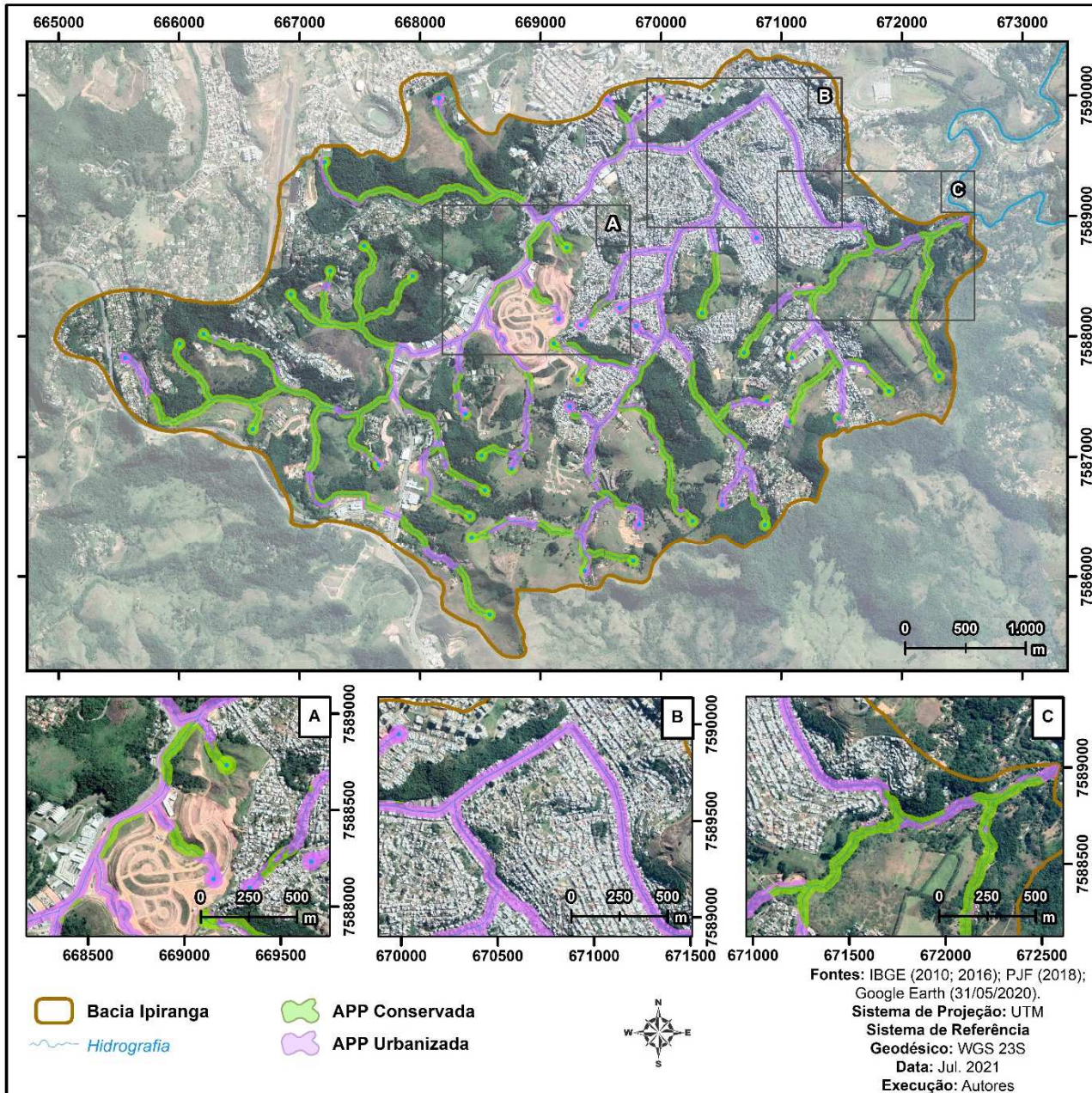


Fonte: Os autores (2021)

O adensamento urbano no entorno do córrego Ipiranga levou à redução da vegetação ripária do curso hídrico (Figura 4, detalhe A), restando somente cerca de 21% de vegetação conservada; na região do bairro Santa Luzia (Figura 4, detalhe B) esse valor é reduzido para 13%, havendo maior concentração de vegetação em áreas de preservação delimitadas a jusante (Figura 4, detalhe C). O córrego Teixeiras, por sua vez, ainda possui 45% de sua vegetação ripária conservada, principalmente na área próxima à sua nascente. Esse cenário indica o descumprimento do Novo Código Florestal (BRASIL, 2012) e corrobora a tese da ocupação indevida das áreas de inundação do corpo hídrico – visto que, dos 142 casos de alagamentos, enxurradas e inundações na bacia entre 2000 e 2014, 52 correspondiam a ocorrências em Áreas de Preservação Permanente (APP) (GERHEIM, 2016). Logo, reforça-se a necessidade de se conservar a vegetação ripária, pois esses espaços atenuam o efeito das enchentes ao reterem a água em áreas mais permeáveis.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
 Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

Figura 4. Áreas de Preservação Permanente (APP) de curso d’água e de nascente conservadas e urbanizadas na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga

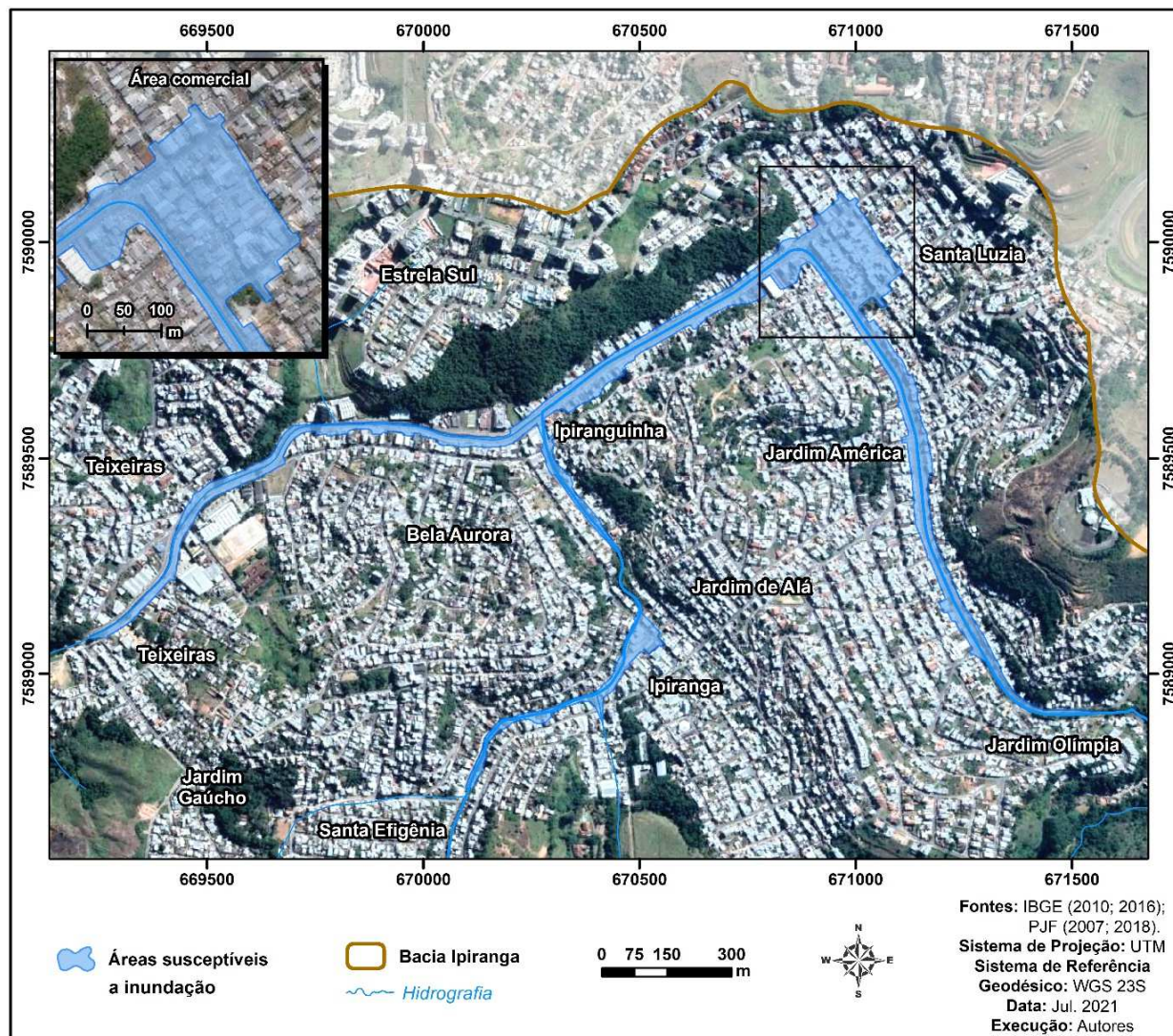


Fonte: Os autores (2021)

Ademais, ao avaliar as regiões mais suscetíveis a inundações no entorno do córrego Ipiranga, destaca-se a área comercial no bairro Santa Luzia (indicada na Figura 5 e compreendida entre rua Torreões, rua Ibitiguaia, rua Água Limpa e avenida Santa Luzia), associada às áreas com declividade de até 6%.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

Figura 5. Áreas suscetíveis a inundações no perímetro da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, com destaque para a Área Comercial do bairro Santa Luzia



Fonte: Os autores (2021)

3.2 Propostas de intervenção

Considerando o histórico de urbanização não planejada na região, tem-se que a ocupação irregular da BHCI se estendeu para o leito maior de seus cursos hídricos, o que compromete as edificações e a vida da população que reside na região. Logo, é um desafio propor tipologias de infraestrutura verde de grande porte que não envolvam a desapropriação de terras. As intervenções em vias ou passeios públicos, por sua vez, são dificultadas pela irregularidade de dimensões.

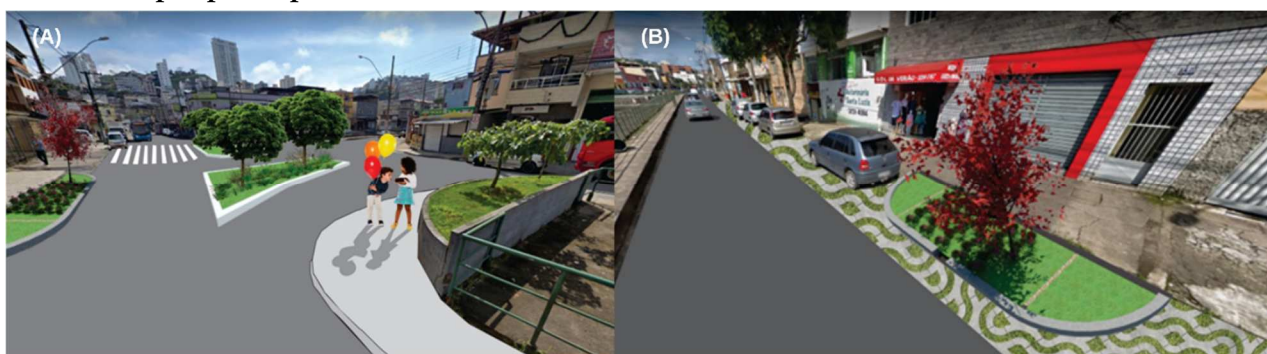
A fim de atender a essas restrições, as diretrizes projetuais propostas neste trabalho agrupam-se em duas intervenções principais: inserir áreas permeáveis em meio à mancha urbana do bairro e executar bacias de retenção. As intervenções propostas buscam aumentar o número de áreas permeáveis no bairro Santa Luzia e adjacências e suscitar a reflexão quanto ao atual valor de área mínima permeável exigido pela legislação municipal: 10% (JUIZ DE FORA, 2018a).

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

3.2.1 Áreas permeáveis em meio à mancha urbana

Reconhecendo as restrições espaciais que impedem grandes intervenções nas áreas já urbanizadas no entorno dos cursos hídricos, foi proposta a construção de jardins de chuva e a gradual substituição da pavimentação nas vias por pavimentos permeáveis (Figura 6). Tais tipologias aumentam a infiltração das águas pluviais no solo e, conseqüentemente, minimizam o escoamento superficial, aumentando o tempo de detenção e evitando inundações em pontos mais próximos ao exutório da bacia (MORSCH; MASCARÓ; PANDOLFO, 2017).

Figura 6. Croquis indicando a implantação de jardins de chuva (A e B) e de pavers ecológicos em vagas de estacionamento (B) na rua Ibitiguaia. As vias, por sua vez, também podem ter o revestimento substituído por placas permeáveis



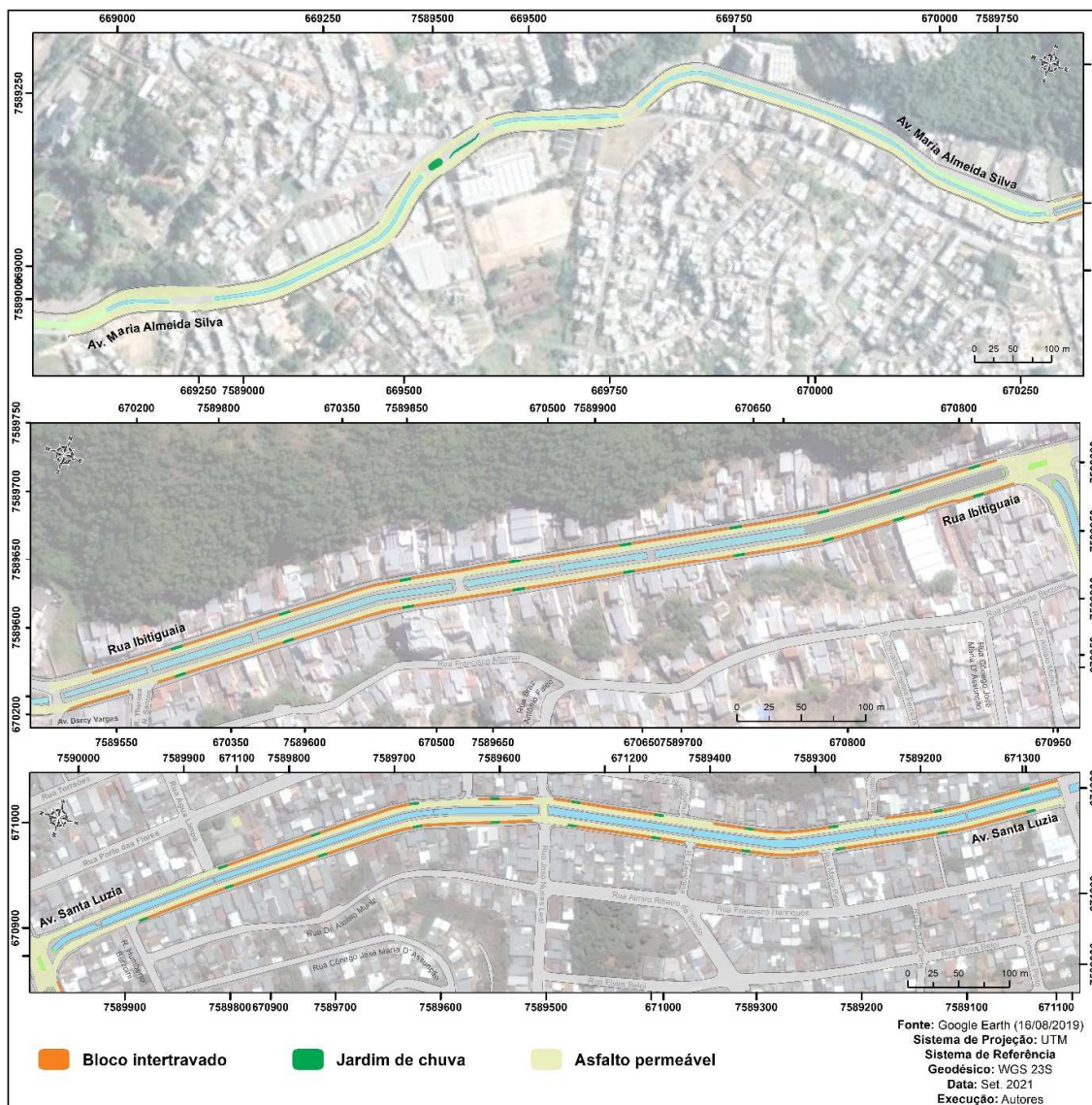
Fonte: Os autores. Figuras modeladas no Adobe Photoshop (ADOBE, 2020)

Os jardins de chuva são depressões topográficas, geralmente construídos com solos de alta porosidade, que recebem o fluxo pluvial das áreas impermeabilizadas ao seu redor (CORMIER; PELLEGRINO, 2008). A presença de vegetação e microrganismos no solo contribuem para a biorremediação dos poluentes trazidos com o escoamento superficial (CORMIER; PELLEGRINO, 2008; MCFARLAND *et al.*, 2019). Propõe-se a construção de um canteiro próximo à rotatória existente na interseção da rua Ibitiguaia com a avenida Santa Luzia (Figura 6A) e ocupação de parte das vagas de estacionamento na rua Ibitiguaia (como mostrado na Figura 6B), na avenida Santa Luzia e na avenida Maria de Almeida Silva – vias com maior tendência de inundações na bacia –, totalizando 1.121,97 m² de área permeável.

Quanto aos pavimentos permeáveis, recomenda-se que sejam construídos com placas drenantes (sugeridas tanto para estacionamentos quanto para pistas de rolamento) e pavers ecológicos (exclusivo para as áreas de estacionamento). As placas drenantes ou permeáveis são peças de concreto porosas, fabricadas com menos argamassa que o habitual; por sua vez, os pavers ecológicos – também conhecidos como pisogramas – caracterizam-se pela presença de vazios entre as peças que permitem o plantio de grama (FERNANDES, 2019). A substituição das pistas de rolamento impermeabilizadas por placas drenantes nas vias e Maria de Almeida Silva (Figura 7A), Ibitiguaia (Figura 7B) e Santa Luzia (Figura 7C) poderia contribuir para o aumento da área de infiltração em 37.430,76 m².

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

Figura 7. Alocação das intervenções propostas no entorno dos Córregos Ipiranga e Teixeiras, com destaque para a pavimentação permeável na Avenida Maria Almeida Silva (A), Rua Ibitiguaia (B) e Avenida Santa Luzia (C)



Fonte: Os autores (2021)

3.2.2 Bacias de retenção

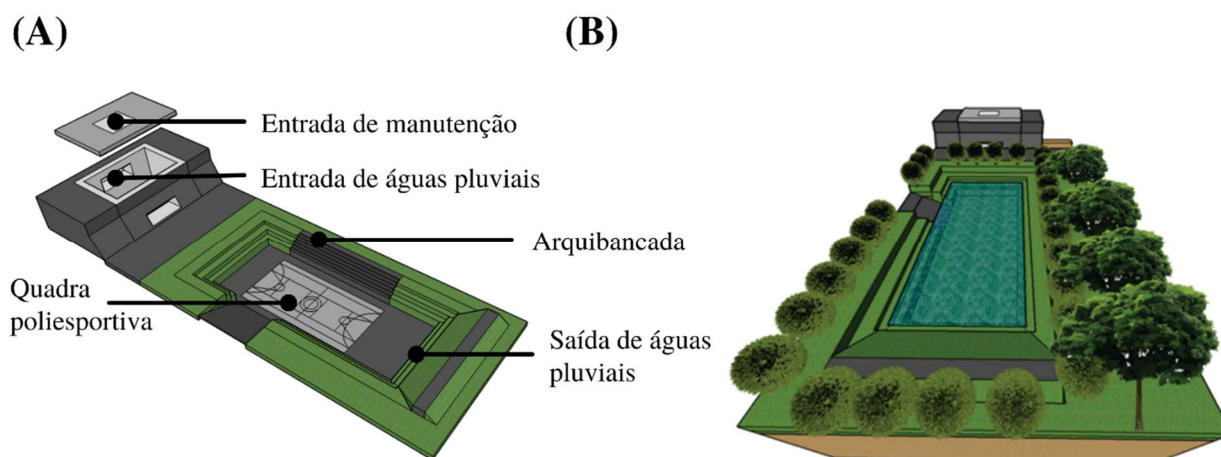
Outra tipologia passível de execução em áreas ainda pouco adensadas são as bacias de retenção. Esses reservatórios complementam os sistemas de drenagem ao possibilitar tanto a retenção de parte do excesso de água em áreas marginais aos cursos d'água quanto a retenção da água antes que essa atinja a calha do rio – em ambas situações protegendo as áreas de jusante (SANTOS, 2009). No entanto, visto que não há muitos espaços disponíveis para a execução de bacias de retenção no entorno imediato dos córregos Teixeiras e Ipiranga (a região proposta por Pizzo e Galil (2021) para uma bacia de retenção, por exemplo, foi ocupada por um empreendimento imobiliário ainda em 2021), essa estratégia deveria ser considerada pelo poder público em áreas de expansão urbana, a fim de ordenar a ocupação do território.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações

Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

Diferentemente dos piscinões de chuva encontrados em São Paulo (SANTOS, 2009), as bacias de detenção permitem projetos paisagísticos para converter o entorno em áreas de recreação e lazer (CORMIER; PELLEGRINO, 2008) (e.g., Figura 8). Dessa forma, criam-se espaços públicos que promovem maior aproximação entre sociedade e natureza, permitindo que a população desenvolva novas relações de respeito e cuidado com o ambiente ao seu redor (MORSCH; MASCARÓ; PANDOLFO, 2017).

Figura 8. Croquis de uma bacia de detenção. Em (A), tem-se a nomenclatura usual dos elementos que constituem a bacia (proposta como uma quadra poliesportiva). Em (B), tem-se ilustração da bacia de detenção preenchida por água



Fonte: Adaptado de Mota (2013). Figuras modeladas no SketchUp (TRIMBLE, 2020)

Visto que as águas conduzidas a esses reservatórios temporários carrearão materiais de assoreamento e o lixo despejado nos cursos hídricos (SANTOS, 2009), o poder público deverá atuar a fim de manter as bacias de detenção, bem como os aparelhos no seu entorno, e dispor corretamente os resíduos delas retirados.

4 Considerações finais

Nessa pesquisa, apresentou-se a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga em Juiz de Fora/MG e, a partir da síntese de dados geomorfológicos e de ocupação do solo, propôs-se quais regiões seriam mais suscetíveis a inundações. Com isso, foi possível propor tipologias de infraestrutura verde para minimizar os problemas de inundações na região considerando a urbanização atual. As intervenções propostas foram: construção de jardins de chuva no entorno dos córregos Ipiranga e Teixeiras; substituição do asfaltamento nas vias principais, avenida Santa Luzia, rua Ibitiguaiá e avenida Maria de Almeida Silva por pavimentação permeável; e construção de bacias de detenção em áreas pouco adensadas da bacia hidrográfica, a fim de ordenar a expansão urbana.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

As soluções propostas alinham-se com princípios de sustentabilidade ambiental, econômica e social, visto que não envolvem a desapropriação de moradias e contribuem para o aumento das áreas verdes públicas. Contudo, cabe salientar que a condição de ocupação e impermeabilização do solo é tal que as medidas propostas têm como objetivo apenas mitigar os efeitos das inundações, uma vez que se torna impossível impedi-las dada a atual ocupação do leito da Bacia Hidrográfica, que eventualmente será retomado pelo curso hídrico nos períodos de chuvas extremas. Recomenda-se, portanto, que estudos futuros ampliem o espectro de intervenções para a região, avaliando sua eficácia, balizada em análises de custo-benefício.

Referências

ADOBE. **Adobe Photoshop**, 2020. Disponível em: <https://www.adobe.com/br/products/photoshop.html>. Acesso em: 10 ago. 2021.

ALMEIDA, G. G. Diretrizes para o incremento da infraestrutura verde em Santos, São Paulo. **Revista LABVERDE**, n. 7, p. 103-119, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i7p103-119>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/81088>. Acesso em: 9 set. 2021.

AMARAL, F. C. S. *et al.* **Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 95 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 63). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/965988/mapeamento-de-solos-e-aptidao-agricola-das-terras-do-estado-de-minas-gerais>. Acesso em: 15 maio 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, página 1-8, 28 maio 2012. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=28/05/2012&totalArquivos=168>. Acesso em: 15 maio 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Organizado por Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura. Brasília: Ministério das Cidades; IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007. 176 p. Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/185>. Acesso em: 15 maio 2023.

BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G. G.; GUASSELLI, L. A. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: INPE, 2011. p. 1279-1286. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.26.17.48/doc/p0366.pdf>. Acesso em: 15 maio 2023.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

CARDOSO, A. S.; BAPTISTA, M. B. Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água em Áreas Urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre-RS, v. 16, n. 1, p. 129-139, jan./mar. 2011. DOI: <http://doi.org/10.21168/rbrh.v16n1.p129-139>. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=4&SUMARIO=54&ST=metodologia_para_avaliacao_de_alternativas_de_intervencao_em_cursos_de_agua_em_areas_urbanas. Acesso em: 15 maio 2023.

CARDOSO, C. A. *et al.* Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/cXmkNxXThc8ksdjWwFM6vNt/?lang=pt>. Acesso em: 15 maio 2023.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem Ambiente: ensaios*, São Paulo-SP, n. 25, p. 127-142, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/105962>. Acesso em: 15 maio 2023.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. *ArcGIS 10.5*, 2020. Disponível em <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/index>. Acesso em: 10 ago. 2021.

FARIAS, A. R. *et al.* **Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil**. Campinas-SP: Embrapa, 2017. Comunicado Técnico, 4. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069928/identificacao-mapeamento-e-quantificacao-das-areas-urbanas-do-brasil>. Acesso em: 15 maio 2023.

FERNANDES, I. D. **Blocos e Pavers: Produção e controle de qualidade**. 8. ed. Ribeirão Preto-SP: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2019.

GERHEIM, D. K. M. **Alagamentos, enxurradas e inundações na área urbana de Juiz de Fora: um olhar sobre as Bacias Hidrográficas dos Córregos São Pedro e Ipiranga**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geociências do Instituto de Ciências Humanas – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/geografia/wp-content/uploads/sites/267/2015/06/ALAGAMENTOS-ENXURRADAS-E-INUNDA%C3%87%C3%95ES-NA-%C3%81REA-URBANA-DE-JUIZ-DE-FORA-Um-Olhar-Sobre-as-Bacias-Hidrogr%C3%A1ficas-dos-C%C3%B3rregos-S%C3%A3o-Pedro-e-Ipiranga.pdf>. Acesso em: 15 maio 2023.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. *Revista LABVERDE*, São Paulo-SP, n. 1, p. 92-115, 2010. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p92-115>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/61281>. Acesso em: 15 maio 2023.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of American Bulletin**, Nova York, Estados Unidos da América, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2). Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/56/3/275/4075/EROSIONAL-DEVELOPMENT-OF-STREAMS-AND-THEIR?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 9 set. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. **Organização do território**. Downloads. Malha Municipal. 2010. Brasil. UFs. MG. Mesorregiões. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 15 maio 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. **Censo Demográfico 2010**. Sinopse por setor. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. **Bases e referenciais**. Bases cartográficas. Cartas e mapas. Folhas topográficas. Vetoriais. Escala 1:50mil. Projeto de conversão digital. Folha Juiz de Fora. 0426811hd – vetoriais de hidrografia. 2016. Disponível em: https://geofpt.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/folhas_topograficas/vetoriais/escala_50mil/projeto_conv_digital/juiz_de_fora26811/vetor/. Acesso em: 16 jun. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos Anuais**. Juiz de Fora, MG. 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 4 out. 2021.

JUIZ DE FORA. **Compilação da Legislação Urbana**. Prefeitura de Juiz de Fora: Secretaria de Atividades Urbanas, 2018a. Disponível em: https://www.pjf.mg.gov.br/leis_urbanas/arquivos/segunda_edicao/compilacao_abril_2018_corrigida_21_06_2018.pdf. Acesso em: 31 jul. 2022.

JUIZ DE FORA. Lei Complementar nº 12/2014. Dispõe sobre a alteração da Zona de Uso e Ocupação do Solo da área que menciona. **Diário Oficial Eletrônico**. Prefeitura de Juiz de Fora: Sistema de Legislação Municipal, 2014. Disponível em: <https://jflgis.pjf.mg.gov.br/norma.php?chave=0000037492>. Acesso em: 27 ago. 2020.

JUIZ DE FORA. Prefeitura Municipal de Juiz de Fora. **Plano Diretor Participativo de Juiz de Fora**. 2018b. Anexo 03, Áreas Urbanas, 1-3; Anexo 06, Unidades de Planejamento, S2-Santa Luzia (arquivos formato shapefile). Disponível em: <http://www.planodiretorparticipativo.pjf.mg.gov.br/>. Acesso em: 16 jun. 2020.

JUIZ DE FORA. Prefeitura Municipal de Juiz de Fora. Secretaria de Planejamento e Gestão. **Base Cartográfica Digital de Juiz de Fora**. Esteio, 2007.

JUIZ DE FORA. Prefeitura Municipal de Juiz de Fora. **Sistema Municipal de Planejamento do Território - SISPLAN**. 2019. Disponível em: https://www.pjf.mg.gov.br/desenvolvimentodoterritorio/arquivos/2019/mapas_rp_up/tab_rp_sul.pdf. Acesso em: 25 fev. 2022.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

LABCAA. Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental - DEGEO - ICH/UFJF; Estação Climatológica Principal de Juiz de Fora; Centro de Pesquisas Sociais/UFJF. *In: Anuário Estatístico de Juiz de Fora 2009*. Base de dados: História e Geografia: Climatologia: Clima de Juiz de Fora.

MACHADO, P. J. O. Urbanização e modificações no Córrego Independência, Juiz de Fora/MG. *CaderNAU - Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas*, Rio Grande/RS, v. 9, n. 1, p. 135-154, 2016. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/cnau/article/view/6584>. Acesso em: 9 set. 2021.

MAGALHÃES, M. D. V.; NERI, T. B. Implantação de infraestrutura verde urbana como solução para alagamentos frequentes nas cidades. *In: 8º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL: PLURIS 2018*, 8., 2018, Coimbra. *Anais [...]*. Coimbra: Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, 2018. 13 p.

MAROPO, V. L. B. *et al.* Planejamento urbano sustentável: um estudo para implantação de infraestrutura verde no Bairro Bancários, João Pessoa-PB, Brasil. *urbe, Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba-PR, v. 11, p. e20180005, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO09>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/3LGtxTnfrqFCQNpmS5H5Zzq/?lang=pt>. Acesso em: 9 set. 2021.

MARTINS, R. A. **Proposta de Zoneamento Ambiental para a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga - Juiz de Fora, MG**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

MCFARLAND, A. R. *et al.* Guide for using green infrastructure in urban environments for stormwater management. *Environmental Science: Water Research & Technology*, Londres, Reino Unido, v. 5, n. 4, p. 643-659, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1039/c8ew00498f>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/ew/c8ew00498f>. Acesso em: 15 maio 2023.

MONTEIRO, R.; FERREIRA, J. C., ANTUNES, P. Green Infrastructure Planning Principles: An Integrated Literature Review. *Land*, Basel, Suíça, v. 12, n. 9, 525, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9120525>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/12/525>. Acesso em: 9 set. 2021.

MORSCH, M. R. S.; MASCARÓ, J. J.; PANDOLFO, A. Sustentabilidade urbana: recuperação dos rios como um dos princípios da infraestrutura verde. *Ambiente Construído*, Porto Alegre-RS, v. 17, n. 4, p. 305-321, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000400199>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/yhZVfk87CZC6yXDRYHQpPg/?lang=pt>. Acesso em: 15 maio 2023.

MOTA, E. (coord.). **Projeto Técnico: Reservatórios de retenção. Soluções para Cidades, Fábrica de Ideias Brasileiras** – FIB: 2013. 13 p.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

- MOURA, A. M. M. Trajetória da Política Ambiental Federal no Brasil. *In*: MOURA, A. M. M. (org.). **Governança Ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas**. Brasília: IPEA, 2016. p. 13-43.
- PIEIDADE, G. C. R. **Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP**. 1980. 161 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1980.
- PIZZO, H. S.; GALIL, V. M. Detention Reservoir: Proposal for Flood Control in the Ipiranga Stream Basin, Juiz de Fora, MG, Brazil. **Journal of Mechanical, Civil and Industrial Engineering**, v. 2, n. 2, p. 34-43, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32996/jmcie.2021.2.1.6>. Disponível em: <https://www.al-kindipublisher.com/index.php/jmcie/article/view/2433>. Acesso em: 31 jul. 2022.
- RIBEIRO, G. F.; PEREIRA, S. Y. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG. **Terræ**, Campinas-SP, v. 10, n. 1-2, p. 15-20, 2013. Disponível em: https://www.ige.unicamp.br/terrae/V10/T_V10_A2.html. Acesso em: 9 set. 2021.
- RODRIGUES, J. F. A. **Estudo dos alagamentos e enchentes do córrego Ipiranga em Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde**. 2020. Monografia (Pós-Graduação em Sustentabilidade na Construção Civil) – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Juiz de Fora, 2020.
- SANTOS, Á. R. Piscinões: um despropositado atentado urbanístico e ambiental. **minhacidade [on-line]**, 109.02, São Paulo, ago. 2009. Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/10.109/1838asp>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- SANTOS, A. M. *et al.* Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté-SP, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.945>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/tYpMVzyHC7Gw49N4FvHF7qb/?lang=pt>. Acesso em: 9 set. 2021.
- SCHUM, S. A. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, Boulder, Estados Unidos da América, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:eodsas\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:eodsas]2.0.co;2). Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/67/5/597/4811/EVOLUTION-OF-DRAINAGE-SYSTEMS-AND-SLOPES-IN?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 9 set. 2021.
- SCHUTZER, J. G. Infraestrutura Verde no contexto da Infraestrutura Ambiental Urbana e da gestão do meio ambiente. **Revista LABVERDE**, São Paulo-SP, n. 8, p. 12-30, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i8p12-30>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/83532>. Acesso em: 9 set. 2021.

Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações
Yuri Mariano Carvalho, Joyce Falci de Aguiar Rodrigues, Fabio Jacob da Silveira, Vivian Gemiliano Pinto

SERVIDONI, L. E. *et al.* Atributos morfométricos e hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, Minas Gerais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, v. 41, n. 1, e169817, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.169817>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/169817>. Acesso em: 9 set. 2021.

SILVA, R. S.; MACHADO, P. J. O. Inundações urbanas: o caso da micro-bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga – Juiz de Fora/MG. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo-SP, v. 7, n. 2, p. 152-165, 2011. DOI: <https://doi.org/10.17271/19800827722011110>. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/110. Acesso em: 15 maio 2023.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, Washington D.C., Estados Unidos da América, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957. DOI: <https://doi.org/10.1029/tr038i006p00913>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/TR038i006p00913>. Acesso em: 9 set. 2021.

TRIMBLE. **SketchUp**, 2020. Disponível em: <https://www.sketchup.com/pt-BR/plans-and-pricing/sketchup-pro>. Acesso em: 10 ago. 2021.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo-SP, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a07.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw Hill, 1975. 250 p.

COMO CITAR (ABNT): CARVALHO, Y. M. *et al.* Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações. *Vértices (Campos dos Goitacazes)*, v. 25, n. 2, e25218091, 2023. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n22023.18091>. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/18091>.

COMO CITAR (APA): Carvalho, Y. M., Rodrigues, J. F. A., Silveira, F. J., & Pinto, V. G. (2023). Caracterização geomorfológica e de ocupação do solo de bacia em área urbanizada de Juiz de Fora/MG e proposição de infraestrutura verde como agente promotor de qualidade de vida e minimizador de inundações. *Vértices (Campos dos Goitacazes)*, 25(2), e25218091. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n22023.18091>.