

# Mudanças climáticas e Plano Diretor: mitigação de inundações em Belo Horizonte

Climate change and Master Plan:  
flood mitigation in Belo Horizonte

Rafael Augusto Santos Drumond [I]  
Renan Pereira Almeida [II]  
Nilo de Oliveira Nascimento [III]

## Resumo

A Nova Agenda Urbana da ONU penetra o planejamento urbano ao mesmo tempo que eventos extremos causados pelas mudanças climáticas. Diante do cenário de intensificação de inundações em Belo Horizonte – MG, o Plano Diretor aprovou instrumentos para mitigar tais impactos. por meio de descontos na Outorga Onerosa do Direito de Construir para novas edificações que utilizem “infraestruturas verdes e azuis”. Analisa-se a aplicabilidade desse incentivo pelo território, com base na comparação entre esses descontos e os custos das novas técnicas sustentáveis. Conclui-se que os instrumentos tendem a ser adotados onde o solo é mais valorizado, sendo insuficientes para grande parte da cidade, em especial as áreas de maior vulnerabilidade climática, que demandam intervenções mais diretas do poder público.

**Palavras-chave:** plano diretor; mercado imobiliário; planejamento urbano; mudanças climáticas; economia urbana.

## Abstract

*The UN's New Urban Agenda has penetrated urban planning at the same time as extreme events caused by climate change. In view of the scenario of increased flooding in Belo Horizonte, state of Minas Gerais, the Master Plan approved instruments to mitigate the impacts through discounts on the fees charged for additional building rights for new buildings that use “green and blue infrastructure.” The applicability of this incentive is analyzed across the territory based on a comparison between the discounts and the costs of new sustainable techniques. It is concluded that the instruments tend to be adopted where land value is higher, being insufficient for a large part of the city, mainly areas with greater climate vulnerability, which demand more direct interventions from the government.*

**Keywords:** master plan; real estate market; urban planning; climate change; urban economics.



## Introdução

As cidades têm um papel privilegiado para experimentos sociopolíticos, por se tratar de espaços em que há maior concentração de recursos humanos, financeiros e políticos. Essas condições permitem que as metrópoles possam servir de “espelhos” ou como difusoras de políticas inovadoras no planejamento urbano, seja para outros grandes centros urbanos, seja para as médias e pequenas cidades (Teixeira e Pessoa, 2021).

Entre as razões de necessidade para novas políticas urbanas, estão as mudanças climáticas com impactos previstos sobre os extremos hidrológicos, as ocorrências e as intensidades de cheias e de secas. As inundações urbanas, eventos de extravasamento de cheias das calhas principais de cursos d’água e estruturas de macrodrenagem urbana, atingindo áreas urbanas ocupadas, são intensificadas pela progressiva impermeabilização de solos, como também por mudanças no regime de precipitação (intensidade, duração e frequência de eventos pluviais), que podem ser associadas à mudança climática. Acelerados eventos de inundação, considerados sob a perspectiva de frequência de ocorrência, intensidade e impactos, quando comparados com outros eventos extremos relacionados à água, são os mais observados entre os desastres naturais, se considerarmos os cenários atuais e os projetados, tornando clara a necessidade de planejar e investir em medidas que mitiguem os impactos das inundações (Banco Mundial, 2012).

Belo Horizonte, capital planejada, inaugurada em 1897, constituiu-se a partir do arraial de Curral del Rey, localizado na bacia do

ribeirão do Arrudas, área com histórico de frequentes inundações em suas várzeas. Como é detalhado na revisão de literatura, a problemática das inundações urbanas acompanha Belo Horizonte ao longo de sua história e está associada à formação da metrópole urbano-industrial (Villaça, 1998; Borsagli, 2016; Almeida, Monte-Mór e Amaral, 2017), ao funcionamento excludente do mercado imobiliário (Nabuco, 2019), à ocupação de fundos de vales e a projetos de canalização (Borsagli, 2016; Calazans, 2021) e a uma falta generalizada de infraestruturas de diversos tipos (Pinheiro, 2019; Nascimento, Bertrand-Krajewski e Brito, 2013; Rosa et al., 2020; Rosa et al., 2022a).

Dada às limitações do planejamento urbano, uma infraestrutura inadequada e desigualdades socioeconômicas, a mudança climática e seus impactos agravarão a situação urbana atual, fazendo com que medidas de adaptação se tornem cada vez mais necessárias, urgentes e difíceis (Martins e Ferreira, 2011). Diante disso, o mundo contemporâneo demanda pela inclusão dos cursos d’água na paisagem urbana, que, por sua vez, demanda o saneamento integral e integrado das bacias hidrográficas urbanas. Processos como esse já eram apontados por Lefebvre (1970), quando caracteriza a “revolução urbana” como um conjunto de transformações que a sociedade contemporânea atravessa para passar do período em que predominam as questões de crescimento e de industrialização para o período no qual a problemática urbana prevalecerá decisivamente e no qual a busca das soluções e das modalidades próprias à sociedade urbana passará ao primeiro plano. Nesse sentido, após a industrialização fordista em sua forma periférica (Sul Global) ter levado à formação de um urbano-industrial extensivo, degradado e

degradante, agora se busca uma renaturalização estendida, e a questão da sobrevivência volta ao centro das atenções (Monte-Mór, 2018 e 2022).

Dessa necessidade, foram introduzidos incentivos econômicos para a adoção de infraestruturas sustentáveis em novas edificações, por meio do Plano Diretor de Belo Horizonte, que passou a vigor com a aprovação da lei municipal n. 11.181/2019. Parte desses incentivos dialoga com os conceitos da Trama Verde e Azul (TVA) e de *Green-Blue Infrastructure* (GBI), tendo como objetivo, entre outros, a mitigação dos impactos ambientais, além de promover espaços multifuncionais.

Em Belo Horizonte, segundo o Plano Diretor de 2019, as construções que adotarem as GBI em seus projetos estarão aptas a receber desconto no pagamento da Outorga Onerosa do Direito de Construir (OODC). Uma vez que o novo zoneamento de BH adota um Coeficiente de Aproveitamento básico (CABas) igual a um (1) em toda a extensão do município, a promoção dos benefícios urbanísticos advindos das chamadas “gentilezas urbanas” torna-se um atrativo para os futuros edifícios como forma de ultrapassar o coeficiente, respeitados os demais parâmetros urbanísticos, com redução no valor global da outorga (Belo Horizonte, 2018b). No caso da drenagem pluvial, objetiva-se a mitigação dos efeitos de impermeabilização do solo sobre o regime hidrológico, de forma a recuperar as condições naturais de escoamentos (Belo Horizonte, 2020a).

Essas propostas assumidas pela prefeitura de Belo Horizonte em seu novo Plano Diretor (PD) introduzem objetivos propostos pela ONU por meio da Nova Agenda Urbana aprovada em 2016, durante a conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável, em Quito (United Nations, 2019a).

Diante disso, o presente estudo propõe uma análise da política de incentivos econômicos para a adoção de técnicas do tipo “verde e azul” (GBI) em novas edificações, com foco na mitigação de inundações. Esses incentivos se darão nas novas construções por meio de descontos na OODC.<sup>1</sup> O trabalho busca avaliar a capacidade dessa política de incentivo econômico influenciar as decisões pela adoção de tais infraestruturas e, assim, contribuir para a redução de escoamentos e para a mitigação das inundações. Para tanto, foram construídos cenários de comparações entre os custos da implantação das técnicas GBI em relação aos valores de OODC, considerando um projeto de edifício habitacional típico e variando os parâmetros urbanísticos dados pelo novo zoneamento. Para a simulação do cálculo do valor da OODC, foram usados dados fiscais de valores de lotes vagos, a partir da base do Imposto sobre Transações de Bens Imóveis (ITBI). Interagindo os dados de um projeto de edificação, com os parâmetros urbanísticos e com os valores de ITBI de lotes, obtiveram-se estimativas dos valores de OODC. Se esses valores forem mais altos do que o custo de adoção das técnicas GBI em novas edificações, há um incentivo econômico de fato para a adoção dessas técnicas pelas construtoras, para que elas obtenham descontos no valor da OODC. Em outras palavras, valores baixos de OODC tendem a desestimular a adoção de técnicas sustentáveis do tipo GBI no caso dessa política. Como os resultados indicam, este é o caso de grande parte do território municipal, em que o valor do solo é baixo e, por conseguinte, a OODC também é, o que induz às construtoras a não adotarem as técnicas sustentáveis aqui discutidas nessas áreas. Adicionalmente, são comparados vários tipos de infraestruturas verdes com custos diferentes,

para se apreender como técnicas mais populares podem gerar incentivos maiores da adoção desses dispositivos.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A próxima seção expõe o contexto teórico e empírico em que este trabalho se encaixa, a partir de uma revisão de literatura, que também resgata o histórico de uso e ocupação do locus do estudo e sua relação com inundações e o contexto de mudanças climáticas, planos diretor e investimentos em infraestrutura para estratégias de mitigação de inundações. A seção seguinte detalha a metodologia adotada e como ela responde aos objetivos propostos neste artigo. A seguir, são apresentados os resultados da pesquisa, e encerra-se com as considerações finais.

## Revisão de literatura

O avanço de políticas climáticas e de iniciativas de adaptação requer maior flexibilidade dos governos para ser possível a inserção dessa temática nas pautas políticas locais. Dessa forma, uma abordagem inovadora pode contribuir para a criação de políticas que aumentem a eficiência no uso de recursos, reduzam as contradições entre as abordagens de políticas e evitem a competição entre políticas de mitigação e outras pautas prioritárias (Di Giulio et al., 2019).

As superfícies impermeáveis, como concreto ou asfalto, retêm o calor e reduzem o resfriamento evaporativo, amplificando as ilhas de calor urbanas, que contribuem para a intensificação das chuvas. Diante disso, são necessários estudos que considerem os diferentes contextos para encontrar soluções. A complexidade

está no processo de considerar as morfologias urbanas, os materiais construtivos que utilizam e como as atividades humanas afetam a circulação atmosférica, a radiação térmica e luminosa e os balanços energéticos e hídricos (Bai et al., 2018).

É necessário realizar estudos e levantamentos climáticos das regiões, bem como um planejamento que considere os resultados obtidos com tais estudos. Com base nisso, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, em inglês IPCC, prevê que o planejamento urbano integrado, no qual o desenvolvimento orientado para o trânsito e formatos urbanos mais compactos, com investimentos em infraestrutura interurbana, podem reduzir emissões de poluentes e contribuir na construção de espaços urbanos mais resilientes (Klug, Marengo e Luedemann, 2016).<sup>2</sup>

Enquanto há Regiões Metropolitanas (RMs) mais estruturadas para o enfrentamento local dos prováveis impactos das mudanças climáticas (São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Curitiba e Recife), há regiões em que se destacaram negativamente (Brasília, Belém e Salvador). Os principais responsáveis por essa disparidade entre as RMs, foram o porte econômico e o demográfico das regiões; sendo assim, por um lado, São Paulo foi o pioneiro em iniciativas contra as mudanças climáticas, e, por outro lado, as regiões nas quais há concentração de pobreza foram as que evidenciaram mais carências de iniciativas locais que tratassem do tópico (Sathler, Paiva e Baptista, 2019).

Como exemplo disso temos a proposta de projeto para o parque Sarmiento, em uma região urbana densa de Buenos Aires, o qual apresentou bons resultados com uma melhora ambiental, social e econômica, mesmo havendo dificuldade para alterar a abordagem

padrão no tratamento das águas pluviais para um sistema mais sustentável. Outro exemplo é a implementada e controversa recuperação do córrego Cheonggyecheon, antes avenida sanitária em Seul, que foi transformado em um parque público com a temática natureza. Enquanto há outros componentes que podem ser implementados no meio urbano, como corredores verdes, reservas naturais, bacias de biorretenção, parques alagáveis e até técnicas mais tradicionais, como as *bulevares* e jardins centrais e sua versão mais complexa, os jardins de chuva. Esses métodos são menos onerosos para o poder público, apresentando a possibilidade de atingir maior extensão territorial (Kang e Cervero, 2009; Cho, 2010; Kozak et al., 2020).

As externalidades positivas que esse aumento de áreas verdes em grandes centros urbanos pode ocasionar são consideráveis, pois, além de garantir maior absorção das águas, ele contribui para a diminuição de ilhas de calor – interfere diretamente no aumento de fortes chuvas, aumento da biodiversidade, embelezamento e melhora do tratamento das águas. Além desses fatores, foi observado, pelos moradores locais de quatro cidades em países distintos, a melhora de condições como: o gerenciamento do risco de inundação, a qualidade da água, o aumento da saúde e do bem-estar, a melhora na qualidade do ar e do reaproveitamento da água da chuva (Fernandes, 2018; O'Donnell et al., 2021).

Outra externalidade que deve ser considerada é que essa melhora do espaço urbano pode trazer consigo uma valorização imobiliária nas proximidades em que forem implementadas essas técnicas. A simples remoção do porto obsoleto e de parte da infraestrutura ferroviária em Rosário, na Argentina, que abriu acesso

para a margem do rio Paraná, fez com que os preços dos imóveis aumentassem em até 21% para os dez primeiros quarteirões a partir das margens do rio. Enquanto na cidade de Seul, apresentada acima, esses valores chegaram aos 33% (Kozak et al., 2020).

No caso de Belo Horizonte, um breve resgate de seu histórico de ocupação e de uso do solo é necessário para entender a situação atual dos riscos de inundação, as políticas propostas pelo novo Plano Diretor e as tendências futuras a partir das mudanças climáticas. Essa contextualização também esclarece o estudo de caso proposto neste artigo.

Belo Horizonte foi planejada ignorando os vários córregos que drenam a região, resultando em problemas de inundação e de poluição das águas, logo nos primeiros anos da cidade. O vale do ribeirão Arrudas orientava-se no sentido leste-oeste, enquanto a cidade, nos anos iniciais, seguindo o seu planejamento, formava-se no sentido norte-sul, com a área planejada destinada aos incluídos ao sul do ribeirão, e as primeiras favelas se formando ao norte (Villaça, 1998; Borsagli, 2016; Almeida, Monte-Mór e Amaral, 2017). Outro fator que contribuiu para o espraiamento da cidade para além da sua zona urbana planejada foram os altos preços das terras urbanizadas, associados às legislações restritivas de uso e ocupação do solo e aos processos especulativos do capital imobiliário (Nabuco, 2019).

A ocupação de fundos de vale frequentemente ocorreu na ausência de infraestrutura de esgotamento sanitário, conduzindo os moradores a lançarem os esgotos diretamente nos cursos d'água. Com o passar do tempo, houve o aumento na disseminação de doenças e de pragas devido ao acúmulo de impurezas nas

águas e em suas margens, situação agravada em períodos de chuvas, quando toda a poluição ficava exposta à ocorrência de inundações (Borsagli, 2016; Calazans, 2021).

O processo de canalização dos córregos não ocorreu apenas em áreas de ocupação informal. Por muitas décadas, a administração municipal adotou o conceito de avenida sanitária para a implantação da infraestrutura viária e de saneamento básico. As avenidas sanitárias visavam à expansão do sistema viário e à busca por ampliar os espaços loteáveis para o mercado imobiliário. Esse processo frequentemente levou à expulsão e à remoção da população das vilas e favelas que, em muitos casos, ocupavam os fundos de vale. A impermeabilização dos terrenos associada à própria canalização dos cursos d'água conduziram mudanças significativas no regime de cheias, com grande aumento de volumes de escoamentos e de vazões máximas, bem como a frequência e a intensidade das inundações. Como as avenidas sanitárias atraíram atividades de comércio e serviços, pequenos ateliês industriais, em alguns casos, moradia e intensa circulação viária para áreas de elevado risco de inundações, os impactos desses eventos progressivamente se ampliaram (Pinheiro, 2019; Nascimento et al., 2013; Rosa et al., 2020; Rosa et al., 2022a).

## Riscos de inundações, investimentos e mudanças climáticas

No processo de mudanças climáticas já em andamento, as cidades são colocadas em posição de destaque, seja por serem as que mais irão sofrer com as alterações climáticas, seja por

serem as que mais contribuíram e estão contribuindo para a intensificação desse processo. Fato este observável com o aumento de desastres climáticos em áreas urbanas que quase quadruplicou nos últimos trinta anos (Espíndola e Ribeiro, 2020).

Segundo a definição de mudanças climáticas estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) durante o Rio-92, as mudanças no clima da Terra são atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana, sendo responsável por alterar a composição da atmosfera global, e se somam àqueles fatores naturais observados ao longo de períodos comparáveis. Existem fatores naturais que colaboram com as alterações climáticas, como eventos vulcânicos e decomposição de matérias orgânicas, mas, de acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a atividade humana é o principal responsável pelo aquecimento global, o que, desde 1800 – período da Revolução Industrial –, vem sendo intensificado.

As mudanças climáticas ocorrem de formas distintas pelo mundo, manifestando-se com características diferentes em cada região do globo, podendo ser o principal responsável por uma inundação e uma seca em locais diferentes em um mesmo período do ano. O que há em comum entre elas é o aumento da energia no sistema atmosférico, que causa uma complexificação climática, dada as interações entre o meio ambiente físico e as sociedades humanas (Klug, Marengo e Luedemann, 2016).

Sendo assim, é de fundamental importância descobrir maneiras de promover investimentos a curto prazo, com opções de manutenção desses investimentos a longo prazo, considerando os piores cenários, pois os problemas ambientais urbanos são de ordem econômica (pelos altos valores relacionados aos projetos

que visam a mitigar os impactos climáticos); política (pois o Estado é o único capaz de concentrar os esforços necessários no enfrentamento das mudanças climáticas); e ética (pois os impactos dessas mudanças irão intensificar a desigualdade, em um mundo no qual já existem refugiados climáticos), demandando um esforço de todos os setores envolvidos (Banco Mundial, 2012; Serpa, 2008).

Além disso, quando estimamos algo para o futuro das cidades, é importante considerarmos que, segundo as Nações Unidas, o rápido crescimento da população urbana – principalmente nos países subdesenvolvidos, que dispõem de menos recursos para lidar com tais cenários, apresentando altos níveis de vulnerabilidade social, econômica, ambiental e carência de infraestruturas – é um desafio para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e é uma problemática que as mudanças climáticas impõem sobre essas regiões (Espíndola e Ribeiro, 2020; United Nations, 2019b). Isso porque as cidades são o espaço que detém as forças necessárias para mover ações transformadoras, principalmente quando se trata de sua capacidade de enfrentar os desafios setoriais, demográficos, espaciais e ecológicos que as mudanças climáticas e seus eventuais riscos extremos apresentam (Chu, Hughes e Mason, 2018).

Em Belo Horizonte, o exemplo disso é a vasta região demarcada como vulnerável à possibilidade de sofrer com enchentes e inundações, constituída em sua maioria por bairros periféricos. Além disso, em 2020, dados da Secretaria Municipal de Política Urbana (SMPU) informaram que há 144 áreas com elevado risco de inundação na cidade, onde se encontra 44% do território municipal impermeabilizado, e que ainda é esperado que com as mudanças

climáticas haja um aumento de 32% nos problemas associados a chuvas intensas na cidade (Belo Horizonte, 2020a).

O mesmo documento também relata que, para o ano de 2030, a SMPU espera que o número de bairros com alta vulnerabilidade de ser atingidos por enchentes/inundações sofrerá um aumento de 60%, totalizando 331 bairros. As regiões mais suscetíveis serão: a região Nordeste – que possui o maior número de bairros vulneráveis dentre as regiões da cidade –; a região Leste; a região Centro-Sul – que apresenta maior sensibilidade biofísica aos deslizamentos –; e a região Norte – com maior tendência a sofrer pelo aumento da temperatura (Belo Horizonte, 2016 e 2020a). Essa condição aponta uma vulnerabilidade de quase todo o território de BH. Mesmo com as diferentes condições socioeconômicas na cidade, os impactos ambientais não se restringirão por essa barreira, tornando seu enfrentamento mais complexo e demandando adesão de toda a sociedade.

Em função desses cenários, houve um investimento de R\$2 bilhões nos últimos dez anos na cidade, com intervenções estruturantes, como a ampliação e a adequação de canalizações, a criação de bacias de retenção, além de intervenções para tratamento de fundos de vale, visando a reduzir os riscos de inundações. Em projetos, há orçado R\$1,3 bilhão para o Plano de Obras Municipais, que visa a complementar as obras já realizadas, procurando melhorar a eficiência do sistema de drenagem urbana (Belo Horizonte, 2020b).

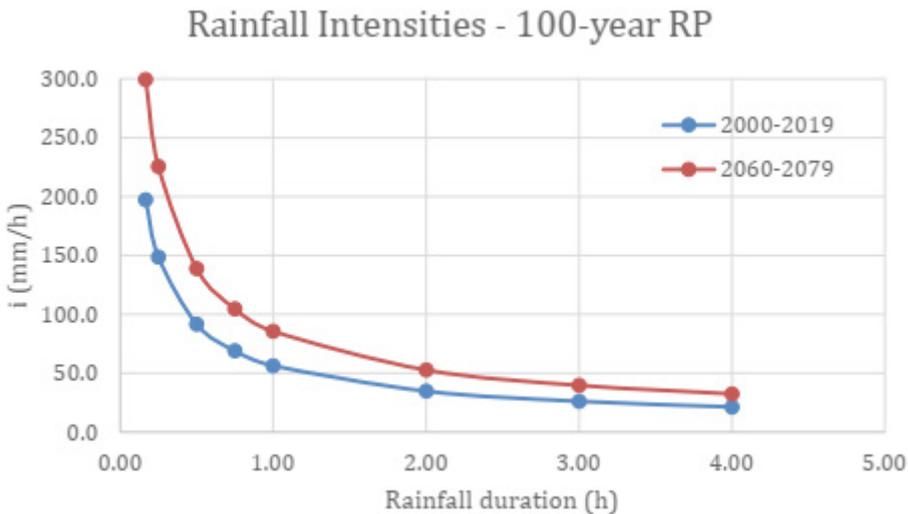
As áreas com maiores riscos de sofrerem uma inundação são aquelas em que a permeabilidade do solo é mais baixa – entre 20% e 40% –, portanto incapaz de absorver eficientemente as águas pluviais. Além

disso, as populações pobres da cidade foram historicamente empurradas para as regiões de maior risco geomorfológico; há maiores riscos de inundações incidindo sobre os conjuntos habitacionais, vilas e favelas, representando um total de quase 40% das áreas de risco (Silva, Raposo e Meireles, 2021).

Assim, a maior vulnerabilidade social dessa população pode ser considerada um fator determinante na predisposição a situações de risco em um determinado território. Uma comunidade que é socialmente vulnerável tem menos acesso a recursos que possibilitem a sua capacidade de adaptação e enfrentamento dos desastres naturais. Nesse contexto, o Estado é um ator necessário, por ser capaz de promover as medidas de adaptação necessárias nessas regiões urbanas vulneráveis.

Nascimento et al. (2022) realizaram estimativas de longo termo de precipitações diárias para o período 2000-2100, com base em modelos de circulação global e cenários de mudança climática, para a Região Metropolitana de Belo Horizonte. A série de dados de precipitação de 2000 a 2019 é composta por dados monitorados. Com base na série temporal obtida, os autores desenvolveram equações de intensidade, duração e frequência de precipitações que permitem, por exemplo, estimar aumentos da ordem de 38% em intensidade máxima do evento de precipitação com duração de 1h e tempo de retorno de 10 anos. Para o tempo de retorno de 100 anos, o aumento estimado é de 52%. O tempo de retorno é o tempo médio para que um evento de dada magnitude seja igualado ou superado (ver Figura 1).

Figura 1 – Intensidade de chuva estimada para um PR de 100 anos em BH



Fonte: Nascimento et al. (2022).

Os sistemas de drenagem urbana já não mais conseguem exercer suas funções plenamente, ficando sobrecarregados nos períodos chuvosos. As estimativas apresentadas acima do aumento da intensidade pluviométrica nos alertam sobre a gradual dificuldade que será lidar com os crescentes desastres urbanos advindos das mudanças climáticas. Nesse cenário, torna-se importante uma rápida ação dos atores urbanos, objetivando mitigar as consequências que já fazem parte da nossa realidade.

Com isso, o estudo corrobora o levantamento de desastres relacionados às estimativas da SMPU para o cenário de Belo Horizonte, no qual se prevê uma intensificação das inundações. As análises climáticas colaboraram para a criação/adesão de políticas e regulações do uso e ocupação do solo no município para tratar do contexto climático.

## Desafios e propostas no enfrentamento das mudanças climáticas

A necessidade de uma abordagem urbana mais séria sobre as mudanças climáticas veio com o Protocolo de Quioto de 1997, no qual foi consolidado um crescente movimento de governos subnacionais – cidades e estados – para colocar o tema das mudanças climáticas na agenda política local. Com isso, várias cidades pelo mundo começaram a desenvolver suas próprias estratégias, para descentralizar as ações e, assim, lidar com esses desafios (Martins e Ferreira, 2011). Desse movimento, surgiram várias redes de cidades com objetivos em comum, a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas.

São exemplos dessas redes, a Cities for Climate Protection (CCP), a Climate Alliance, a Energie-Cités e o Grupo C40 de Grandes Cidades, do qual fazem parte 3 cidades brasileiras: Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo.

Os impactos das mudanças climáticas serão/são mais intensos nos centros urbanos. Por isso, são desses lugares que devem surgir medidas que procurem amenizar tais efeitos, por meio da formulação de políticas a serem elaboradas, integradas e utilizadas como forma de controle do uso e ocupação do solo. Com isso, o planejamento (re)torna à questão principal. Esse processo deve integrar tanto o poder público quanto o setor privado, pois enquanto um lida com o solo, como questões fiscais, legais e administrativas – função social da cidade –; o outro o trata como mera mercadoria – mercado imobiliário (Braga, 2012). Além desses atores, deve-se considerar a participação da sociedade civil, quer seja por indivíduos e organizações com poder de pressionar e influenciar governos e empresas – podendo ser tanto movimentos sociais voltados à mobilização da população sobre temas de interesse coletivo, quanto ações mais centradas em núcleos sociais menores –; quer seja pela família, redes de amigos, ambiente escolar e acadêmico, com a adoção de um estilo de vida mais sustentável.

As condições para a promoção das funções sociais da cidade já são asseguradas pelo Estatuto da Cidade – lei federal n. 10.257 de julho de 2001 –, que estabelece diretrizes para a implementação de políticas urbanas que garantam o direito às cidades sustentáveis, via instrumentos de planejamento municipal, institutos tributários, financeiros, jurídicos e políticos que assegurem o cumprimento da função social da cidade e da propriedade urbana (Brasil, 2001).

A implementação desses instrumentos disponíveis em nível nacional contribui para reduzir as vulnerabilidades das cidades. Belo Horizonte, a exemplo de outras cidades brasileiras, integrou alguns desses conceitos, instrumentos e parâmetros em seu novo Plano Diretor. Esse movimento visa, entre outros objetivos, aproximar a cidade dos compromissos globais de enfrentamento das mudanças climáticas (Klug, Marengo e Luedemann, 2016; Belo Horizonte, 2019).

A disponibilidade de instrumentos e de recursos para controle e uso do solo, visando implementar políticas de mitigação de mudanças climáticas, mesmo diante dos impactos sociais e financeiros que tais mudanças vêm proporcionando às cidades, não está sendo suficiente para que essas políticas sejam implementadas. Em levantamento realizado por Espíndola e Ribeiro (2020), para as 26 capitais estaduais mais Brasília, encontrou-se um cenário no qual apenas oito delas (Belo Horizonte, Brasília, Curitiba, Fortaleza, Manaus, Palmas, Rio de Janeiro e São Paulo) possuem, em suas leis municipais, propostas que visam mitigar/tratar os impactos climáticos em seu território, enquanto as outras 19 capitais estaduais não consideram as mudanças climáticas em suas políticas.

Em parte, isso pode ser explicado pelo fato de as cidades latino-americanas, e em especial as brasileiras, terem passado por um processo de transição urbana precoce e de urbanização intensa – hoje quase 85% da população brasileira vive em regiões urbanas. Dessa maneira, as áreas urbanas, em sua maioria, não conseguiram conformar para receber esse número de habitantes. Isso fez com que outros problemas fossem sendo acumulados, como os

socioeconômicos, os socioambientais e o atraso/subfinanciamento para a criação de infraestrutura urbana (Martins, 2009).

Uma das abordagens para lidar com a necessidade de renaturalização dos cursos d'água em conjunto com o uso do solo é a chamada "Trama Verde e Azul" (TVA) e as técnicas do tipo "Green and Blue Infrastructure" (GBI). A abordagem TVA surge em um contexto de política de recuperação ambiental e de promoção da biodiversidade na França, sendo elaborada para a região de Nord-Pas-de-Calais – que, assim como BH, sofreu com os impactos ambientais causados pela extração de minério de ferro (Vilmal, Mathevet e Michel, 2012, Oliveira e Costa, 2018).

A TVA fundamenta-se em uma estratégia que objetiva a proteção e a restauração dos sistemas naturais de uma cidade, áreas periurbanas e rurais, almejando mitigar efeitos de mudanças climáticas e formação de ilhas de calor, conservação do solo e da água, controle de poluição atmosférica, criação de conexões entre áreas de preservação permanentes e promoção da biodiversidade (Allag-Dhuisme et al., 2010).

O conceito de GBI é mais restrito às áreas urbanas, incorporando conceitos da TVA, como os objetivos de proteção e restauração do meio natural alterado pela urbanização e a criação de conectividade entre áreas verdes, além de dispor de um conjunto de dispositivos e técnicas com funções de infraestruturas "verdes", como os jardins de chuva, os telhados verdes, as valas de retenção e infiltração, e "azuis" nos casos de rios urbanos e parques lineares associados, lagos e reservatórios urbanos, com um amplo leque de objetivos físicos (drenagem pluvial, controle de inundações, redução de poluição das águas e atmosférica, combate à formação de ilhas de calor) e socioambientais

(infraestrutura para o lazer e práticas de esportes, enriquecimento da paisagem urbana, criação de espaços de convivência e prática de economia solidária, entre outros).<sup>3</sup>

A introdução do conceito de TVA no cenário mineiro deu-se a partir do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI/RMBH) e dos estudos de macrozoneamento metropolitano, aprovado em 2011, e como projeto de lei n. 74 de 2017. Esse plano trouxe um conjunto de diretrizes, políticas e programas voltados para a promoção do desenvolvimento sustentável da RMBH, compatibilizando crescimento econômico, equidade social e sustentabilidade ambiental, com ênfase no reordenamento territorial capaz de reduzir as desigualdades socioespaciais (Tonucci Filho, 2012).

As técnicas construtivas das GBI que também podem integrar a TVA, nesse contexto, servem como uma ferramenta para a melhoria da qualidade de vida urbana e de processos hidrológicos e climáticos em meio urbano. É uma alternativa em planejamento sustentável de longo prazo, sendo classificada no âmbito de estratégias mitigatórias, consistindo em redes multifuncionais de fragmentos permeáveis e vegetados, interconectados, que reestruturam o mosaico da paisagem, como arborização urbana, jardins verticais, calçadas verdes e o já citados telhados verdes e jardins drenantes (ou de chuva) (Setta, 2017). Essas técnicas têm sido adotadas por várias cidades, sobretudo em países desenvolvidos, como Melbourne, na Austrália, Malmo, na Suécia, Freiburg, na Alemanha, Lyon e Bordeaux, na França, São Francisco e Boston, nos Estados Unidos. O seu emprego em países em desenvolvimento é mais recente, porém crescente, como na Cidade do Cabo, na África do Sul, Bogotá, na Colômbia, Santiago

do Chile, várias cidades da China, nas quais se adota a terminologia “cidades esponjas”, e, no Brasil, nas cidades de São Paulo, Porto Alegre, Niterói, Belo Horizonte, entre outras. Uma vez que BH se encontra com uma estimativa de 144 áreas com elevado risco de inundação, que pode ser agravada pelas mudanças climáticas, a adoção de políticas e de agendas climáticas com foco em mitigação e adaptação torna-se imperativa (Belo Horizonte, 2018a; Belo Horizonte, 2019). Diante desse cenário, a prefeitura de Belo Horizonte adotou, em seu novo Plano Diretor, aprovado em 2019, uma política que visa à realização de *trade-off* entre o pagamento da OODC, a fim de promover implementação de soluções arquiteturas sustentáveis em novos empreendimentos. Essa política foi incluída na lógica de uma política mais ampla de incentivos à introdução de um urbanismo mais sustentável e amigável, chamada de “gentilezas urbanas”. No caso específico das gentilezas urbanas de que este artigo trata, objetiva-se incentivar os empreendedores imobiliários a mitigar localmente os impactos ambientais de seus empreendimentos por meio da adoção de dispositivos de infraestrutura verde e azul, além do que é requerido pela legislação. O incentivo, de base econômica, permite aos empreendimentos obter maior potencial construtivo se empregarem tais dispositivos (Belo Horizonte, 2018b).

Espera-se, com essa política, atingir vários objetivos: aumentar a permeabilidade visual da cidade, melhorar a acessibilidade dos ambientes urbanos, atingir objetivos ambientais, como a mitigação dos efeitos de mudanças climáticas, reduzir a formação de ilhas de calor e o risco de inundações (Belo Horizonte, 2020a). Espera-se, também, que essa política contribua para o aumento da permeabilidade

do solo, principalmente nas regiões da cidade com um alto nível de adensamento construtivo, fator este que contribui no aumento das inundações.

Essa política pode ser dividida em duas propostas: (1) a escolha por utilizar soluções projetuais para subtrair área computada – que se trata da área construída considerada no cálculo do Coeficiente de Aproveitamento (CA), sendo esse a razão numérica entre a área construída computada de uma edificação e a área total do lote –; ou (2) as gentilezas urbanas como abatimento em parte do valor da OODC.

Nesse cenário, são disponibilizados, aos empreendimentos, três opções de garantir, gratuitamente (sem o pagamento da OODC), o aumento do potencial construtivo, para além do Coeficiente de Aproveitamento básico (CABas), sendo elas:

- 1) área permeável no afastamento frontal, em terreno natural, vegetada e arborizada;
- 2) área permeável em porção do terreno coincidente com área de vegetação relevante, independentemente da localização no terreno;
- 3) área de fruição pública (Belo Horizonte, 2020a).

Dessa forma, os empreendimentos que adotarem essas medidas em seus projetos estarão aptos aos benefícios financeiros previstos pela política. Uma vez que o novo Plano Diretor de BH impõe um CABas igual a um em toda extensão do município, limitando, assim, o potencial construtivo outorgado sem ônus, a adoção dos benefícios urbanísticos apresenta-se como um atrativo para os futuros empreendimentos os utilizarem como forma a ultrapassar o coeficiente, sem ser necessário pagar outorga.

A introdução de infraestrutura verde e azul pode contribuir para a redução dos impactos que a urbanização tem provocado no

ciclo hidrológico e buscar retornar, sob a perspectiva de geração de escoamentos, às condições preurbanização dos terrenos (Fernandes, 2018). Além de outros benefícios, espera-se que o emprego desses dispositivos leve à redução de vazões e de volumes de escoamento posteriormente lançados nos sistemas públicos de drenagem urbana.

Na atualidade, a prefeitura de Belo Horizonte tem privilegiado três dispositivos: as caixas de captação de águas pluviais, de uso impositivo na atual legislação; os telhados verdes, que será o foco neste trabalho; e os jardins drenantes ou jardins de chuva. A seguir, discorre-se brevemente sobre cada um desses dispositivos.

#### *Caixa de captação*

A caixa de captação é exigida em todo o território de Belo Horizonte, exceto nos zoneamentos definidos como Zona Especial de Interesse Social (Zeis), e na Área Especial de Interesse Social (Aeis). Tem em vista contribuir para o amortecimento de vazões de escoamento superficial geradas nos empreendimentos, reduzindo as cargas de escoamento na rede pública de drenagem, contribuindo para melhora de seu funcionamento (Belo Horizonte, 2019).

#### *Telhado verde*

Os telhados verdes são dispositivos que podem ser utilizadas para contribuir para a retenção e a evapotranspiração de águas pluviais, gerando, assim, os benefícios urbanísticos citados acima. Essa técnica é conhecida por possibilitar a conversão de uma superfície convencional em um espaço multifuncional, utilizando a vegetação apropriada. Há vários conceitos e modelos disponíveis em relação

ao tipo de uso previsto e ao tipo de vegetação que será utilizada, bem como ao seu objetivo final (Tassi et al., 2014).

Os telhados verdes apresentam a vantagem de permitir atingir objetivos de redução de escoamentos pluviais produzidos pelos lotes e seus edifícios, sem ocupar uma área do terreno, propriamente dito, ou seja, eles substituem em todo ou em parte as coberturas convencionais das edificações. O que desfavorece a sua utilização é seu custo de implantação, que pode chegar até três vezes mais do que o custo dos telhados convencionais. Já o custo de manutenção é baixo e pode trazer retorno positivo ao longo do tempo (Fernandes, 2018).

#### *Jardim drenante ou de chuva*

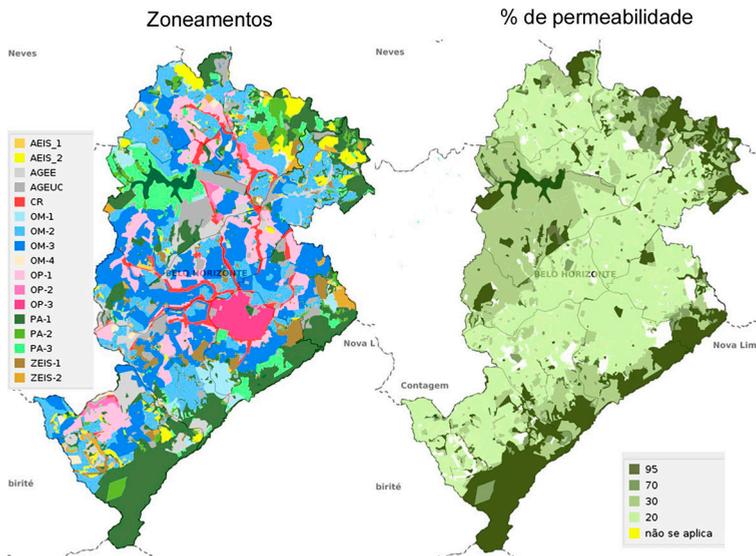
Jardim drenante refere-se a uma depressão vegetada, cujo objetivo é facilitar a infiltração da água pluvial no solo. Em sua composição,

ele combina camadas de solo arenoso orgânico e substrato, para infiltrar e promover a atividade microbiana. Já, para a vegetação de composição do jardim, são indicadas plantas nativas aclimatadas à região (Cortez et al., 2019).

## Metodologia

Visando analisar a política de gentilezas urbanas, foi criado um cenário para simular um projeto habitacional. Para isso, foi utilizado o Imposto de Transmissão de Bens e Imóveis (ITBI), disponibilizado pela Secretaria da Fazenda da Prefeitura de BH, contendo informações do período entre jan/2009 e set/2021. E do atual Plano Diretor, foram utilizados o zoneamento, a taxa de permeabilidade e o coeficiente de aproveitamento, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Mapa de zoneamento e taxa de permeabilidade em BH



Fonte: mapa elaborado a partir de <https://bhmap.pbh.gov.br>. Acesso em: 27 abr 2023.

Para simulação de uma área construída, foi selecionado um lote com dimensão de 400m<sup>2</sup>, por ser a área com maior representatividade nos dados adquiridos junto à Secretaria da Fazenda, adotando-se, no estudo, a taxa de permeabilidade igual a 20% da área do terreno, por ser a mais usual estabelecida pelo Plano Diretor. Além disso, o zoneamento Ocupação Preferencial-3 (OP-3) foi escolhido por ser o que representa a região central da cidade, com o metro quadrado mais oneroso e ser onde ocorre a maioria das disputas pelo uso do solo.

Esses dados referentes ao lote, como área e permeabilidade, são utilizados no Portal de Gestão dos Instrumentos de Política Urbana (Sipu), para realização da simulação de compra de Potencial Construtivo Adicional (PCA), obtendo-se, por esse meio, os valores referentes à compra de OODC em novos empreendimentos.

Os valores de ITBI são utilizados como meio para estimar os preços de comercialização dos lotes; é uma forma de se estimar o valor atribuído aos terrenos urbanos pelo mercado imobiliário e sua variação espacial no território municipal.

Devida a sua amplitude, os valores de ITBI foram divididos em 3 categorias: valores referentes aos 10% dos lotes mais baratos (10% menores); valores medianos (mediano); e valores referentes aos 10% dos lotes mais caros (10% maiores). O objetivo dessa divisão foi observar o grau da abrangência territorial da política em relação aos diferentes preços da terra urbana e, assim, determinar se há relação entre tais preços com os incentivos para a adoção dos dispositivos de gentilezas urbanas e, por esse meio, atingirem-se seus benefícios.

Com a inserção dos dados mencionados no Portal Sipu, foi possível chegar a alguns resultados quanto aos possíveis valores da

OODC, bem como aos indicadores que permitem avaliar se o potencial do incentivo econômico influencia a decisão do empreendedor imobiliário pela adoção das gentilezas urbanas, desonerando o pagamento de OODC. A partir desses valores emitidos pelo Portal Sipu, quanto maior for a economia gerada pela instalação das infraestruturas verdes e azuis em relação ao pagamento da OODC, maiores as chances de sua adoção pelos empreendedores imobiliários.

A renda da terra urbana, que forma os preços imobiliários (Amano e Almeida, 2021), é a fonte última que informa os valores-base para o cálculo do ITBI. A renda da terra depende de diversos fatores, muitos deles fora do controle das prefeituras. Dessa forma, um modo de aumentar a capacidade de realização do *trade-off* mencionado seria o barateamento do custo de implantação de dispositivos de infraestrutura verde e azul. No presente estudo, optou-se por restringir as simulações aos telhados verdes. Os motivos da escolha dessa técnica baseiam-se na diversidade de modelos disponíveis no mercado de forma padronizada, bem como de modelos para construção in loco –; no fato de não ocupar espaço útil, pois substitui parte dos telhados já existentes ou previstos; e em ser aplicável à construção independente de sua localização, embora não figurem entre os dispositivos de menor custo construtivo.

Dessa forma, os valores dos telhados verdes para uma área de 100m<sup>2</sup> foram levantados a partir dos trabalhos de Savi (2012) e Santos (2018). Os seus preços passaram por correções com base no índice de inflação – INCC, referente a janeiro de 2022, e foram somados os valores de mão de obra e de custo de 1 ano de manutenção, de forma a padronizar os custos de implementação.

## Resultados e discussões

Conforme descrito na metodologia, o cálculo do valor estimado para pagar pela outorga e da economia gerada como outorga gratuita foi elaborado com o auxílio do modelo de cálculo disponível no Portal Sipu da prefeitura de Belo Horizonte. O Quadro 1 contém os dados utilizados para o cenário aqui simulado, igualmente conforme descrito na metodologia.

Os resultados de estimativas de valores de outorga (OODC) por meio do Portal Sipu encontram-se na Tabela 1, que reproduz a imagem da página de síntese de cálculos no referido Portal. Esses resultados correspondem a imóveis com preços na faixa de ITBI superior a R\$2.852,25 por m<sup>2</sup>, o que corresponde aos 10% mais caros de Belo Horizonte.

Nessa simulação, o terreno de 400m<sup>2</sup> irá receber uma construção de 2000m<sup>2</sup> (de forma a utilizar todo o seu Coeficiente de Aproveitamento máximo no zoneamento OP-3), com valor do ITBI de R\$2.852,25/m<sup>2</sup>.

De forma descritiva, o Potencial Construtivo Adicional (PCA = 4,00) informa a área construída adicional referente ao tamanho do terreno (400% da área total do terreno, que representa 1,600m<sup>2</sup>). O PCA Oneroso = 3,35 informa a área construída que pode gerar outorga (335% da área total do terreno, que representa 1,340m<sup>2</sup>). Enquanto o 0,65 restante da fração representa os 100m<sup>2</sup> de área gratuita adquirida via gentilezas urbanas (outorga gratuita na Tabela 1) e os 160m<sup>2</sup> que correspondem à área da TDC, sendo divididos em: 0,25 e 0,40, respectivamente.

Além disso, o valor estimado a pagar da outorga onerosa refere-se ao custo financeiro para alcançar o máximo proveito do terreno, atingindo o CA máximo desse zoneamento (OP-3), para o qual é necessário o montante de R\$1.911.007,50. A economia gerada com outorga onerosa é o desconto a ser recebido, caso seja utilizada alguma técnica das GBIs no empreendimento (foi utilizada uma área de 100m<sup>2</sup> como telhado verde). Dessa forma, haverá a dedução de R\$142.612,00 do valor da outorga onerosa.

Quadro 1 – CA e áreas em zoneamento selecionado

Zoneamento	OP-3
Coefficiente de Aproveitamento básico	1
Coefficiente de Aproveitamento máximo	5
Área do terreno simulado	400 m <sup>2</sup>
Área líquida construída (terreno x CAmáx)	2.000 m <sup>2</sup>
Valor médio do ITBI – R\$/m <sup>2</sup>	2.852,25

O cálculo utilizado para chegar aos valores de desconto tem como fator primordial o ITBI, imposto que permite estimar o preço do terreno, ou seja, quanto maior for este, maiores serão os descontos, considerando-se que os demais parâmetros urbanísticos e de projeto

permaneçam constantes. Quando analisamos os resultados para a faixa de ITBI correspondente aos lotes 10% mais baratos e medianos, os resultados dos cenários de simulação diferem significativamente (Tabela 2).

Tabela 1 – Resultado da simulação da OODC com desconto para adoção de técnicas GBI

Resumo do Potencial Construtivo Adicional – PCA Coeficiente de Aproveitamento – CA			
Potencial Construtivo Adicional			4,00
Potencial Construtivo Adicional – Oneroso			3,35
Áreas			
Adicional total (PCA)	1.160,00 m <sup>2</sup>	Outorga gratuita	100,00 m <sup>2</sup>
Conversão	0,00 m <sup>2</sup>	Outorga gratuita	1.340,00 m <sup>2</sup>
TDC	160,00 m <sup>2</sup>	BPH	0,00 m <sup>2</sup>
Valores referentes a outorga			
Valor estimado a pagar da outorga onerosa			R\$1.911.007,50
Economia gerada por usar técnica GBI			R\$142.612,00
Valor estimado a pagar da outorga onerosa suspenso pelo art. 13 da lei n. 11.216/2020 e art. 48 da lei n. 11.181/2019			R\$0,00

Fonte: autores, a partir de Sipu/PBH.

Tabela 2 – Desconto gerado quando utilizadas as técnicas GBI

OP-3	10% menores		Mediano		10% maiores	
TDC*	160,00 m <sup>2</sup>					
Terreno (R\$/m <sup>2</sup> )	R\$110,85		R\$632,34		R\$2.852,25	
GBI	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
OODC estimado	79.812,00	74.269,50	455.284,80	423.667,80	2.053.620,00	1.911.007,50
Economia gerada	R\$5.542,50		R\$31.617,00		R\$142.612,50	

\*Transferência do Direito de Construir – valor mínimo exigido pelo §4 do art. 45 da lei n. 11.181/2019.

Fonte: autores.

Destarte, quando analisamos os lotes mais baratos da cidade, que possuem um valor médio de ITBI de R\$110,85/m<sup>2</sup>, o desconto gerado, no caso de haver uma troca entre pagamento da OODC pelo financiamento da gentileza urbana, será de apenas R\$5.542,50. Enquanto, para o ITBI mediano (R\$ 632,34/m<sup>2</sup> de terreno), o desconto será superior, mas ainda não suficiente para cobrir os custos de implementação de telhados verdes, cujos preços por 100m<sup>2</sup> variam entre R\$29.400,00 até 49.907,00 (Quadro 2) a depender do modelo escolhido.

Como é necessário construir algumas das técnicas disponíveis para ter acesso ao desconto por elas gerado, o seu custo de implementação não pode ser superior ao desconto gerado, para que o incentivo econômico faça sentido. A coluna “ITBI *Breakeven*” exibe essa informação de maneira simples, pois nela observamos os valores necessários de ITBI por m<sup>2</sup> para tornar viável o financiamento das técnicas. Fica clara a grande divergência de custos entre os modelos de telhados verdes, abrindo uma oportunidade

de maior aplicabilidade se modelos mais populares de telhados verdes forem desenvolvidos no futuro. Como os custos de implementação das técnicas não podem ser superiores aos custos da OODC para que o incentivo econômico funcione, quanto mais acessíveis elas forem, maior será seu potencial de adoção. Além disso, o valor da OODC também não pode ser muito baixo, pois não incentivará o uso das técnicas sustentáveis, assim como fará com que a prefeitura perca a arrecadação potencial que poderia financiar obras de infraestrutura, moradia e incentivos a novas centralidades.

Os resultados obtidos com as simulações dos cenários aqui considerados indicam que apenas aqueles lotes localizados em regiões de maior valor de mercado serão motivados a adotar os incentivos postos pelo no PD. Esse cenário se repete para todos os zoneamentos da cidade, a não ser que o ITBI indique valores elevados do preço do terreno, levando a um desconto de OODC suficiente para compensar o custo da gentileza urbana.

Quadro 2 – Preços de modelos de telhados verdes

Modelo do telhado	Total - 100m <sup>2</sup> (R\$)	ITBI <i>Breakeven</i> (R\$)
Hexa Ecotelhado®	49.907,00	998,14
Cidade Jardim®	48.830,75	976,61
Vernacular	35.774,96	715,50
Modelo em BH	38.869,80	777,39
Alveolar Grelhado®	47.105,07	942,10
Alveolar Leve®	39.395,77	787,91
Moldado in loco	29.400,93	588,02

Fonte: autores, a partir de Santos (2018) e Savi (2012).

Além das barreiras financeiras, os dispositivos verdes e azuis disputam tipologias arquitetônicas já consolidadas socialmente. É o caso de estacionamentos e garagens no subsolo; das piscinas; das quadras e área de recreação; ou mesmo de coberturas. Todos estes ao seu modo podem trazer dificuldades para a implementação das técnicas, que acabam durante a elaboração de projetos disputando a preferência. Porém, há uma ampla variedade de possibilidades de projeto arquitetural com potencial a atender a diferentes requisitos. A experiência adquirida com o uso dessas técnicas facilitará o desenvolvimento de alternativas.

## Considerações finais

Pode-se considerar inevitável que as cidades precisem aderir às exigências que as mudanças climáticas vêm causando. Segundo os levantamentos apresentados, no mundo (bem) mais da metade da população reside em áreas urbanas, e, no Brasil, esse valor é superior a 85%, sendo muitas dessas áreas já inseridas em regiões de risco climático. A dificuldade de lidar com o problema piora quando consideramos que essas cidades já sofrem há décadas com altos níveis de vulnerabilidade social e econômica e falta de infraestrutura básica, fatores que contribuem para o agravamento dos impactos das mudanças climáticas.

Estudos como os aqui relatados mostram que o aumento no número de desastres naturais, em especial, das inundações, conduz à necessidade de conceber alternativas para tratar esses desafios. Assim, podemos atribuir, em parte, a essa necessidade, a introdução de novas agendas urbanas (como a da ONU)

e, especificamente, de políticas urbanas que incentivem a adoção de técnicas de construção sustentável nas novas edificações. Vale notar, contudo, que essas propostas têm sido colocadas sob um prisma *market-friendly*, isto é, amigável ao mercado (imobiliário, em particular). As legislações poderiam criar instrumentos do tipo “comando e controle”, para combater os mesmos problemas e terem resultados diferentes.

Belo Horizonte, diante do seu histórico de desastres provenientes das chuvas e do aumento desse processo causado, em parte, pelas mudanças climáticas, promoveu, em seu Plano Diretor de 2019, medidas que pudessem ser utilizadas para mitigar esses impactos. Foram introduzidos instrumentos para incentivar economicamente o uso de técnicas verdes e azuis (como telhados verdes e jardins drenantes), por meio de descontos na OODC associados aos novos edifícios. Este artigo buscou analisar o potencial de emprego dessas técnicas em toda a extensão municipal – embora os resultados apresentados foquem no zoneamento OP-3, de mais altos coeficientes máximos, os resultando são essencialmente os mesmos em outros zoneamentos que não foram apresentados em função do limite de extensão deste artigo e que os autores podem disponibilizar mediante solicitação. Os resultados indicam que a adesão do setor privado a essas estratégias técnicas de mitigação de efeitos da impermeabilização de solos e de mudanças climáticas, sob uma perspectiva econômica, ficará comprometida em regiões menos valorizadas pelo mercado imobiliário.

Com isso, as regiões menos favorecidas para a implementação dessas técnicas – não necessariamente regiões carentes, mas aquelas nas quais não há necessidade da compra

da OODC, por exemplo –, mesmo sendo áreas que sofram constantemente com inundações e outros impactos ambientais da urbanização, não receberão as técnicas preconizadas pela política de gentileza urbana. Isso mostra que a política estudada ainda está distante de garantir um meio urbano mais seguro e que será necessária a maior participação do Estado na concepção e implantação de outros modelos de financiamento e incentivos que não envolvem apenas instrumentos econômicos. Uma possibilidade, ainda na esfera de instrumentos econômicos, seria o financiamento direto da política de implantação de infraestrutura verde e azul, repassando os recursos adquiridos através da venda da OODC no município. Outra iniciativa importante, na esfera da

administração pública, é o emprego de infraestrutura verde e azul nos espaços públicos. Essas iniciativas podem, igualmente, contar com o financiamento público.

Finalmente, vale notar que, no dia em que este artigo foi concluído em sua última versão, a Câmara Municipal de Belo Horizonte aprovou o projeto de lei n. 508/2023, que concede descontos de 50% sobre o valor a ser pago de OODC na centralidade principal do município, aquela sob zoneamento OP-3.<sup>4</sup> Dessa forma, a política introduzida no novo PD já tende a ser natimorta, pois, como indicam as simulações feitas aqui, baixos valores de OODC esvaziam a possibilidade de troca entre o custo de introdução de técnicas GBI e a obtenção de descontos na OODC.

**[I] <https://orcid.org/0000-0002-9791-6378>**

Universidade Federal de São João del Rei, Departamento de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Planejamento e Território. São João del Rei, MG/Brasil. contatoaugustor@gmail.com

**[II] <https://orcid.org/0000-0003-2900-3304>**

Universidade Federal de São João del Rei, Departamento de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Planejamento e Território. São João del Rei, MG/Brasil. renan@ufsj.edu.br

**[III] <https://orcid.org/0000-0002-1212-2000>**

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, MG/Brasil. niloon2012@gmail.com

## Nota de agradecimento

Os autores gostariam de agradecer aos membros do projeto de pesquisa que deu origem a este trabalho: Priscilla Moura, Talita Silva, Michelle Reboita, Wilson Fernandes, Deyvid Rosa, Pedro A. Patrício, Kauê Melo, André Silva, e Christie Souza. A pesquisa contou com o financiamento do Lincoln Institute of Land Policy (Consórcio para Planejamento de Cenários).

## Notas

- (1) A OODC é um mecanismo que possibilita a compra do direito de construir acima do limite permitido pela legislação, mediante o pagamento de uma quantia em dinheiro ao município. Esses recursos devem financiar políticas de formação de novas centralidades e moradia popular no município e buscam recuperar parte da valorização do solo gerada pela ação pública.
- (2) Sobre cidades compactas e sustentabilidade, ver também Fouchier (1997) e OECD (2012).
- (3) Ver, por exemplo, Farr (2008), Garcia-Cuerva et al. (2018) e Rosa et al. (2022b).
- (4) Ver: Fontes (2023).

## Referências

- ALLAG-DHUISME, F. et al (2010). *Guide méthodologique identifiant les enjeux nationaux et transfrontaliers relatifs à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques et comportant un volet relatif à l'élaboration des schémas régionaux de cohérence écologique: deuxième document en appui à la mise en oeuvre de la trame verte et bleue en France*. Disponível em: [https://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references\\_bibliographiques/guide2\\_comoptvb\\_juillet2010.pdf](https://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/references_bibliographiques/guide2_comoptvb_juillet2010.pdf). Data de acesso: 11 abr 2023.
- ALMEIDA, R. P.; MONTE-MÓR, R. L. de M.; AMARAL, P. V. M. do (2017). Implosão e explosão na Exópolis: evidências a partir do mercado imobiliário da RMBH. *Nova Economia*. Belo Horizonte, v. 27, n. 2, pp. 323-350.
- AMANO, F. H. F.; ALMEIDA, R. P. (2021). Renda Fundiária Urbana e Urbanização: notas a um resgate necessário. *Revista Científica Foz*, v. 3, n. 2, pp. 301-325.
- BAI, X. et al. (2018). Six research priorities for cities and climate change. *Nature*. Londres, v. 555, n. 7694, pp. 23-25.
- BANCO MUNDIAL (2012). *Cidades e Inundações: um guia para a gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI*. Disponível em: <<https://documents1.worldbank.org/curated/en/927951468152965134/pdf/667990PUB0v20P00Box385314B00PUBLIC0.pdf>>. Acesso em: 1 dez 2022

- BELO HORIZONTE (2016). *Análise de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do Município de Belo Horizonte*. Disponível em: <https://conteudo.waycarbon.com/resumo-para-os-tomadores-de-decisao-estudo-de-vulnerabilidade-as-mudancas-climaticas-de-belo-horizonte>. Acesso em: 10 dez 2022.
- \_\_\_\_\_. (2018a). *Proposta do novo Plano Diretor de Belo Horizonte*. Disponível em: [https://www.cmbh.mg.gov.br/sites/default/files/eventos/10-11-\\_painel\\_de\\_estruturacao\\_urbana\\_-\\_maria\\_fernandes\\_caldas.pdf](https://www.cmbh.mg.gov.br/sites/default/files/eventos/10-11-_painel_de_estruturacao_urbana_-_maria_fernandes_caldas.pdf). Acesso em: 23 fev 2022.
- BELO HORIZONTE (2018b). 5ª Conferência Municipal de Política Urbana – *A Nova Agenda Urbana para BH e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2018/planejamento-urbano/vcmпу/VCMPU\\_Abertura.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2018/planejamento-urbano/vcmпу/VCMPU_Abertura.pdf). Acesso em: 28 nov 2022.
- \_\_\_\_\_. (2019). *Lei n. 11.181, aprova o Plano Diretor do município de Belo Horizonte e dá outras providências*. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei/11181/2019>. Acesso em: 11 dez 2022.
- \_\_\_\_\_. (2020a). *E-book Plano Diretor de BH. Entenda os principais pontos*. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2020/e-book\\_conceitos\\_versao-completa.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2020/e-book_conceitos_versao-completa.pdf). Acesso em: 11 dez 2022.
- \_\_\_\_\_. (2020b). *Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2020/2023 volume I/II*. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2021/\\_pms2020-2023\\_texto\\_completo.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2021/_pms2020-2023_texto_completo.pdf). Acesso em: 11 dez 2022.
- BORSAGLI, A. (2016). *Rios invisíveis da metrópole mineira*. Belo Horizonte, Clube de Autores.
- BRAGA, R. (2012). Mudanças climáticas e planejamento urbano: uma análise do Estatuto da Cidade. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, IV. Belém, pp. 1-15.
- BRASIL (2001). Lei n. 10.257 de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm#:~:text=LEI%20No%2010.257%2C%20DE%2010%20DE%20JULHO%20DE%202001.&text=182%20e%20183%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o,urbana%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAscias.&text=Art.,aplicado%20o%20previsto%20nesta%20Lei](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm#:~:text=LEI%20No%2010.257%2C%20DE%2010%20DE%20JULHO%20DE%202001.&text=182%20e%20183%20da%20Constitui%C3%A7%C3%A3o,urbana%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAscias.&text=Art.,aplicado%20o%20previsto%20nesta%20Lei). Acesso em: 14 abr 2023.
- CALAZANS, V. (2021). *Novo Plano Diretor de Belo Horizonte: medidas para mitigar inundações - estudos de caso sub-bacia do córrego leitão*. Monografia de graduação. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- CHO, M.R. (2010). The politics of urban nature restoration: the case of Cheonggyecheon restoration in Seoul, Korea. *International Development Planning Review*. Liverpool, v. 32, n. 2, pp. 145-165.
- CHU, E. K.; HUGHES, S.; MASON, S. G. (2018). “Conclusion: multilevel governance and climate change innovations in cities”. In: HUGHES, S.; CHU, E.; MASON, S. (eds.). *Climate change in cities: innovations in multi-level governance*. New York, Springer.
- CORTEZ, R. M. V., et al. (2019). Análise do desempenho das melhores práticas de manejo para constituição de corredores verdes em Fortaleza. *Paisagem e Ambiente*. São Paulo, v. 30, n. 43, p. e146647-e146647.
- DI GIULIO, G. M. et al. (2019). Bridging the gap between will and action on climate change adaptation in large cities in Brazil. *Regional environmental change*, v. 19, pp. 2491-2502.

- ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. (2020). Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. *Cadernos Metrópole*. São Paulo, v. 22, n. 48, pp. 365-396.
- FARR, D. (2008). *Sustainable urbanism: urban design with nature*. Nova Jersey, John Wiley & Sons.
- FERNANDES, C. (2018). *Inserção de trama verde e azul em ocupações urbanas consolidadas orientada pela participação social*. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- FONTES, L. (2023). Vereadores aprovam mudanças no Plano Diretor de Belo Horizonte. *Portal O Tempo*. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/politica/vereadores-aprovam-mudancas-no-plano-diretor-de-belo-horizonte-1.2859003>. Acesso em: 5 maio 2023.
- FOUCHIER, V. (1997). *Les densités urbaines et le développement durable: le cas de l'Île-de-France et des Villes Nouvelles*. Paris, Éditions du SGVN.
- GARCIA-CUERVA, L.; BERGLUND, E.Z.; RIVERS III, L. (2018). An integrated approach to place Green Infrastructure strategies in marginalized communities and evaluate stormwater mitigation. *Journal of Hydrology*, v. 559, pp. 648-660.
- JIANG, X.; LUO, Y.; ZHANG, D.; WU, M. (2020). Urbanization enhanced summertime extreme hourly precipitation over the yangtze river Delta. *Journal of Climate*, American Meteorological Society, v. 33, n. 13, pp. 5809-5826.
- KANG, C. D.; CERVERO, R. (2009). From elevated freeway to urban greenway: land value impacts of the CGC Project in Seoul, Korea. *Urban Studies*. Glasgow, v. 46, n. 13, pp. 2771-2794.
- KLUG, L.; MARENGO, J. A.; LUEDEMANN, G. (2016). “Mudanças climáticas e os desafios brasileiros para implementação da Nova Agenda Urbana”. In: IPEA. *O Estatuto da Cidade e a Habitat III: um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a Nova Agenda Urbana*. Brasília.
- KOZAK, D. et al. (2020). Blue-Green Infrastructure (BGI) in dense urban watersheds. the case of the Medrano Stream Basin (MSB) in Buenos Aires. *Sustainability*. Basel, v. 12, n. 6, pp. 1-30.
- LEFEBVRE, H. (1970). *A revolução urbana*. Belo Horizonte, UFMG.
- LIU, K.; LI, X.; WANG, S.; LI, Y. (2020). Investigating the impacts of driving factors on urban heat islands in southern China from 2003 to 2015. *Journal of Cleaner Production*, v. 254.
- MARTINS, R. D. (2009). População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo, v. 12, n. 2, pp. 399-403.
- MARTINS, R. D.; FERREIRA, L. DA C. (2011). Uma revisão crítica sobre cidades e mudança climática: vinho velho em garrafa nova ou um novo paradigma de ação para a governança local? *Revista de Administração Pública*. Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, pp. 611-641.
- MONTE-MÓR, R. L. M. (2018). “Urbanização mineira – precocidades e modernidades”. In: DUTRA, E. de F.; BOSCHI, C. C. (orgs.). *Estudos sobre Belo Horizonte e Minas Gerais nos trinta anos do BDMG Cultural*. Belo Horizonte, BDMG Cultural.
- \_\_\_\_\_. (2022). “Resgatando a natureza?” In: DINIZ, C.; PRADO, I.; MATTOS, J. (orgs.). *Sobre o rio*. Belo Horizonte, Da autora.
- NABUCO, A. L. (2019). Estrutura fundiária, construtoras, capital imobiliário e financeiro. Quem são os donos do Belo Horizonte? *RBEUR*. São Paulo, v. 21, n. 3, pp. 567-585.

- NASCIMENTO, N. et al. (2022). *Using green and blue infrastructure for urban flood mitigation: simulating scenarios for climate change, GBI technologies, and land policy*. Disponível em: <https://www.lincolninst.edu/publications/working-papers/using-green-blue-infrastructure-urban-flood-mitigation>. Acesso em: 10 dez 2022.
- NASCIMENTO, N. O.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.-L.; BRITO, A. L. (2013). “Saturnino de Brito, an urbaniste et hydrologue urbain brésilien, précurseur et francophile”. In: BARRAQUÉ, B.; DEUTSCH, J.-C. (orgs.). *Eaux pour la ville, eaux des villes: Eugène Belgrand, XIXe-XXIe siècles*. Paris, Presses des Ponts, v. 1, pp. 266-297.
- O’DONNELL, E. et al. (2021). International perceptions of urban blue-green infrastructure: a comparison across four cities. *Water*. Basel, v. 13, n. 4, p. 1-23.
- OECD (2012). *Compact City Policies: A Comparative Assessment*. *OECD Green Growth Studies*. Disponível em: <https://www.oecd.org/greengrowth/compact-city-policies-9789264167865-en.htm>. Acesso em: 11 abr 2023.
- OLIVEIRA, A. M.; COSTA, H. S. DE M. (2018). A trama verde e azul no planejamento territorial: aproximações e distanciamentos. *RBEUR*. São Paulo, v. 20, n. 3, pp. 538-555.
- PINHEIRO, C. B. (2019). *Políticas públicas de manejo de águas pluviais em Belo Horizonte: novos caminhos em meio a velhas práticas*. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- ROSA, D. W. B.; MACEDO, G. D.; MOURA, P. M.; NASCIMENTO, N. O. (2020). Assessment of the hydrological response of an urban watershed to rainfall-runoff events in different land use scenarios – Belo Horizonte, MG, Brazil. *Water science and technology*, v. 81, pp. 679-693.
- ROSA, D. W. B.; SILVA, T. F. G.; ARAÚJO, R. P. Z.; NASCIMENTO, N. (2022a). Hydrological impacts of urban expansion in a Brazilian metropolis – Case study of the Vargem das Flores reservoir catchment. *Urban Water Journal*, v. 00, pp. 1-9.
- ROSA, D. W. B.; SILVA, T. F.G.; CHONG, J.; GIURCO, D.; NASCIMENTO, N. (2022b). Hydrological response of implementing green and blue infrastructure - study of a Brazilian metropolis. *Urban Water Journal*, v. 00, pp. 1-13.
- SANTOS, L. C. (2018). *Análise do custo-benefício da implantação do sistema construtivo de telhado verde em uma edificação no município de Barra do Garças - MT*. Monografia de graduação. Araguaia, Universidade Federal de Mato Grosso.
- SATHLER, D.; PAIVA, J. C.; BAPTISTA, S. (2019). Cidades e mudanças climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e regiões integradas de desenvolvimento. *Caderno de Geografia*. Belo Horizonte, v. 29, n. 56, p. 262-281.
- SAVI, A. C. (2012). *Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura*. Dissertação de mestrado. Curitiba, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- SERPA, A. (2008). Cidades e metrópoles: uma perspectiva geográfica para a análise dos problemas ambientais urbanos. *GEOUSP: Espaço e Tempo*. São Paulo, v. 23, pp. 30-43.
- SETTA, B. R. S. (2017). Telhados verdes como políticas públicas ambientais para o município de Volta Redonda – RJ. *Revista LABVERDE*. São Paulo, v. 8, n. 1, p. 13-35.

- SILVA, A. C.; RAPOSO, C. D. S. D.; MEIRELES, E. (2021). Áreas de conexão verde e conexão fundo de vale: uma proposta para redução dos impactos de enchentes em Belo Horizonte, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA, 3, pp. 96-104.
- TASSI, R. et al. (2014). Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 14, n. 1, pp. 139-154.
- TEIXEIRA, R. L. P.; PESSOA, Z. S. (2021). Planejamento urbano e adaptação climática: entre possibilidades e desafios em duas grandes cidades brasileiras. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 38.
- TONUCCI FILHO, J. B. M. (2012). *Dois momentos do planejamento metropolitano em Belo Horizonte: um estudo das experiências do Plambel e do PDDI-RMBH*. Dissertação de mestrado. São Paulo, Universidade de São Paulo.
- UNITED NATIONS (2019a). A/RES/71/256 – *Nova Agenda Urbana*. Disponível em: <https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Brazil.pdf>. Acesso em: 27 nov 2022.
- \_\_\_\_\_ (2019b). ST/ESA/SER.A/427 - *World population prospects 2019*, volume II: demographic profiles. Disponível em: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210014380>. Acesso em: 27 nov 2022.
- VILLAÇA, F. (1998). *Espaço intra-urbano no Brasil*. São Paulo, Studio Nobel.
- VIMAL, R.; MATHEVET, R.; MICHEL, L. (2012). Entre expertises et jeux d'acteurs: la trame verte et bleue du Grenelle de l'environnement. *Natures Sciences Sociétés*, v. 20, n. 4, pp. 415-424.

Texto recebido em 15/dez/2022

Texto aprovado em 20/fev/2023