

BELO HORIZONTE

PERCEBENDO A CIDADE A PARTIR DA VEGETAÇÃO URBANA

Bárbara Paes



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Bárbara Rodrigues dos Santos Paes

BELO HORIZONTE: percebendo a cidade a partir da vegetação urbana

Belo Horizonte

2023

Bárbara Rodrigues dos Santos Paes

BELO HORIZONTE: percebendo a cidade a partir da vegetação urbana

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de Concentração: Geografia Aplicada e Geotecnologias

Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia

Belo Horizonte

2023

P126b
2023

Paes, Bárbara Rodrigues dos Santos.

Belo Horizonte [manuscrito] : percebendo a cidade a partir da vegetação urbana / Bárbara Rodrigues dos Santos Paes. – 2023.

94 f., enc. il. (principalmente color.)

Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2023.

Área de concentração: Geografia Aplicada e Geotecnologias.

Inclui bibliografias.

1. Vegetação urbana – Teses. 2. Belo Horizonte (MG) – Aspectos sociais – Teses. 3. Igualdade – Teses. 4. Sensoriamento remoto – Teses. 5. Análise de regressão – Teses. I. Garcia, Ricardo Alexandrino. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 504.73(815.1):301.173.4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

"BELO HORIZONTE: PERCEBENDO A CIDADE A PARTIR DA VEGETAÇÃO URBANA"

BÁRBARA RODRIGUES DOS SANTOS PAES

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 12 de dezembro de 2022, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

Ricardo Alexandrino Garcia

IGC/UFMG

Sónia Maria Carvalho Ribeiro

ICB/UFMG

Douglas Sathler dos Reis

UFVJM

Belo Horizonte, 12 de dezembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Alexandrino Garcia, Professor do Magistério Superior**, em 12/12/2022, às 17:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Douglas Sathler dos Reis, Usuário Externo**, em 15/12/2022, às 10:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sonia Maria Carvalho Ribeiro, Professora do Magistério Superior**, em 19/12/2022, às 17:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1934493** e o código CRC **B61DCD55**.

AGRADECIMENTOS

Enfim, dissertação concluída! Uma trajetória de anos, que só quem aceita este desafio, sabe do valor e de todo o esforço envolvido. Pesquisa se faz junto, mesmo que sozinho, várias pessoas, condições e acontecimentos apoiam para o andamento e a conclusão. Por isso, antes do leitor iniciar, trago um sincero agradecimento a todos os envolvidos para a conclusão desse mestrado em Geografia.

Ao meu orientador, Ricardo Alexandrino Garcia, pela disponibilidade, por acreditar no meu potencial e confiar em todas minhas decisões e apoio em todos os momentos de dúvidas e incertezas.

Aos professores membros da banca de qualificação, Sônia Maria Carvalho Ribeiro e Douglas Sathler dos Reis, pelas críticas precisas, pela generosidade com que incentivaram o desenvolvimento final desta pesquisa e pela gentileza de voltar a avaliá-la.

À coordenação do IGC pelo imenso apoio no momento tão difícil que foram os anos de atividades durante a pandemia de COVID.

À minha mãe Maura, meu pai Nelson e à minha irmã Débora pela torcida e toda minha família pela compreensão das ausências.

Aos amigos, especialmente Élen Menez, apoio para todos os momentos, Thiago Camilo sempre disposto a ajudar, Romain Baalen pelo apoio nas traduções e incentivos e Teriva pela linda capa.

Por fim, ao Luiz, parceiro de vida, pela cumplicidade, paciência, incentivo, admiração e ombro amigo, por ter dividido comigo todas as alegrias, angústias e sonhos desta dissertação.

RESUMO

Como resultado do processo de urbanização, a vegetação natural foi um dos componentes ambientais mais impactados, com perda da cobertura e alteração da estrutura e composição florística, isoladas em fragmentos na malha urbana. A biodiversidade no planejamento urbano, oferece tratamentos diferenciados, mediante as relações de poder, que dão lugar a uma determinada distribuição dos atributos do meio ambiente e recursos naturais. Nesse contexto, a pesquisa avaliou a partir do NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada) a densidade da cobertura vegetal do município de Belo Horizonte, entre os anos de 1984 e 2021, a fim de avaliar sua dinâmica no processo de urbanização da cidade. Os dados demonstram que houve significativa de vegetação em todo o município e ocorre com efeito que se estende espacialmente e de forma desigual no território intraurbano, com as áreas verdes protegidas exercendo papel fundamental na manutenção da vegetação ao longo do período analisado. Partindo-se da premissa que as desigualdades internas das cidades são expressões de um caráter da mudança física e ambiental de fluxos e práticas socioambientais e dependentes das condições históricas, culturais, políticas ou econômicas, este artigo tem como objetivo avaliar se aspectos sociais e econômicos influenciam na distribuição espacial da densidade de vegetação na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. A densidade da vegetação foi estimada por meio do NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada) da imagem Landsat 5 para o ano de 2010 e analisada a partir do Índice de Moran Global (Moran's I) e Local (LISA), demonstrando que a vegetação ocorre com efeito que se estende espacialmente e de forma desigual no território intraurbano. Os dados da vegetação também foram correlacionados a partir da Análise de Regressão Espacial Geograficamente Ponderado (GWR), com dados sociais e econômicos do censo IBGE (2010). Os resultados demonstram que a realidade socioeconômica explica parte da variabilidade da vegetação observada. As análises do GWR demonstram valores significativos (R^2 maior que 0,70) ocorrendo em todo o espaço intraurbano, ocorrendo, contudo, de forma heterogênea, não existindo uma explicação geral, que se aplique a todo o município, sugerindo, portanto, efeitos na escala do lugar ou efeito bairro. Os resultados encontrados permeiam discussões de relações da densidade de vegetação com modelos de cidade compacta e cidade difusa, hierarquias da desigualdade social e racial, agricultura urbana e arborização viária, demonstrando a complexidade da relação ambiental no espaço urbano, refletida no atributo da vegetação.

Palavras-chave: Vegetação Urbana, Série Histórica, Desigualdade Social, GWR, NDVI

ABSTRACT

As a result of the urbanization process, natural vegetation has been one of the most impacted environmental components, with loss of coverage and alteration of structure and floristic composition, isolated in fragments within the urban area. Biodiversity in urban planning offers differentiated treatments through power relations, which result in a specific distribution of environmental attributes and natural resources. In this context, the research evaluated the density of vegetation cover in the municipality of Belo Horizonte between the years 1984 and 2021, using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), in order to assess its dynamics in the city's urbanization process. The data demonstrate a significant loss of vegetation throughout the municipality, occurring spatially and unevenly within the intra-urban territory, with protected green areas playing a fundamental role in maintaining vegetation over the analyzed period. Based on the premise that internal inequalities within cities are expressions of physical and environmental changes in flows and socio-environmental practices, and dependent on historical, cultural, political, or economic conditions, this article aims to evaluate whether social and economic aspects influence the spatial distribution of vegetation density in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais. The vegetation density was estimated using the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) from Landsat 5 imagery for the year 2010 and analyzed using Global Moran's I and Local Indicators of Spatial Association (LISA), demonstrating that vegetation occurs with a spatially and unevenly extending effect within the intra-urban territory. The vegetation data were also correlated using Geographically Weighted Regression (GWR) analysis with social and economic data from the IBGE census (2010). The results demonstrate that the socioeconomic reality explains part of the observed vegetation variability. GWR analyses show significant values (R^2 greater than 0.70) occurring throughout the intra-urban area, but heterogeneously, without a general explanation that applies to the entire municipality, suggesting place-scale effects or neighborhood effects. The findings contribute to discussions on the relationship between vegetation density and models of compact and dispersed cities, hierarchies of social and racial inequality, urban agriculture, and street tree planting, demonstrating the complexity of the environmental relationship in urban area, reflected in the attribute of vegetation

Keywords: Urban Vegetation. Historical Series. Social Inequality. GWR. NDVI

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Setor (vermelho) mais arborizado e com tendência à verticalização. Bairro Gameleira.....	68
Figura 2. Setor (vermelho) mais arborizado e com tendência à verticalização. Bairro Santa Terezinha.....	68
Figura 3. Setor (vermelho) mais arborizado com maior renda em ocupação do tipo casa. Bairro Mangabeiras.....	69
Figura 4. Setor (vermelho) mais arborizado com maior renda em ocupação do tipo casa. Bairro São Luiz.....	69
Figura 5. Relações ambientais características de desigualdade social. Bairro Cidade Jardim e Vila Monte São José.....	70
Figura 6. Relações ambientais características de desigualdade social. Bairros Solar do Barreiro e Corumbiara.....	70
Figura 7. Maior densidade de vegetação em áreas de risco de vilas e favelas. Vila Jardim Alvorada.....	71
Figura 8. Maior densidade de vegetação em áreas de risco de vilas e favelas. Vila Nossa Senhora do Rosário - Aglomerado da Serra.....	71
Figura 9. Quintais urbanos. Bairro Lajedo.....	73
Figura 10. Quintais urbanos. Bairro Mantiqueira.....	73
Figura 11. Setor com característica de cidade dispersa. Bairro Santa Tereza.....	74
Figura 12. Setor com característica de cidade dispersa. Bairro Renascença.....	74
Figura 13. Quarteirões mistos com pouca vegetação. Bairro Sagrada Família.....	75
Figura 14. Arborização viária. Bairro Barro Preto.....	76
Figura 15. Arborização viária. Bairro Savassi.....	76
Mapa 1: Evolução do NDVI em Belo Horizonte - 1984 a 2021.....	24
Mapa 2: Áreas protegidas em Belo Horizonte.....	36
Mapa 3: Localização da área de estudo.....	51
Mapa 4. Índice de Moran Local (LISA) da vegetação de maior densidade em Belo Horizonte.....	59
Mapa 5. Distribuição Espacial das Variáveis Socioeconômicas.....	61
Mapa 6. Regressão Geograficamente Ponderada (GWR) da vegetação e dos aspectos socioeconômicos em Belo Horizonte.....	62
Mapa 7. Principais Relações entre Vegetação e Características Socioeconômicas em Belo Horizonte.....	79
Gráfico 1: NDVI Barreiro Período 1984 a 2021.....	29
Gráfico 2: NDVI Centro-Sul Período 1984 a 2021.....	29
Gráfico 3: NDVI Leste Período 1984 a 2021.....	29
Gráfico 4: NDVI Nordeste Período 1984 a 2021.....	29
Gráfico 5: NDVI Noroeste Período 1984 a 2021.....	29
Gráfico 6: NDVI Norte Período 1984 a 2021.....	29
Gráfico 7: NDVI Oeste Período 1984 a 2021.....	30
Gráfico 8: NDVI Pampulha Período 1984 a 2021.....	30
Gráfico 9: NDVI Venda Nova Período 1984 a 2021.....	30

Gráfico 10: NDVI de Belo Horizonte para o período 1984 a 2021	31
Gráfico 11: NDVI dentro de parques municipais e UCS – Período 1984 a 2021	38
Gráfico 12: NDVI dentro de APP – Período 1984 a 2021.....	38
Gráfico 13: NDVI fora de áreas protegidas – Período 1984 a 2021	38
Gráfico 14. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 1	65
Gráfico 15. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 2	65
Gráfico 16. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 3	65
Gráfico 17. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 4	65
Gráfico 18. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 5	65
Gráfico 19. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 6	65
Gráfico 20. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 7	65
Gráfico 21. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 8	65
Gráfico 22. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 9	66
Gráfico 23. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 10	66
Gráfico 24. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 11	66
Gráfico 25. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 12	66
Gráfico 26. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 13	66
Gráfico 27. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 14	66
Gráfico 28. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 15	66
Gráfico 29. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 16	66
Tabela 1: Variáveis socioeconômicas e as respectivas dimensões.	52
Tabela 2. Classificação do NDVI para Belo Horizonte	54
Tabela 3. Agrupamentos das correlações do GWR entre as variáveis socioeconômicas	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. DINÂMICA TEMPORAL DA VEGETAÇÃO URBANA COM APLICAÇÃO DE NDVI NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS	16
2.1. Resumo	16
2.2. Introdução	17
2.3. Procedimentos Metodológicos	20
2.4. Resultados e Discussões	24
2.4.1. A Influência das Áreas Verdes e Protegidas na Série Histórica do NDVI em Belo Horizonte	31
2.5. Considerações Finais.....	39
2.6. Referências	41
3. A VEGETAÇÃO URBANA E SUAS RELAÇÕES COM ASPECTOS SOCIAIS EM BELO HORIZONTE	46
3.1. Resumo	46
3.2. Introdução	47
3.3. Materiais e Métodos	50
3.4. Resultados e Discussões	57
3.4.1. Características Espaciais da Vegetação e dos Aspectos Socioeconômicos em Belo Horizonte	57
3.4.2. A Relação Entre Vegetação e as Características Socioeconômicas em Belo Horizonte	61
3.5. Considerações Finais.....	80
3.6. Referências	82
4. CONCLUSÃO.....	89
5. REFERÊNCIAS	92

1. INTRODUÇÃO GERAL

A vegetação de Belo Horizonte, apresenta características de tipologias de transição entre os biomas da Mata Atlântica e Cerrado, com áreas de campo rupestre remanescente nas zonas serranas (BRANDÃO, 1992 apud LOPES, 2019). As formações florestais são compostas por Floresta Estacional Semidecidual Montana – FESM (CARVALHO, Inventário Florestal de Minas Gerais, 2008) e florestas de galeria.

Essa vegetação é adaptada às distintas unidades geológico-geomorfológicas que compõem o território municipal, com a existência da imponente escarpa da Serra do Curral que compreende a borda norte do Quadrilátero Ferrífero e é modelada nas resistentes rochas do Supergrupo Minas (quartzitos e itabiritos). No restante do município, o relevo mais suavizado de morros e colinas, reflete o substrato mais friável de rochas cristalinas intemperizadas do Complexo Belo Horizonte, com granitos, gnaisses e migmatitos (Magalhães Júnior e Saadi, 1994).

Como resultado do processo de urbanização, a vegetação natural foi um dos componentes ambientais mais impactados, com perda da cobertura e alteração da estrutura e composição florística, isoladas em fragmentos na malha urbana.

Essa perda de espaços vegetados, facilita a propagação de espécies exóticas e dificulta o fluxo de indivíduos e propágulos de táxons nativos, refletindo na diminuição da complexidade biológica regional, assim como no isolamento dos remanescentes e perda da biodiversidade, conforme apontando por Czech, et. al (2000), como consequências de perdas de cobertura vegetal.

Entra-se, portanto, no aspecto da biodiversidade urbana, tendo a vegetação como um de seus componentes. Cardoso (2011) destaca que o conceito da diversidade biológica tomou força a partir de 1972 na conferência das Nações Unidas em Estocolmo. Bacelar (2019) acrescenta que desde então, sobretudo após a década de 1990, estudos têm sido realizados, com enfoque nos padrões de paisagem e de distribuição de fauna e flora em espaços urbanos.

A relação dicotômica entre urbano e ambiental, refletido também na vegetação, é apontado por Swyngedouw (2001), a partir da construção social urbano-industrial, da ideia de natureza como algo não social, onde qualquer

atividade humana é um polo contraditório ao natural, separada, isolada e desconectada do ritmo dos ciclos de regeneração natural.

O pensamento ecológico contemporâneo traz à luz que a origem dessas questões, bem como muitos dos problemas ambientais atuais, surge a partir da ideia de que natureza é um bem disponível a ser consumido e dominado e por essa razão, oferece um tratamento diferente, mediante as relações de poder, que dão lugar a uma determinada distribuição dos atributos do meio ambiente e recursos naturais (GÓMEZ, 2006).

Conforme destaca Harvey (1996) e Monte-Mór (1994) complementa, as áreas urbanas foram vistas tradicionalmente como “espaços mortos”, do ponto de vista ecológico, devido à lógica da produção industrial, padrões de consumo e concentração de população, que atuam tão intensamente nas metrópoles, cidades e áreas urbanas.

Nesse contexto, Gómez (2006) aponta para a necessidade de uma melhor compreensão dos processos de mudanças nas áreas urbanas, nos aspectos sociais, ambientais, econômicos, culturais e políticos, tendo em vista o rápido processo de mudança socioambiental vivenciados nos ambientes urbanos e a progressiva concentração de população nas cidades e o fato que grande parte dos impactos ambientais globais terão sua origem nas áreas urbanas.

Em outras palavras, é nas áreas urbanas que a acelerada transformação metabólica da natureza se torna mais visível, tanto nos processos físicos, como nos socioecológicos (GÓMEZ, 2006).

Contudo, cabe ressaltar, que os problemas urbano-ambientais, não são/serão sentidos igualmente por todos seus habitantes. Devido aos processos econômicos e sociais em curso, inerentes à produção de paisagens urbanas, que tendem a ser espacialmente diferenciadas e marcadas por níveis inaceitáveis de desigualdade (GÓMEZ, 2006; COSTA, 2012; SWYNGEDOUW e HEYNEN, 2003).

Resulta-se, portanto, em um processo complexo, em que atributos socioambientais, paisagens e discursos, favorecem alguns, enquanto outros são marginalizados e privados desses mesmos atributos.

Estas desigualdades têm sido relacionadas à aspectos como classe social, gênero, raça e outras condições políticas, sociais, culturais e econômicas e das instituições que acompanham tais processos (SWYNGEDOUW, 2004) e

especificamente, no caso das cidades brasileiras, Maricato (2003) destaca que a urbanização, não superou algumas características dos períodos colonial e imperial, marcados pela concentração de terra, renda e poder.

A expansão das cidades é acompanhada de uma degradação urbanística, prevalecendo, ainda uma segregação econômica, cultural e social. “O crescimento quantitativo da economia e das forças produtivas não provocou um desenvolvimento social, mas, ao contrário, uma deterioração da vida social”. (LEFEBVRE, 2008).

Sobre as muitas formas de segregação espacial, Costa (2006) volta-se as implicações do aprofundamento da demarcação de espaços excludentes, caracterizados pela homogeneização, tanto das características socioeconômicas e ocupacionais da população, como da paisagem natural, social e cultural.

De certa forma, são reconhecidas as desigualdades socioespaciais típicas da urbanização brasileira, incorporada em diferentes níveis de vulnerabilidade socioambiental, assim também como o chamado “passivo urbanístico-sanitário-ambiental” das periferias urbanas pobres, gerado a partir das desigualdades nas condições de trabalho e renda, omissão do Estado, práticas privadas formais e informais de parcelamento do solo e autoconstrução de moradias, com as lutas sociais por acesso à infraestrutura e serviços (COSTA, 2006).

Essas desigualdade também são refletidas na biodiversidade urbana, a partir da invisibilidade dos elementos da natureza, como a supressão da vegetação, a canalização e poluição de cursos d’água, soterramento de nascentes, ocupação de áreas de risco e de proteção ambiental, entre outros tantos problemas ambientais inerentes ao processo de desigualdade socioambiental (COSTA, 2006).

Estas podem ser uma das formas pelas quais se verifica o quanto a qualidade ambiental das metrópoles está diretamente associada às políticas territoriais e desigualdades urbanas.

Nesse aspecto, os assentamentos são uma parte importante do crescimento urbano, pois a produção da cidade não pode ser entendida apenas como um simples processo de distribuição de edifícios no território (GOMES, 2014). Lamas (1993), descreve que a economia, as condições sociais, políticas e culturais, refletem profundamente na morfologia da cidade, assim também como essa forma é resultado da produção voluntária do espaço.

Belo Horizonte, nesse sentido, apresenta-se como um caso emblemático do urbanismo, nascida de um desejo da racionalização do desenho urbano, "milimetricamente desenhada e calculada", emergindo sob diversas formas, destaca-se o modelo utópico tardo-românticas de habitações isoladas, das Cidades-Jardim de Ebenezer Howard e Raymond Unwin (BORSAGLI, 2019).

A Capital concebida e construída entre os anos de 1894 e 1897, sob o preceito sanitaria e higienista, foi influenciada por este modelo europeu de urbanização (BORSAGLI, 2019), sendo conhecida como "Cidade Jardim", Belo Horizonte seguiu os conceitos positivista e de desenho urbano de teorias urbanísticas do fim do século XIX e princípios do XX que se refletem na configuração das grandes metrópoles latino-americanas (MORAIS, 2015).

O projeto da Capital, previa a zona suburbana, os sítios, e, no centro urbano, já se localizavam os principais espaços livres públicos, as praças, parques, os jardins e a arborização das ruas e avenidas, e ainda a retificação e canalização dos cursos d'água, conforme complementam Costa, et al. (2009).

O que se notou, contudo, foi a simultânea expansão de outros modelos, menos planejados e mais orgânicos, vista a incapacidade do total controle da forma e da sociedade, transparente em diversas formas de insurgências sociais e espaciais (FERNANDES, 2017).

Nesse aspecto, Fernandes (2017) destaca que o traçado da cidade projetada de Belo Horizonte, não é resultado somente de seu desenho milimétrico, mas do palimpsesto, como descrito por Harvey (2002), de uma composição de paisagem das cidades em "camadas", de outras lógicas sobrepostas ao mesmo tempo, além das geológico-geográficas, mas sobretudo, as de caráter cultural, arquitetônicas, ideológicas, socioeconômica e político, ou seja, a apropriação e utilização do espaço, indissociavelmente ligadas a comportamentos e à vida comunitária dos que ali vivem.

A partir desta perspectiva das relações urbano-ambientais, esta pesquisa objetiva focar na distribuição da vegetação no território de Belo Horizonte, desde a dinâmica temporal da cobertura vegetal e indaga as seguintes questões: A maior ou menor densidade de vegetação em Belo Horizonte é distribuída de forma homogênea na cidade? Há fatores socioespaciais que estão associados à disponibilidade de vegetação no território urbano?

Para tanto, pretende-se o aprofundamento na matriz urbana, mais especificamente na relação entre quantidade/configuração dos espaços arborizados a partir da densidade, com o propósito de investigar sobre características sociais que levam diferentes arranjos e padrões intraurbanos a ter taxas de cobertura arbórea distintas entre si.

Utilizou-se de técnicas de sensoriamento remoto para mensuração de índices de cobertura vegetal, mais especificamente o NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada) e ainda levantados e analisados dados socioeconômicos do censo do IBGE (2010). Para análise dos resultados, utilizou-se estatística multivariada para correlações das variáveis e identificar possíveis relações de causa e efeito.

Portanto, esta pesquisa pretende analisar desde a complexidade do dinamismo dos processos da urbanização, relacionados aos aspectos sociais, econômicos e da ocupação urbana, com foco no fator ecológico, de um de seus atributos, que é a cobertura vegetal.

A dissertação é apresentada em formato de artigos, com abordagem na vegetação, a saber: “Dinâmica Temporal da Vegetação Urbana com Aplicação de NDVI no Município de Belo Horizonte” e; “A Vegetação Urbana e Suas Relações com Aspectos Sociais em Belo Horizonte”.

2. DINÂMICA TEMPORAL DA VEGETAÇÃO URBANA COM APLICAÇÃO DE NDVI NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS

2.1. Resumo

A perda de vegetação natural está entre uma das principais consequências do crescimento do tecido urbano e do processo de metropolização de Belo Horizonte. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo estimar, a partir do índice NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada) a densidade da cobertura vegetal do município de Belo Horizonte, entre os anos de 1984 e 2021, a fim de avaliar a dinâmica da cobertura vegetal no processo de urbanização da cidade. Os resultados demonstram que houve significativa perda da cobertura vegetal em todo o município, com forte correlação negativa e as áreas verdes protegidas exercem papel fundamental na manutenção da vegetação ao longo do período analisado, pois concentram a maior parte da cobertura vegetal remanescente. A densidade da vegetação nas áreas protegidas aumentou ao longo do período analisado, indicando um possível processo de regeneração dos fragmentos de vegetação inseridos nesses espaços.

Palavras-chave: NDVI, Vegetação Urbana, Série Histórica.

ABSTRACT

The loss of natural vegetation is among one of the main consequences of the expansion of urban areas and the process of urbanization in Belo Horizonte. In this regard, this article aims to estimate, based on the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) index, the density of vegetation cover in the city of Belo Horizonte, between the years 1984 and 2021, in order to evaluate the dynamics of vegetation cover in the urbanization process of the city. The results demonstrate that there was a significant loss of vegetation cover throughout the city's territory, with a strong negative correlation. Furthermore, it shows that the protected green areas play a fundamental role in the maintenance of vegetation throughout the analyzed period, as they concentrate most of the remaining vegetation cover. The vegetation density in the

protected areas increased over the analyzed period, indicating a possible process of regeneration of the vegetation fragments located in these areas.

Keywords: NDVI. Urban Vegetation. Time Series.

2.2. Introdução

A dinâmica contemporânea da organização do espaço social, pode ser analisada a partir de uma ideia de urbanização extensiva, a qual se estende para além das cidades em redes que penetram todos os espaços regionais e representa a forma socioespacial dominante, que marca a sociedade contemporânea em suas diversas manifestações (MONTE-MÓR, 1994).

A “zona urbana”, denominada por Lefebvre (1968), vai além da parte construída das cidades, é também um conjunto de manifestações de relações socioespaciais, por toda sua região de influência, a expressão espacial da globalização como uma urbanização planetária.

A dinâmica de urbanização extensiva provoca a ruptura da cidade em duas partes que se relacionam: o centro/núcleo urbano e o tecido urbano, o qual se estende à região resultante da explosão da cidade preexistente (MONTE-MÓR, 1994) ou que se limita “à natureza” ou ao campo (LEFEBVRE, 1968), um fenômeno refletido pela concentração demográfica nas cidades e na disseminação socioespacial da “sociedade urbana” para além dos limites politicamente determinados das cidades construídas (LEFEBVRE, 2003).

Há uma tendência, cada vez mais frequente, de expansão fragmentada do tecido urbano e para a demarcação de espaços excludentes e homogeneizados, tanto por características socioeconômicas e ocupacionais da população, como da paisagem urbanística (COSTA, 2006).

A partir da criação de novos assentamentos urbanos próximos às cidades ou a vias de comunicação, cria-se, um tipo de cidade, com uma morfologia difusa, seletiva, dispersa e fragmentada e conforme apontado por Gonçalves (1995), de caráter concentrador e excludente da organização social, característica da organização do espaço geográfico do capitalismo urbano-industrial.

Esse espraiamento urbano que resulta usualmente em baixas densidades (SIQUEIRA, 2018), se deu junto à ideia de natureza como algo não social, onde

qualquer atividade humana é um polo contraditório ao natural, separada, isolada e desconectada do ritmo dos ciclos de regeneração natural (SWYNGEDOUW, 2001). Os espaços naturais, muitas vezes, também são considerados entraves da produção capitalista e todos esses fatores podem ser considerados como uma das principais condições de precariedade de problemas urbanos-ambientais.

Esse processo leva à discussão dos conflitos que surgem da dicotomia entre natural e construído e da própria relação entre dinâmica urbana e processos naturais. De forma mais ampla, o tema envolve os próprios rumos da sociedade urbano-industrial e o risco à uma homogeneização do espaço, a partir de uma diminuição significativa da quantidade, qualidade e área dos espaços abrangidos por áreas verdes, em uma “perspectiva pessimista” (EUCLYDES, 2016).

As “contradições da sociedade urbano-industrial capitalista” são destacadas por Laschefski (2013), e nesse sentido, pode-se apontar a vegetação natural, como um dos componentes ambientais mais impactados por essa lógica, incluindo a perda da cobertura e a alteração da estrutura e composição florística, isoladas em fragmentos na malha urbana.

Essa perda de espaços vegetados, facilita a propagação de espécies exóticas e conforme apontado por McKinney (2001), o aumento de espécies não nativas em muitos lugares, dificulta o fluxo de indivíduos e propágulos de táxons nativos, refletindo na diminuição da complexidade biológica regional, assim como no isolamento dos remanescentes e perda da biodiversidade.

Czech, Krausman e Devers (2000) acrescentam, que a urbanização é uma das principais causas da associação entre a perda de vegetação e a prevalência de espécies exóticas, causando, portanto, a extinção de espécies da flora nativa.

A diminuição da vegetação é refletida também na qualidade de vida urbana, devido às funções sociais e ecológicas que a cobertura vegetal pode proporcionar. A vegetação tende a melhorar os aspectos paisagísticos das cidades e a minimizar fatores como ruídos e variações climáticas locais, melhorando o conforto térmico, a qualidade do ar, a permeabilidade do solo, o controle de processos erosivos, entre outros aspectos (SENA, et al, 2018).

As perdas de cobertura vegetal ao longo dos anos são relacionadas a diversos problemas e riscos ambientais, como exemplo, pode-se citar as tendências de mudanças das variáveis climáticas, como o aumento da temperatura mínima, a

elevação da temperatura média e o aumento significativo do albedo da superfície (RODRIGUES et al, 2013).

Nesse sentido, Moreira (2018) comprovou a existência de relações entre aspectos de saúde da população com a presença de florestas no entorno de onde vivem, sobretudo de áreas protegidas, como parques urbanos, mostrando que maiores valores dos indicadores de ansiedade, depressão, enxaqueca e hipertensão, estão associados à falta de vegetação. Essas ocorrências demonstram como a vegetação no contexto urbano, possuem funções ecológicas para além da biodiversidade.

Belo Horizonte apresenta taxas de expansão horizontal espacial superiores ao crescimento populacional (UN HABITAT, 2012) e Souza (2008), destaca que este processo, entre outros fatores, proporcionou a configuração da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), com a incorporação de municípios, que passaram a sofrer influência direta da capital.

Atualmente, Belo Horizonte possui uma população de 2.530.701 habitantes e densidade demográfica de 7.167 hab./km² (IBGE, população estimada 2021).

Além do contexto da urbanização, o município apresenta peculiaridades naturais e sociais que proporcionam uma favorável análise ao estudo da vegetação urbana. Algumas das características sociais, dizem respeito à um padrão de urbanização caracterizado pela desigualdade que se manifesta nas múltiplas formas de segregação socioespacial e informalidade/ilegalidade urbana (COSTA, 2006).

No contexto natural, há distintas unidades geológico-geomorfológicas, destacadas por Magalhães Júnior e Saadi (1994), em que na porção sudeste do município, há a imponente escarpa da Serra do Curral que compreende a borda norte do Quadrilátero Ferrífero e é modelada nas resistentes rochas do Supergrupo Minas (quartzitos e itabiritos). No restante do município, o relevo mais suavizado de morros e colinas, reflete o substrato mais friável de rochas cristalinas intemperizadas do Complexo Belo Horizonte (granitos, gnaisses e migmatitos).

A vegetação, adaptada a estas condições geológicas e morfológicas, apresenta características de tipologias de transição entre os biomas da Mata Atlântica e Cerrado, apresentando também áreas de campo rupestre remanescente nas zonas serranas (BRANDÃO, 1992 apud LOPES, 2019). As formações florestais são compostas por Floresta Estacional Semidecidual Montana – FESM (CARVALHO, Inventário Florestal de Minas Gerais, 2008) e florestas de galeria.

A cidade de Belo Horizonte ainda se destaca por ser considerada uma das oito “mega-cities” da América Latina e Caribe, junto a Buenos Aires, México, Rio de Janeiro, São Paulo, Bogotá, Lima e Santiago, não só pelo tamanho da população, mas também pela influência econômica, social, política e cultural (UN HABITAT, 2012).

Esse reconhecimento corrobora o fato de as metrópoles não serem categorias urbanas simplesmente maiores do que as cidades, em termos de dimensões, mas também por sua complexidade advinda de transformações sociais que se refletem no espaço (SANTOS, 1990).

A partir desse contexto, este artigo objetiva estimar, a partir de técnicas de sensoriamento remoto, o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI) da cobertura vegetal do município de Belo Horizonte, por meio de análise multitemporal entre os anos de 1984 a 2021. O trabalho busca, desta forma, avaliar a tendência geral da dinâmica da cobertura vegetal no processo de urbanização da cidade e compreender como ocorreram as pressões antrópicas neste processo.

2.3. Procedimentos Metodológicos

Conhecimentos sobre variações de espécies e dos padrões de distribuição das comunidades vegetais, alterações dos ciclos fenológicos e, modificações na fisiologia e morfologia da planta, fornecem importantes informações sobre a cobertura vegetal de uma determinada área e há expressivos esforços para o desenvolvimento de sensores e algoritmos de processamento visual e digital de imagens, para extrair informações biofísicas da vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto (JENSEN, 2009).

Neste sentido, os procedimentos deste trabalho partem do princípio de que é possível ponderar características de pigmentação das plantas a partir da quantidade de energia absorvida nas respectivas bandas de radiações eletromagnéticas pela clorofila. Há relação direta entre resposta no infravermelho próximo e variáveis relacionadas com biomassa, e também uma relação inversa com o vermelho visível.

À medida que um dossel vegetal se desenvolve, a sua reflectância vai aumentando no infravermelho próximo, enquanto a vegetação vai absorvendo cada vez mais no vermelho em função do aumento na fotossíntese. Esse tipo de comportamento para a reflectância no vermelho e no infravermelho próximo, em

relação ao desenvolvimento dos dosséis vegetais, levou ao desenvolvimento de diversos índices de vegetação e de técnicas de estimação de biomassa e porcentagem de cobertura do solo (JENSEN, 2009).

Essa relação entre as bandas de absorção pela clorofila das plantas, embasou a proposição do Normalized Difference Vegetation Index – NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada), que se baseia na assinatura espectral do comportamento dos alvos de vegetação, com respostas relacionadas à fotossíntese e absorção de radiação solar na região do vermelho (SENA, et al, 2018).

O NDVI é amplamente adotado e aplicado nas pesquisas voltadas à análise da cobertura vegetal e tem como finalidade distinguir a vegetação verde, a partir do seu brilho, mantendo a capacidade de minimizar os efeitos topográficos enquanto produz uma escala de medição linear (JENSEN, 2009). O Índice é realizado a partir de aritmética de canais espectrais dos sensores de satélite, a partir da seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR-Red}}{\text{NIR+Red}}$$

Onde, NIR é a banda do infravermelho próximo e Red banda do vermelho visível.

O cálculo é realizado em cada pixel, resultando em valores que variam entre -1 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior é a atividade vegetativa no local representado pelo pixel. Valores negativos ou próximos de 0 indicam áreas de corpos d'água, edificações, solo exposto ou outras superfícies onde há pouca ou nenhuma atividade da clorofila.

Uma das principais desvantagem da utilização do NDVI é a dificuldade em mensurar a estrutura da vegetação, bem como seu desenvolvimento e produtividade, não sendo eficaz, portanto, de indicar a qualidade da vegetação identificada.

Para este estudo, o NDVI foi obtido através da plataforma Google Earth Engine (GEE), que disponibiliza uma biblioteca consolidada de dados globais de satélites. O sistema tem a vantagem de computação dos dados em nuvem, visto que a identificação sistemática e contínua da cobertura vegetal, seja em escala global ou regional, exige grande capacidade de armazenamento e processamento. Além disso, a integração de dados de séries temporais de sensoriamento remoto gerenciado do GEE, minimiza um dos maiores problemas inerentes ao uso e mapeamento da

cobertura espacial, a existência de nuvens nas épocas mais propícias de se extrair informações biofísicas da vegetação.

No clima tropical fortemente sazonal de Belo Horizonte, o período de maior crescimento e vigor da vegetação está associado à estação quente e chuvosa (verão-primavera), coincidindo, portanto, com a época de maior nebulosidade. Nesse sentido, conforme Diniz et al. (2019), a plataforma GEE fornece recursos de filtragem e classificação rápidos, o que facilita a pesquisa de uma gama de imagens e pixels individuais para selecionar dados que atendam a critérios específicos espaciais, temporais ou espectrais, dentre outros.

Foi considerado um intervalo de tempo de 37 anos, abrangendo imagens dos satélites Landsat no período de 1984 a 2021. Foram utilizadas imagens do Landsat 5 até o ano de 2011 e do Landsat 8 a partir do ano de 2013, para os anos que não foi possível adquirir boas imagens, sem cobertura de nuvens, foi realizado a média móvel, entre o ano anterior e o posterior com coleta de dados.

Todos os dados raster, e seus subprodutos, foram derivados do Levantamento Geológico dos Estados Unidos (USGS), “Landsat Collection 1 Tier 1 Top of Atmosphere (TOA)”, incluindo dados do Nível 1 de precisão do terreno (L1TP) que possuem correção geométrica, radiométrica e atmosférica.

A programação foi realizada na linguagem JavaScript, a partir da plataforma de programação e processamento em nuvem do GEE, denominada Code Editor.

Os tratamentos das imagens Landsat foram baseados em Diniz et al. (2019). Para cada ano nos dados Landsat TOA, foram aplicados filtros para respostas livres de nuvens, entre 1 de novembro e 31 de maio de um ano para outro, abrangendo, portanto, o período chuvoso e o início do período seco. Este período foi selecionado para coincidir com a época do ano que apresenta maior atividade da vegetação verde, de forma a evitar a influência da vegetação semidecídua no auge da estação seca.

O script de remoção de nuvem/sombra aproveita a banda de avaliação de qualidade (BQA) e o redutor médio de GEE, podendo fazer com que, quando usados, os valores de controle de qualidade melhorem a integridade dos dados, indicando os pixels que podem ser afetados pela resposta de nuvens (DINIZ et al, 2019). Em conjunto, utilizou-se a instrução do GEE para escolher a mediana em uma pilha de imagens; esse mecanismo rejeita valores que são muito brilhantes (por exemplo, nuvens) ou muito escuros (por exemplo, sombras) e escolhe o valor de pixel mediano em cada banda ao longo do período do tempo determinado (DINIZ et al., 2019).

Posteriormente aos mosaicos anuais, aplicou-se a fórmula para resposta espectral do NDVI. Então, foram exportadas as imagens para o software GIS ¹ para ajuste de limite municipal ² e elaboração das estatísticas da média e mediana dos valores obtidos, bem como a elaboração de mapas temáticos.

Para a análise da correlação do NDVI ao longo dos anos, a análise de tendência se deu por meio da aplicação do modelo de regressão polinomial quadrático ($y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$), onde o NDVI é a variável dependente (Y) e os anos do estudo, como a variável independente (X).

Conforme Latorre e Cardoso (2001), série temporal ou série histórica é uma sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico e muito comum quando se pretende analisar o comportamento de algum fenômeno ao longo do tempo, onde uma análise pontual não fornece informações suficientes para avaliar um determinado fenômeno e, conforme complementa Chaves, Mataveli e Justino (2014), imagens multitemporais proporcionam mais informações sobre a vegetação e o seu grau de desenvolvimento.

Para a análise de séries temporais, infere-se que há um sistema causal, mais ou menos constante, relacionado com o tempo, que influencia os dados e pode ser projetado, dessa forma, criando-se padrões não-aleatórios que podem ser detectados em análises estatísticas (CHAVES, MATAVELI e JUSTINO, 2014).

Uma série temporal pode ser descrita como o somatório de três componentes não observáveis:

$$Z = T_t + S_t + a_t$$

Onde, Z é a série temporal considerando $t=1,2,3\dots n$; T_t é o componente tendência, que refere-se ao aumento ou redução gradual das observações ao longo de um período; S_t é o componente sazonal, que mostra as flutuações ocorridas em subperíodos e; a_t é o componente aleatório, que representa oscilações irregulares causadas por fenômenos aleatórios (MORETTIN e TOLOI, 2006).

No contexto da análise de séries temporais, a abordagem estatística que melhor permite sua modelagem é o modelo de regressão polinomial, um dos métodos mais utilizados neste tipo de análise e possui como vantagem a estimação da tendência com grande poder estatístico, fácil elaboração e interpretação.

¹ ArcGIS 10.8 e QGIS 3.18

² Limite oficial da Fundação João Pinheiro, 2020 para todos os anos de análise, independente das possíveis alterações políticas ao longo do período.

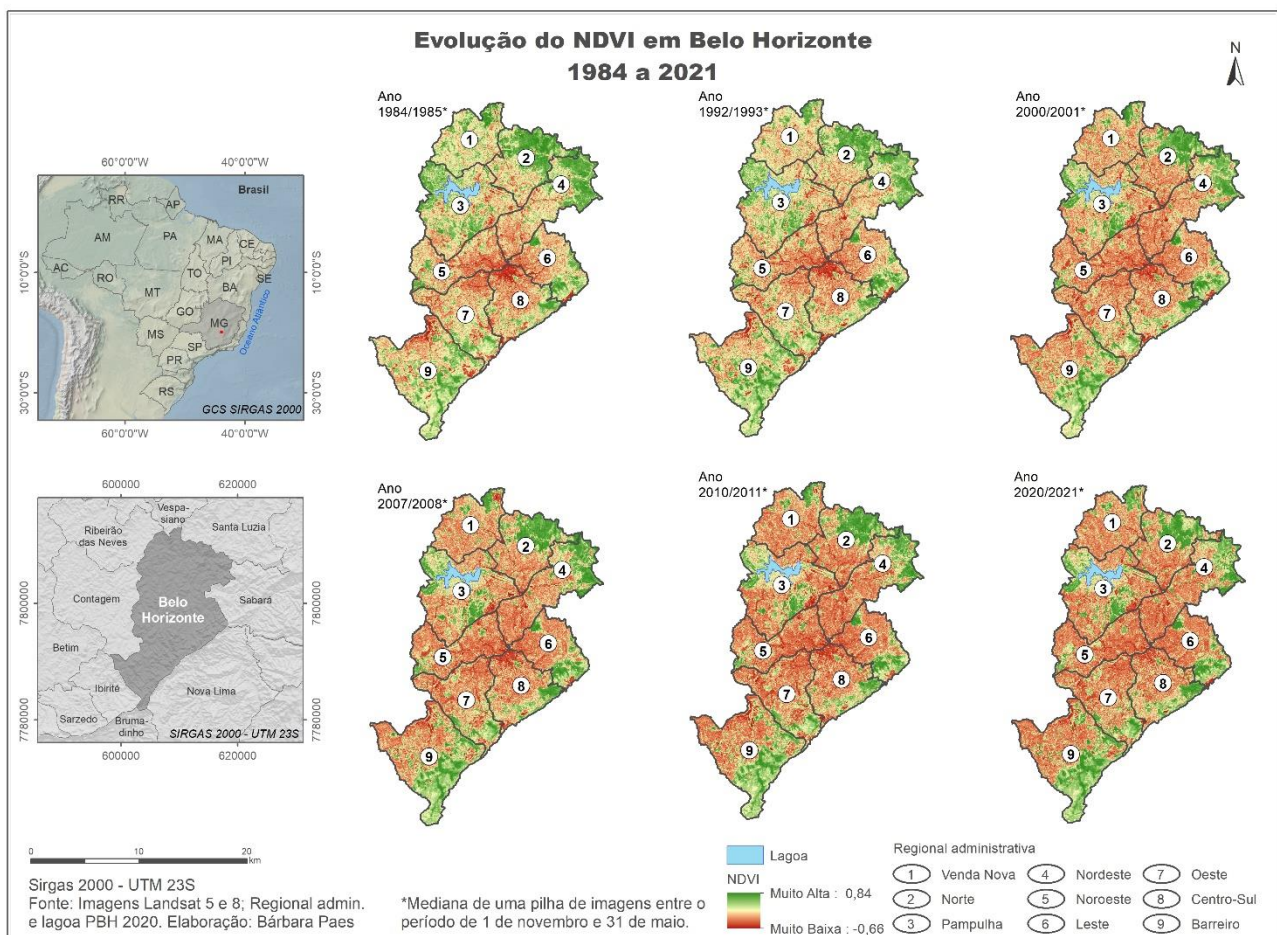
2.4. Resultados e Discussões

Nos últimos 37 anos a cobertura vegetal de Belo Horizonte apresentou uma elevada dinâmica de transformação.

De acordo com a análise das imagens, foi possível constatar que os valores do NDVI mais próximos de 1, que correspondem a uma vegetação mais densa, estão concentrados na zona periurbana. Esses valores ocorrem, sobretudo, nas porções sul/sudeste e nordeste do município, envolvendo as regionais administrativas do Barreiro (9), Centro-Sul (8), Leste (6), Nordeste (4) e Norte (2).

A evolução do NDVI pode ser observada no Mapa 1.

Mapa 1: Evolução do NDVI em Belo Horizonte - 1984 a 2021



Fonte: imagens Landsat 5 e Landsat 8.

É possível observar nos anos de 1984/1985, ainda, o destaque da expressiva concentração de edificações na porção central do município, na regional Centro-Sul

(8). Parte dessa área mais adensada, corresponde ao traçado da cidade planejada, que embasou a mudança da Capital do Estado, de Ouro Preto para a nova centralidade, no ano de 1897.

Em meados da década de 1980, representado no início do levantamento do NDVI neste estudo, demonstra que a vegetação já se encontra bastante reduzida após um longo período de expansão do processo de urbanização da capital, que ocorreu, sobretudo, entre as décadas de 1930 a 1950 (SOUZA, 2008). Contudo, os valores de NDVI se configuram como médios, refletindo uma vegetação menos densa, mas ainda significativa.

As áreas construídas foram se expandindo ao longo dos anos em detrimento de áreas vegetadas. Sobre esse processo de expansão urbana, a especulação imobiliária contribuiu para intensificar o processo de ocupação das periferias da capital, devido à elevação excessiva do preço dos lotes na região central (SOUZA, 2008), esse processo ainda teve como consequência, uma fragmentação do espaço no nível local em lotes ou parcelas de propriedade privada, os quais são negociados com base nas regras da renda fundiária e da especulação imobiliária (LASCHEFSKI e COSTA, 2008).

Desta forma, a área central com melhor infraestrutura, passou a ser inacessível à maioria da população. A partir disso, gradualmente foram intensificados investimentos públicos no sistema municipal de transportes, com o objetivo de facilitar a mobilidade pendular da população das áreas suburbanas para a área central e vice-versa, facilitando a dispersão da ocupação pelo território (SOUZA, 2008).

A periferia cresceu rapidamente de modo espacialmente disperso e com poucas exigências urbanísticas, atraindo a população de baixa renda.

O processo de expansão metropolitana foi marcado, portanto, pelos fenômenos de verticalização e expansão horizontal, consolidando o processo de conurbação entre Belo Horizonte e os municípios limítrofes (SOUZA, 2008), como por exemplo, com Contagem forte polo industrial da Região Metropolitana e municípios tidos como “cidades-dormitório”, como Ibirité, Ribeirão das Neves, Sabará, Santa Luzia e Vespasiano (LOBO, et al 2017) e nesse cenário, conseqüentemente, configurando-se com menos áreas verdes integradas no território.

É interessante observar a evolução espaço temporal da vegetação nas regionais administrativas³. Percebe-se que da segunda metade da década de 1980 até meados dos anos de 1990, Belo Horizonte possuía um índice de NDVI mais elevado no período analisado, configurando-se dois grupos de regionais: aquelas com índices acima de 0,35 e um outro abaixo desse valor, ambos diminuindo gradualmente ao passar dos anos.

Analisando-se a tendência geral, todas as regionais apresentaram significativa perda da vegetação com os anos, destacando-se as regionais Venda Nova (1), Norte (2) e Nordeste (4), respectivamente, com R2 superior à 0,90. Não coincidente, são regionais que compõem a porção norte do município, que tiveram a sua ocupação impulsionada mais tardiamente do que as demais, além de apresentarem respostas mais altas no NDVI nos primeiros anos do período analisado, indicando que são áreas de ocupações mais incipientes, em relação às demais regionais, que já possuíam de certa forma, uma ocupação mais consolidada.

Nas respostas mais altas no NDVI, também aparecem as mesmas regionais, Norte (2), Venda Nova (1) e Nordeste (4), junto à regional Pampulha (3), corroborando, portanto, uma nova tendência de vetor de ocupação para a porção norte do território municipal, que mesmo configurando como as regionais que mais perderam vegetação no período analisado, ainda são as que possuem maior NDVI.

Acerca da regional Pampulha (3), esta teve uma indução de parcelamentos de terra e projeto urbanístico que envolveu o conhecido complexo de lazer da Pampulha no entorno da lagoa de mesmo nome, englobando áreas de alto padrão de ocupação e um conjunto arquitetônico projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer.

Ressalta-se a menor significância de perda de vegetação nas regionais Centro-Sul (8) e Barreiro (9), em relação às demais. A primeira pode-se apontar, que além da existência de importantes áreas protegidas na região, como o Parque Municipal Mangabeiras e da Área de Proteção Ambiental - APA Sul, a maior parte configura a porção planejada, à época da instalação da Capital, e já possuía no início desta análise, uma ocupação consolidada.

Enquanto a regional Barreiro, tem em sua área de abrangência uma das maiores áreas de proteção integral do município, o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, categorizado no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

³ Conforme os limites administrativos atuais.

(BRASIL SNUC - LEI 9.985, 2000). O Parque abrange parte do alinhamento serrano da Serra do Curral, com um total de 4.100 hectares, sendo 30 hectares somente nesta regional.

A existência dessas importantes áreas protegidas nessas regionais, podem indicar que a menor significância de perda vegetação possuem relação com a proteção de áreas com importantes fragmentos florestais.

No grupo de regionais que apresentam menores índices de NDVI já nas décadas entre 1980 a 1990, inclui a Centro-Sul (8), a Oeste (7) e a Noroeste (5), essa última inclusive, com os piores índices de vegetação de todo o município ao longo do período analisado.

Cabe ressaltar, que a ocupação das áreas suburbanas e rurais da Capital ocorreu prioritariamente na direção oeste, contrariando o planejamento do projeto urbanístico original (SOUZA, 2008). Desta forma, ainda que o município tenha crescido em todas as direções, a dinâmica foi mais intensa no eixo oeste devido à instalação da Cidade Industrial e ao lançamento de vários loteamentos privados nos municípios de Contagem, Betim e Ibirité, configurando a primeira frente de conurbação de Belo Horizonte (SOUZA, 2008).

Deve-se lembrar, também, que o crescimento prioritário para os vetores oeste e norte, também tem como fator determinante, o obstáculo natural representado pela Serra do Curral na porção sul/sudeste do município.

De modo geral, para todas as regionais, observa-se uma expressiva tendência de perda de vegetação, sobretudo até o ano de 2002 (período 0) e após, a tendência é de estabilização com leve aumento do NDVI.

Esse aumento observado em todas as regionais no final do período analisado, pode indicar tanto uma menor perda de vegetação e regeneração dos fragmentos florestais em áreas protegidas, sobretudo, pela cidade já ter alcançado algum grau de estabilização na ocupação, além de maiores controles da legislação ambiental municipal sobre a supressão de vegetação.

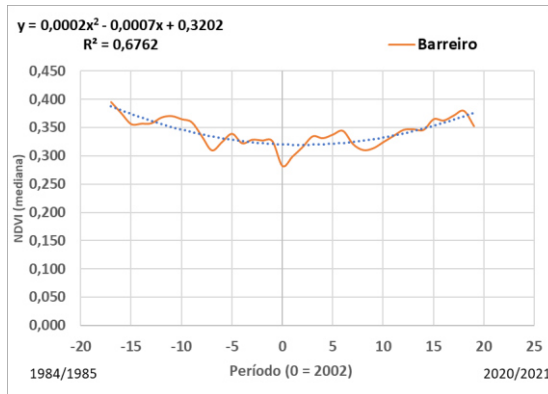
Ainda há a possibilidade de aumento da pluviosidade, nos meses selecionados para a análise, nesse sentido, o NDVI tem como limitação avaliações para além da resposta espectral da clorofila das plantas, que possam identificar relações com a pluviosidade, por exemplo.

Cabe ressaltar, que em uma análise dos gráficos da dinâmica temporal do NDVI, percebe-se variações não regulares, isto é, ocorrem anos com valores altos

bem acentuados e outros anos com valores reduzidos. A observação dessa série longa, revela a ocorrência de variações sazonais e diferentes sequências de valores, que podem ser caracterizados como aleatórios, que podem ser causados por ruídos no NDVI, como de efeitos atmosféricos, do sensor, condições de iluminação, declive superficial, aspectos de visadas, entre outros, focando-se, portanto, na análise da tendência global.

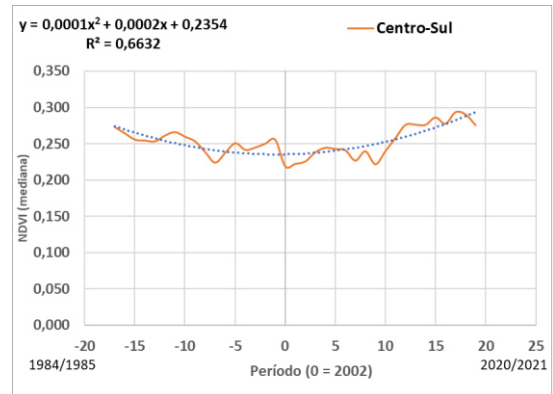
A sequência do Gráfico 1 ao Gráfico 9, demonstram a tendência de evolução do NDVI em cada regional no período analisado.

Gráfico 1: NDVI Barreiro Período 1984 a 2021



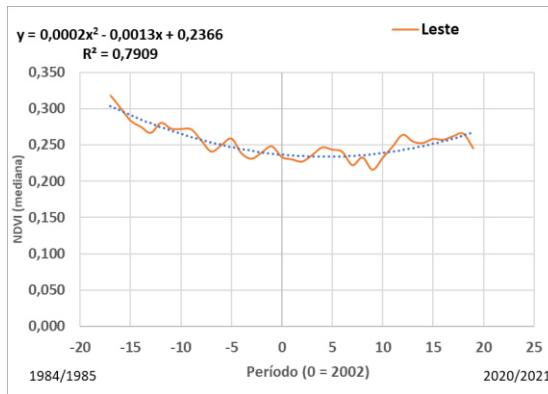
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 2: NDVI Centro-Sul Período 1984 a 2021



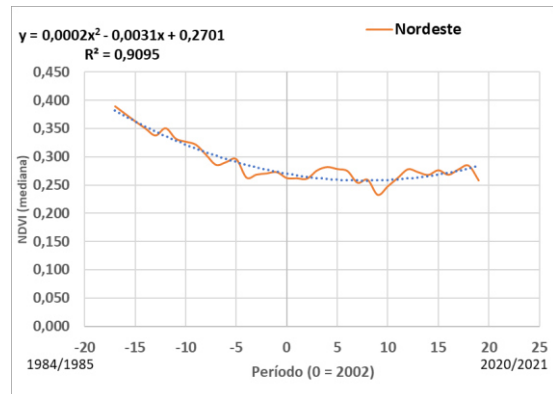
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 3: NDVI Leste Período 1984 a 2021



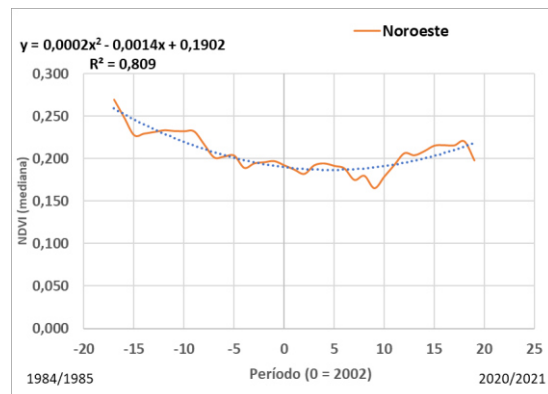
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 4: NDVI Nordeste Período 1984 a 2021



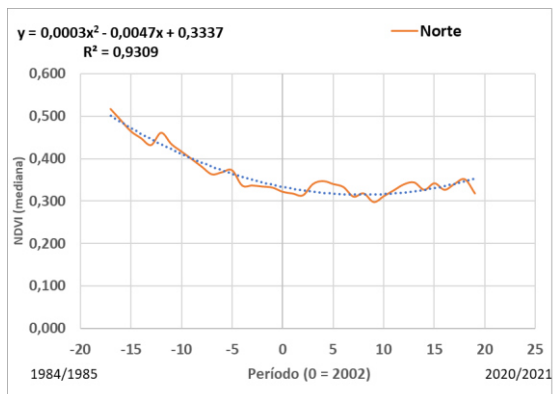
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 5: NDVI Noroeste Período 1984 a 2021



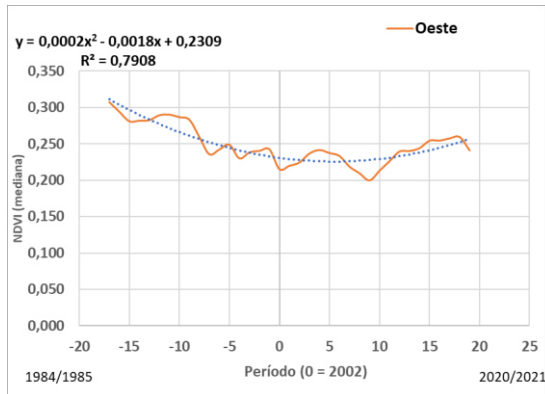
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 6: NDVI Norte Período 1984 a 2021



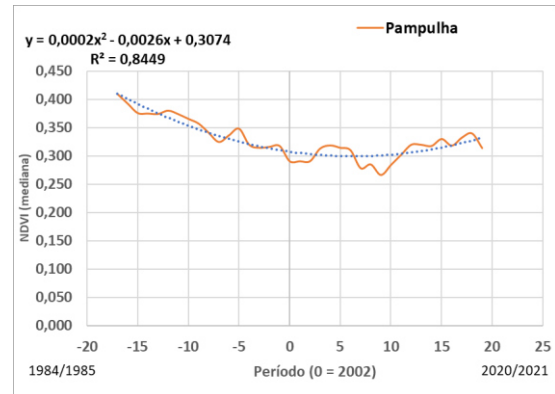
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 7: NDVI Oeste Período 1984 a 2021



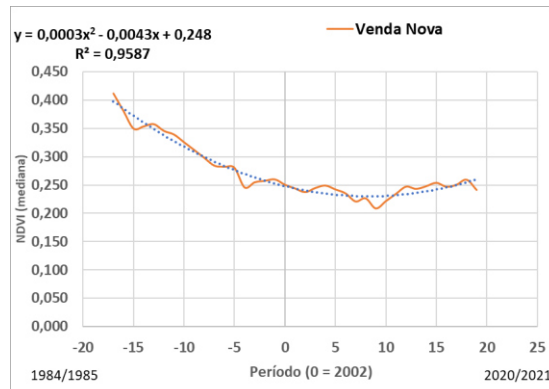
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 8: NDVI Pampulha Período 1984 a 2021



Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 9: NDVI Venda Nova Período 1984 a 2021



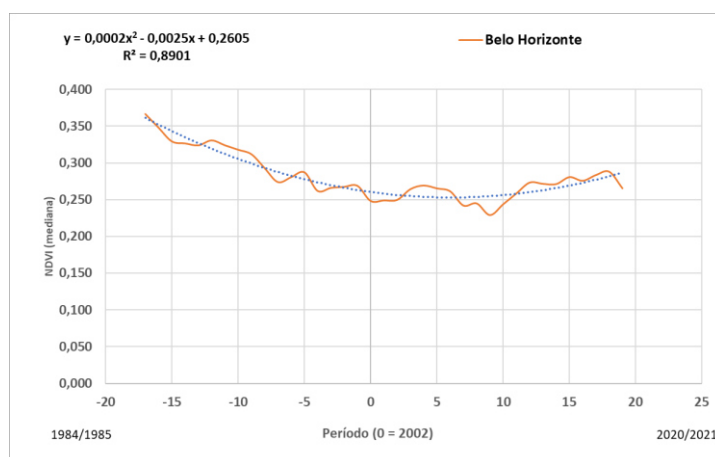
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Para além da análise intra regional, a perda de vegetação em Belo Horizonte como um todo, foi bem acentuada, com correlação negativa R^2 de 0,8901, o que ilustra a baixa preocupação da cidade com a perda de cobertura vegetal em termos de ordenamento territorial (Gráfico 10).

É possível perceber que até o início da década de 2000 (período 0 do Gráfico 10) a perda da vegetação foi mais acentuada no município, tornando-se menos marcante a partir deste marco temporal, após esse período, o NDVI se manteve na média de 0,30, sendo possível ainda observar a tendência de ascensão no início da década de 2010 (período 10), mesmo comportamento observado em cada regional.

O NDVI em Belo Horizonte como um todo, entre 1984 e 2021, pode ser observada no Gráfico 10.

Gráfico 10: NDVI de Belo Horizonte para o período 1984 a 2021



Fonte: Imagens Landsat 5 e Landsat 8.

Observando-se o comportamento da evolução da vegetação no processo de urbanização da Capital, destaca-se a observação de Costa et al. (2009), de como os espaços livres e públicos programados para a zona urbana da capital “planejada” totalizariam maior existência de áreas vegetadas, mas foram sendo subvalorizados e perdendo espaço no decorrer do processo de urbanização para outros tipos de uso. Se para a zona planejada as áreas mínimas de cobertura verde não foram estabelecidas, na cidade “não planejada” foi ignorada a necessidade de inclusão das áreas verdes no ambiente urbano.

Essa relação dicotômica entre urbano e vegetação, como um dos elementos das questões ambientais, é destacado por Oliveira (2019), onde a autora aponta para um planejamento urbano em que a biodiversidade e a paisagem como um todo, são vinculados à estratégias de desenvolvimento econômico e nesse intuito, a então ideia de desenvolvimento sustentável, se baseia na lógica econômica, desconectada de ciclos de regeneração natural.

2.4.1. A Influência das Áreas Verdes e Protegidas na Série Histórica do NDVI em Belo Horizonte

Embora remetam e estejam sobrepostos à ideia geral da destinação de certos espaços à natureza, os conceitos de área protegida e área verde não coincidem.

Em termos gerais, área verde corresponde a toda e qualquer área que contenha vegetação situada em solo permeável, com características naturais, independente do porte de vegetação arbórea, arbustiva ou rasteira, podendo

desempenhar função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade e tende a se restringir ao perímetro urbano (HIJIOKA et al, 2007; ROCHA, 2019; EUCLYDES, 2016).

Enquanto os espaços ambientalmente protegidos, conforme Euclides (2016), expressa a proteção da natureza, recorrente de acordos internacionais, como uma área definida geograficamente que é destinada, regulamentada e administrada para alcançar objetivos específicos de proteção ou conservação da natureza, a criação de áreas protegidas ocorre por meio de leis específicas, que disciplinam o uso e sua apropriação.

Nesse contexto, Euclides (2014) destaca o conflito entre natureza e espaço, onde esse é um modo de produção capitalista no meio urbano e quanto mais avança o lucro sobre o espaço, mais se torna escasso os elementos da natureza, e dessa percepção de esgotamento, a criação de áreas protegidas pode ser considerada uma estratégia para conter a homogeneização desse espaço. Contudo, é importante ressaltar, conforme apontando por Jacobs (2000) e Euclides (2014), as áreas protegidas não serão as redentoras das cidades no processo de degradação ambiental.

Na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) que está situada o maior mosaico de áreas protegidas do Estado, não por acaso, é a região do centro político, econômico e urbano do estado de Minas Gerais, com a Capital Belo Horizonte, possuindo um dos maiores números de áreas verdes protegidas, entre parques municipais e unidades de conservação das diferentes esferas público e privado, corroborando portanto, a expressão dos conflitos entre natureza e espaço.

Euclides (2014) destaca que inclusive muitas dessas áreas protegidas são reivindicadas pela própria população, tendo em vista o histórico de grupos que requerem a criação desses espaços na região, fato que pode ser entendido como um reflexo da intensidade da percepção da degradação ambiental na metrópole e da consequente articulação política.

Costa (2008) aborda que a conjunção mais estreita entre as preocupações de caráter urbanístico e as ambientais foi assumida no Brasil pelo Estatuto da Cidade em 2001, ao introduzir o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), nessa mesma década da consolidação deste marco legal, Planos Diretores municipais incorporam critérios de preservação e de valoração ambientais no enfoque de ordenamento territorial, em construção de uma política urbana pautada por valores sustentáveis.

Esses planos, trazem uma perspectiva de ambiente natural como um conjunto de atributos do processo de produção do espaço, com as áreas vegetadas juntamente à aspectos de poluição (do ar e solo), como representação mais comum do ambiente, com a identificação e proteção de áreas verdes e de preservação, como parques e áreas de lazer em geral, sem contudo, abranger os aspectos e os conflitos quanto à apropriação ou controle destes bens ou recursos (COSTA, 2008).

Em Belo Horizonte, pode-se destacar uma das primeiras legislações que abarca o tema, a Lei Municipal 2.662/1976, de Uso e Ocupação do Solo, que expressava, propostas de implantação de áreas verdes no tecido urbano (COSTA et al., 2009). A partir de então, as leis municipais de planejamento urbano incluíram diretrizes ambientais para o ordenamento territorial.

Em 2005 foi criada a Fundação de Parques Municipais, buscando implementar estratégias de ampliação, gestão e planejamento de parques municipais (PBH, 2021), embora em anos anteriores, existissem outras instituições que eram responsáveis pela gestão de parques, mas de forma fragmentada.

É fato constatar que, as áreas verdes do município ocorrem, basicamente, nas áreas protegidas, as quais concentram a maior parte da cobertura vegetal remanescente.

Nesse sentido, Belo Horizonte possui 77 parques municipais, totalizando uma área de 1.135,56 hectares. Também há sete unidades de conservação estaduais, regulamentadas pela Lei nº 9.985/2000 (SNUC) concentradas, majoritariamente, na Serra do Curral, com exceção do Parque Estadual Serra Verde, localizado na regional Venda Nova e duas Áreas de Proteção e Conservação de Mananciais (APE) que totalizam 5.474,78 hectares. Em termos federais, há o Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG (MHNJB), com 57,19 hectares.

Ainda na porção da Serra do Curral, no ano de 2022 foi regulamentado o primeiro corredor ecológico legalmente instituído na região metropolitana e o segundo de todo o Estado de Minas Gerais, a partir do Decreto Nº 17.986, de 6 de junho de 2022, que institui o Corredor Ecológico Espinhaço-Serra do Curral.

Essas áreas constituem, em sua maioria, importantes florestas nativas que promovem funções ecossistêmicas urbanas.

Outra importante categoria de área protegida presente no território municipal de Belo Horizonte, são as Áreas de Preservação Permanente (APP), uma das

principais áreas protegidas instituídas por norma jurídica no Brasil e podem ser entendidas como

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

(BRASIL, LEI nº 12.651/2012. Código Florestal)

Conforme destacado por Lemos et. al (2014), a manutenção de áreas verdes é necessária para o bom funcionamento das estruturas das cidades, sobretudo, no contexto da micro e macrodrenagem e as APP's urbanas, mesmo aquelas descaracterizadas de sua vegetação, podem cumprir a finalidade de permeabilidade do solo urbano. Estas garantem padrões de ordenamento do escoamento pluvial, propiciam o surgimento de microclimas, como também permitem a criação de espaços coletivos, não edificadas e de lazer, formando uma paisagem diferenciada, menos homogeneizada da ocupação no espaço urbano.

Apesar das legislações vigentes tratarem das APP's urbanas, não diferenciando objetivos de proteção das áreas rurais, na prática a preservação da APP urbana é quase ignorada, considerada um dos temas mais polêmicos no regime jurídico no âmbito da gestão ambiental (AZEVEDO e OLIVEIRA, 2014). Foi objeto de diversas alterações ao passar do tempo, bem como suplementações por resoluções e por normas estaduais e municipais.

A mais recente alteração, até a presente pesquisa, é a Lei Federal 14.285/2021 que alterou o Código Florestal de 2012 sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas, em que os municípios poderão estabelecer as faixas de APP, mesmo que inferior aquelas citadas pelo Código Florestal de 2012, a saber: entre 30 a 500 metros, a depender da largura do curso d'água.

Inclusive, essa mesma proposta foi vetada à época da elaboração do Código Florestal de 2012, por ser reconhecida por grave retrocesso da legislação ambiental, ao dispensar a necessidade da observância dos critérios mínimos de proteção (Mensagem de Veto nº 212/2012). O retorno a tal questão em 2021, demonstra o desmonte, entre outros, na legislação ambiental brasileira.

Belo Horizonte, assim como a maior parte dos centros urbanos latino americanos, concebidos e construídos sob preceitos sanitaristas e higienistas, influenciado por um modelo europeu de urbanização, teve a canalização de cursos d'águas vista como única solução para as questões sanitárias, estéticas e para o controle dos transbordamentos, que vem sendo aplicada sistematicamente pelo município há pelo menos noventa anos (BORSAGLI, 2019).

Nesse processo, junto à invisibilização da rede hidrográfica, também houve a significativa supressão das APP's e da respectiva área vegetada no processo de urbanização, desconsiderando a importância da vegetação na proteção de áreas sensíveis, como as margens de sistemas hídricos e as zonas de recarga de aquíferos.

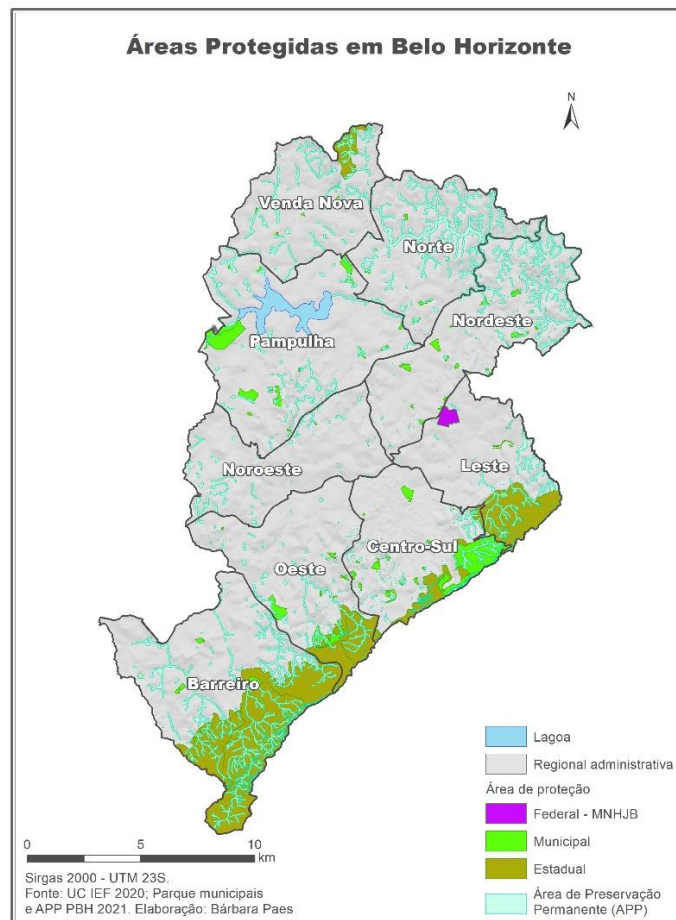
Muito frequentemente, as áreas de APP's urbanas foram ocupadas por equipamentos públicos, como avenidas e ruas, ou por habitações, causando significativo adensamento nessas áreas.

Esse conflito de ocupação em áreas de APP é constatado nas várias cidades brasileiras conforme apontado por ARAÚJO (2017) para a cidade de Osasco/SP; CUNHA, et al (2017) sobre a cidade de João Pessoa/PB e; FELIPPE e MAGALHÃES Jr. (2012), sobre a própria cidade de Belo Horizonte.

Nesse contexto de constante descaracterização de APP urbana, Belo Horizonte atualmente possui 2.713,25 hectares de APP's remanescentes mapeadas pela Prefeitura Municipal (BHMAP, 2021) entre cursos d'água e nascentes, com características de menor ou maior adensamento de ocupação.

As áreas protegidas, entre APP, Parques Municipais e Unidades de Conservação no território municipal, podem ser observadas no Mapa 2.

Mapa 2: Áreas protegidas em Belo Horizonte



Fonte: Instituto Estadual de Florestas (IEF, 2020) e Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH, 2021).

Analisando-se o NDVI no período de 1984 a 2021 somente nas áreas protegidas, em comparação aquelas fora, a tendência da densidade de vegetação é divergente. Enquanto dentro das UCs e Parques Municipais há uma correlação positiva ao longo dos anos com R^2 0,8645 e em APP's remanescentes também correlação positiva crescente de R^2 0,7854, demonstrando um aumento da densidade da vegetação ao passar dos anos. Fora desses espaços, ocorre o inverso, com uma forte correlação negativa de R^2 0,9093.

Pode-se ainda perceber uma média de NDVI mais elevada dentro das áreas protegidas, com índice em torno entre 0,50 a 0,60, enquanto foras das áreas protegidas a média do NDVI é de cerca de 0,20.

Dentro das áreas verdes protegidas, nos primeiros anos da análise, o valor de NDVI se mantém com certa estabilidade, intensificando o aumento da densidade da vegetação a partir do ano de 2003 (período 1 do gráfico). Fora das áreas protegidas,

mesmo com queda acentuada, percebe-se uma melhora tardia do NDVI, a partir do ano e 2012 (período 10 do gráfico).

O aumento do NDVI das áreas protegidas, levanta a hipótese de regeneração dos fragmentos de vegetação inseridos nesses espaços, entende-se por processo regenerativo a comunidade arbórea, que tenham superado a forte ação seletiva do ambiente e, assim, ultrapassaram o período crítico de mortalidade, conforme descrito por Felfili et al. (2000).

Salles e Schiavini (2007) acrescentam que a intensidade na qual ocorre a deterioração de uma paisagem composta por fragmentos, depende das características do ambiente no qual estão inseridos; logo o tamanho, a forma e o tipo de vizinhança influenciam no número de espécies capazes de sobreviver em um fragmento.

Outra hipótese a ser levantada sobre o aumento do NDVI, é também a possibilidade de aumento da pluviosidade, sobretudo nos últimos anos dos meses selecionados para a análise, tendo em vista que também fora das áreas verdes protegidas houve um leve aumento do valor do NDVI no período final da série temporal.

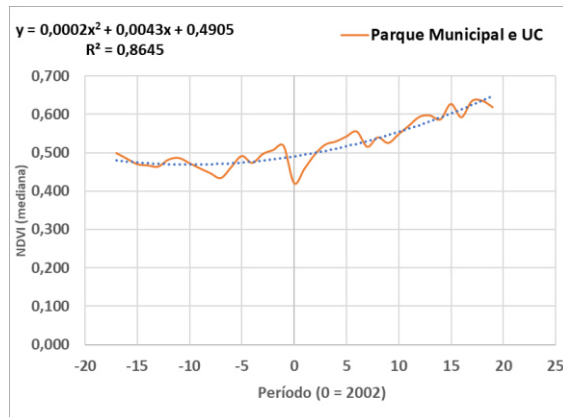
Observa-se ainda um pico de queda da resposta do NDVI dentro das áreas protegidas no período 0 do gráfico, este pico, para além de valores aleatórios, representa uma menor resposta do vigor vegetacional, que pode ter sido ocasionado por uma diminuição da umidade, advindo de uma menor precipitação no período analisado, reduzindo portanto, a absorção de reflectância no vermelho em função da diminuição da fotossíntese, com menor desenvolvimento dos dosséis vegetais.

Fato, por exemplo, não observado fora das áreas protegidas, possivelmente, por já possuir uma baixa resposta de vigor vegetacional, não sobressaindo o mesmo pico de queda do NDVI.

Ainda sobre fora das áreas protegidas, percebe-se também um aumento do NDVI ao final do período analisado, podendo-se considerar que como o território já possui uma significativa ocupação consolidada, uma alteração da vegetação, como, por exemplo supressões para diversos fins, não sobressaíram na resposta do NDVI.

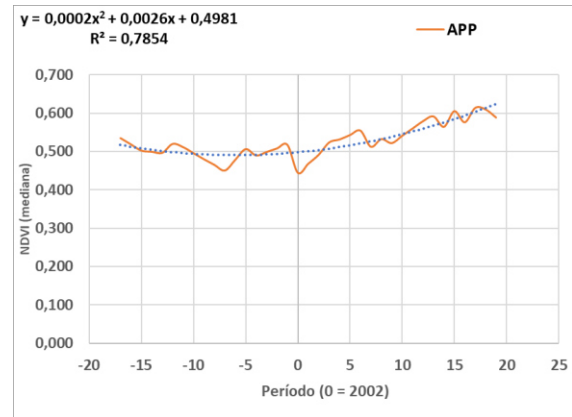
A série histórica do NDVI dentro e fora das áreas protegidas, pode ser observada no Gráfico 11 ao Gráfico 13.

Gráfico 11: NDVI dentro de parques municipais e UCS – Período 1984 a 2021



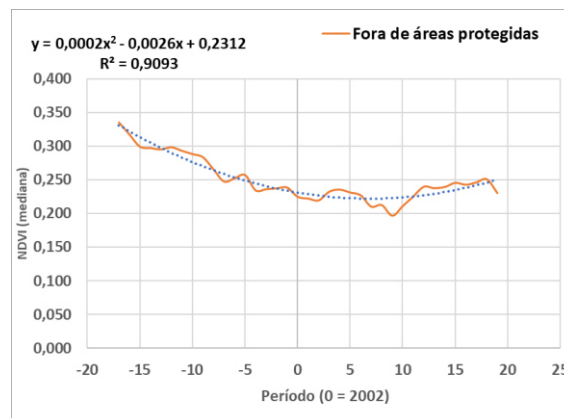
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 12: NDVI dentro de APP – Período 1984 a 2021



Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 13: NDVI fora de áreas protegidas – Período 1984 a 2021



Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

A partir da análise do papel das áreas verdes protegidas em Belo Horizonte, é importante salientar o apontamento de Oliveira (2019), sobre o planejamento urbano ambientalizado, que legitimou intervenções baseadas em diferentes representações de cidade sustentável, incorporando-se a preservação da biodiversidade urbana, com a valorização de espaços de representação da natureza nas cidades em espaços protegidos e corroborando o “não-verde” fora desses espaços. Fato que pode ser observado na dinâmica histórica da vegetação em Belo Horizonte.

Harvey (1996), ainda destaca que através da competitividade territorial visando ao incremento da atratividade empresarial e de investimentos financeiros e entre outros, ao favorecimento do mercado imobiliário, a questão ambiental é considerada um produto da qualidade ambiental, polarizado na relação sociedade-natureza, para

a concepção de espaços separados e isolados do cotidiano urbano. Na qual a apropriação mais ampla da natureza é sua inserção no processo como mercadoria.

Essa análise aponta que apesar de a densidade da vegetação nas áreas protegidas estar aumentando ao longo do período analisado, não foi suficiente para equalizar a queda do NDVI do território municipal como um todo, isso porque as áreas protegidas são fragmentos minoritários do espaço urbano, partes de um todo formado mais por áreas desprotegidas. Deste modo, ocorrem mais áreas não verdes que áreas verdes, e a relação entre esses espaços é de contínua tensão (EUCLYDES, 2016).

2.5. Considerações Finais

A metrópole consolidada de Belo Horizonte, passou por intensas mudanças na paisagem desde a sua fundação, particularmente no tocante à supressão de vegetação, decorrente de uma dicotomia entre social e natural.

Esse fato é comprovado pela perda de vegetação, avaliado pelo NDVI, entre os anos de 1984 a 2021 com R^2 negativo de 0,8901, para o município como um todo.

A análise da série temporal da vegetação por meio do NDVI em Belo Horizonte, demonstra a relação da dinâmica urbana e processos naturais na cidade, identificando-se que a tendência geral da dinâmica da vegetação no processo de urbanização foi de diminuição da cobertura vegetal de forma mais acentuada até o início da década de 2000, tornando-se menos marcante a partir deste marco temporal, possivelmente pela consolidação da ocupação na cidade.

Ainda pode-se afirmar, que as áreas verdes protegidas do município, exercem papel fundamental na manutenção da vegetação ao longo do período analisado, pois a vegetação ocorre de forma mais expressiva nessas áreas, as quais concentram a maior parte da cobertura vegetal remanescente, com NDVI em torno de 0,50 dentro das áreas verdes protegidas, em contrapartida, fora dessas áreas, o NDVI é de cerca de 0,20.

A resposta do NDVI no período de 1984 a 2021 somente nas áreas protegidas, em comparação aquelas fora, segue uma tendência da densidade de vegetação divergente. Enquanto dentro das UCs e Parques Municipais há uma correlação positiva ao longo dos anos com R^2 0,8645 e em APP remanescentes também correlação positiva de R^2 0,7854, demonstrando um aumento da densidade da

vegetação ao passar dos anos. Fora desses espaços, é o inverso, com uma forte correlação negativa de $R^2 0,9093$.

O aumento do NDVI ao final do período analisado, ainda levanta a hipótese de regeneração dos fragmentos de vegetação, sobretudo, inseridas nas áreas protegidas. Outra possibilidade é do aumento da pluviosidade nos últimos anos dos meses selecionados para a análise, tendo em vista que nesse mesmo período (final da série temporal), também fora das áreas verdes protegidas, houve um leve aumento do valor médio do NDVI.

A partir da pesquisa realizada nesse artigo, identifica-se como principais limitações do estudo, a utilização do NDVI como única métrica de análise da vegetação urbana, nesse sentido, indica-se a utilização de outros parâmetros, aliados ao NDVI.

No quesito de qualidade da vegetação, a realização de estudos tanto de fitofisionomia vegetal, uso histórico, grau de antropização e identificação do estágio sucessional da vegetação nas áreas verdes protegidas, são indicadas para aprofundamento nas relações de regeneração como um dos fatores que têm contribuído para o aumento do NDVI nessas áreas.

Ainda indica-se a correlação dos dados do NDVI com a pluviosidade no mesmo período desta pesquisa, possibilitando acompanhar mudanças na biomassa e nos estresses causadas por perda ou ganho de umidade, possibilitando uma melhor análise, se os picos de valores, assim como o aumento do NDVI ao final da série temporal, são relacionados ao regime de chuvas.

Por fim, a existência de espaços ecologicamente mais equilibrados, tem a vegetação como forte aliada e pode trazer avanços para as paisagens e para a população ao longo das dinâmicas da urbanização.

2.6. Referências

ARAÚJO, I. A. **Análise dos conflitos do uso e ocupação do solo em área de preservação permanente - APP - urbana.** ÍANDÉ: Ciências e Humanidades, v. 1, n. 1, p. 58-67. 2017.

AZEVEDO, R. E. S.; OLIVEIRA, V. P. V. **Reflexos do novo Código Florestal nas Áreas de Preservação Permanente – APPs – Urbanas.** Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente. UFPR, 2014.

BELO HORIZONTE. **BHMAP- Portal de Dados Espaciais da PBH: IDE BHGEO, 2021.** Disponível em: <https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo>. Acesso em: 01/11/2021. Base de dados.

BELO HORIZONTE. **Decreto Nº 17.986, de 6 de junho de 2022.** Institui o Corredor Ecológico Espinhaço-Serra do Curral, no Município, e dá Outras Providências.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica.** Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-de-parques-e-zoobotanica>. Acesso em: 01/03/2021.

BORSAGLI, A. **Do Convívio à Ruptura: A Cartografia na Análise Histórico-Fluvial de Belo Horizonte (1894/1977).** Orientador: José Flávio Morais Castro. 2019. 224p. Dissertação (mestrado em Tratamento da Informação Espacial) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. **Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021.** Altera as Leis nos 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. **Mensagem nº 212, de 25 de maio de 2012.** Brasília, DF, 2021.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento da Flora Nativa 2005-2007.** Lavras: UFLA, 2008. 318 p.

CHAVES, M. E. D.; MATAVELI, G. A. V.; JUSTINO, R. C. **Uso da modelagem estatística para monitoramento da vegetação no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais**. Caderno de Geografia. Belo Horizonte, 2014.

COSTA, H. S. M. **A trajetória temática ambiental no planejamento urbano no Brasil: o encontro de racionalidades distintas**. In: COSTA, G.M.; MENDONÇA, J.G. (orgs.). Planejamento urbano no Brasil: trajetória, avanços e perspectivas. Belo Horizonte: C/Arte, 2008. p. 80-92.

COSTA, H. S. M. **Mercado imobiliário, estado e natureza na produção do espaço metropolitano**. In: COSTA, H.S.M. *et al.*(orgs.). Novas periferias metropolitanas: a expansão metropolitana em Belo Horizonte: dinâmica e especificidades no Eixo Sul. Belo Horizonte: C/Arte, 2006.

COSTA, S. A. P. *et al.* **Os Espaços Livres na Paisagem de Belo Horizonte**. Paisagem Ambiente: ensaios. São Paulo. 2009.

CUNHA, J. P. S. *et al.* **Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB**. I Simpósio Brasileiro Online Gestão urbana. 2017.

CZECH, B.; KRAUSMAN, P R.; DEVERS, P. K. **Economic Associations among Causes of Species Endangerment in the United States**. BioScience50 (7): 593. 2000.

DINIZ, C. *et al.* **Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis**. Remote Sens. 2019.

EUCLYDES, A. C. P. **A hipótese Otimista [manuscrito]: Dialética e Utopia das Áreas Verdes, das Áreas Protegidas e da Trama Verde e Azul**. Orientador: Roberto Luís de Melo Monte-Mór. 2016. 273p. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

EUCLYDES, A. C. P. **Áreas protegidas e Planejamento Estratégico “Ecologizado”:** A Operação Urbana do Isidoro (Belo Horizonte, Minas Gerais). e-Metropolis: Revista Eletrônica de Estudos Urbanos e Regionais, Rio de Janeiro, n. 17, p. 41-51, jun. 2014. Disponível em: http://emetropolis.net/system/edicoes/arquivo_pdfs/000/000/017/original/emetropolis_n17.pdf?1447896366. Acesso em: 07/04/2022.

FELFILI, J.M.; Ribeiro, J.F.; Fagg, C.W.; Machado, J.W.B. **Recuperação de Matas de Galeria**. Embrapa Cerrado Série Técnica 21(1): 45-45. 2000.

FELIPPE, M. F.; Magalhães Júnior, A. P. **Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte-MG**. Revista Geografias, 8–23. Belo Horizonte, 2012.

GONÇALVES, C. W. P. **Formação sócio espacial e questão ambiental no Brasil**. In: BECKER, B. *et al.* (orgs). Geografia e meio ambiente no Brasil. Rio de Janeiro: Hucitec/UGI, 1995.

HARVEY, D. **Justicia, Naturaliza y la Geografía de la Diferencia**. Oxford: Blackwell Publishers, 1996.

HIJIOKA, A. *et al.* **Espaços Livres e Espacialidades da Esfera Pública: Uma Proposição Conceitual para o Estudo de Sistemas de Espaços Livres Urbanos no País**. Paisagem Ambiente: ensaios. n. 23, São Paulo, 2007, p. 116 – 123.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01/11/2021. Base de dados.

JACOBS, J. Morte e vida nas grandes cidades. São Paulo, Martins Fontes, 2000.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador), *et al.* São José dos Campos, SP. 2009.

LASCHEFSKI, K. **500 anos em busca da sustentabilidade urbana**. Cad. Metrop., São Paulo, v.15, n 29. 2013.

LASCHEFSKI, K.; COSTA, H. S. M. **Segregação social como externalização de conflitos ambientais: a elitização do meio ambiente na APA-Sul, Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Ambiente e Sociedade, v.11, Campinas, p. 307 - 322, 2008.

LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R. A. **Análise de Séries Temporais em Epidemiologia: Uma Introdução Sobre os Aspectos Metodológicos**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 4, n. 3, p. 146-152, 2001.

LEFEBVRE, H. (1968). **O Direito à Cidade**. São Paulo: Centauro, 2011.

LEFEBVRE, H. **The Urban Revolution**, translated by Robert Bononno. Minneapolis: University of Minnesota Press. 2003.

LEMOS, R. S. *et al.* **A Evolução do Uso e Ocupação em uma Bacia Hidrográfica Urbana e suas Consequências para a Qualidade Ambiental: Reflexões a partir do Caso da Lagoa da Pampulha, Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Anais ANPUR 2014. APP Urbana. UFPA Belém, 2014.

LOBO, C. *et al.* **Mobilidade pendular e a integração metropolitana: uma proposta metodológica para os municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG – 2010**. Revista Brasileira de Estudos de População. Belo Horizonte, 2017.

LOPES, A. D. C. **A Flora Vasculiar da Crista da Serra do Curral**. Orientador: João Renato Stehmann, 2019. 86p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

MAGALHÃES Jr., A.; Saadi, A. **Ritmos da Dinâmica Fluvial Neo-Cenozóica Controlados por Soerguimento Regional e Falhamento: O Vale do Rio Das Velhas na Região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.** Geonomos 2. Belo Horizonte, 1994.

MCKINNEY, M.L. **Effects of human population, area, and time on non-native plant and fish diversity in the United States.** Biological Conservation 100 (2): 243–52. Knoxville, 2001.

MONTE-MÓR. R. L. **Urbanização Extensiva e Lógicas de Povoamento: Um Olhar Ambiental.** Capítulo de livro publicado em SANTOS, Milton et. al. (orgs.) Território, globalização e fragmentação. São Paulo: Hucitec/Anpur, 1994 (pp. 169-181).

MOREIRA, G. F. **Associação entre Floresta Urbana e Indicadores da Saúde Humana.** Orientador: Amaury Paulo de Souza, 2018. 69p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade de Viçosa. Viçosa, 2018.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M.C. **Análise de séries temporais.** 4aEd. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 538 p.

MYNENI, R.B.; et al. The interpretation of spectral vegetation indexes. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995.

OLIVEIRA, A. M. **A Trama Verde e Azul: Transitando Entre a Abstração e a Experiência Urbana.** Orientadora: Heloisa Soares de Moura Costa. 2019. 289p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

POVH, F. P., et al. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. Pesq. agropec. bras., Brasília, 2008.

ROCHA, N. A. **Geoprocessamento na Parametrização de Áreas Verdes Urbanas: Contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana.** Orientadora: Ana Clara Mourão Moura. 2019. 173p. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

RODRIGUES, R. A; *et al.* **Evolução Espaço-Temporal de Áreas Densamente Verdes em Belo Horizonte, MG. Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto.** Revista de Geografia (UFPE). 2013.

SALLES, J. C.; Schiavini, I. **Estrutura e Composição do Estrato de Regeneração em um Fragmento Florestal Urbano: Implicações para a Dinâmica e a Conservação da Comunidade Arbórea.** Acta Botanica Brasilica, 2007.

SANTOS, M. **A Metrópole: Modernização, Involução e Segmentação.** São Paulo, 1990.

SENA, Í. S. *et al.* **Metodologia para Análise do Volume Vegetacional e Construído.** Mercator, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, v. 17, e17021, 2018.

SIQUEIRA, R. A. **O Adensamento no Espaço Urbano: As Promessas da Cidade Compacta**. Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia. 2018. 186p. Tese (doutorado em Geografia) Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2018.

SOUZA, J. **A Expansão Urbana de Belo Horizonte e da Região Metropolitana de Belo Horizonte: O Caso Específico do município de Ribeirão das Neves**. Orientador: Fausto Reynaldo Alves de Brito. 2008. 194p. Tese (Doutorado em Demografia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

SWYNGEDOUW, E. **A Cidade Como um Híbrido: Natureza, Sociedade e “Urbanização-Ciborgue”**. In ACSELRAD, H. (org.). A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. Rio de Janeiro: DP&A, Lamparina, 2001.

UN HABITAT. **State of Latin American and Caribbean Cities**. 2012.

3. A VEGETAÇÃO URBANA E SUAS RELAÇÕES COM ASPECTOS SOCIAIS EM BELO HORIZONTE

3.1. Resumo

Partindo-se da premissa que as desigualdades internas das cidades são expressões de um caráter da mudança física e ambiental de fluxos e práticas socioambientais e dependentes das condições históricas, culturais, políticas ou econômicas, este artigo tem como objetivo avaliar se aspectos sociais e econômicos influenciam na distribuição espacial da densidade de vegetação na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. A densidade da vegetação foi estimada por meio do NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada) da imagem Landsat 5 para o ano de 2010 e analisada a partir do Índice de Moran Global (Moran's I) e Local (LISA), demonstrando que a vegetação ocorre com efeito que se estende espacialmente e de forma desigual no território intraurbano. Os dados da vegetação também foram correlacionados a partir da Análise de Regressão Espacial Geograficamente Ponderado (GWR), com dados sociais e econômicos do censo IBGE (2010). Os resultados demonstram que a realidade socioeconômica explica parte da variabilidade da vegetação observada. As análises do GWR demonstram valores significativos (R^2 maior que 0,70) ocorrendo em todo o espaço intraurbano, ocorrendo, contudo, de forma heterogênea, não existindo uma explicação geral, que se aplique a todo o município, sugerindo, portanto, efeitos na escala do lugar ou efeito bairro. Os resultados encontrados permeiam discussões de relações da densidade de vegetação com modelos de cidade compacta e cidade difusa, hierarquias da desigualdade social e racial, agricultura urbana e arborização viária, demonstrando a complexidade da relação ambiental no espaço urbano, refletida no atributo da vegetação.

Palavras-chave: Vegetação Urbana, Desigualdade Social, GWR, NDVI.

ABSTRACT

Starting from the premise that the internal inequalities of cities are expressions of a character of the physical and environmental change of flows, networks and socio-environmental practices, dependent on historical, cultural, political or economic conditions, this article aims to assess whether aspects of social inequality influence

the spatial distribution of the intra-urban vegetated area in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais. Vegetation density was estimated using the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) of the Landsat 5 image for the year 2010 and analyzed using the Global (Moran's I) and Local (LISA) Moran Index, demonstrating that the Vegetation occurs, in fact, that extends spatially and unevenly in the intra-urban territory. Vegetation data were also correlated from Regression Analysis and Geographically Weighted Spatial Regression (GWR), with social and economic data from the IBGE census (2010). The results demonstrate that the socioeconomic reality explains part of the observed vegetation variability, however, it is not the key factor that relates to the heterogeneity of the vegetation cover in the city. The GWR analyzes show significant values (R^2 greater than 0.70) occurring throughout the intra-urban space, occurring, however, in a heterogeneous way, with no general explanation that applies to the entire municipality, suggesting, therefore, effects on the place scale or neighborhood effect. The relationships were diverse, the results found permeate discussions of vegetation density relationships with compact city and diffuse city models, social and racial inequality hierarchies and urban agriculture and road afforestation, demonstrating the complexity of the environmental relationship in urban space, reflected in the vegetation attribute.

Keywords: Urban Vegetation. Social Inequity. GWR. NDVI.

3.2. Introdução

As cidades são, mais do que qualquer outro modelo territorial e ambiente construído, o lugar da mais complexa e inter-relacionada forma de produção e organização espacial da sociedade. Resultado do rápido e intenso processo de urbanização nas cidades da América Latina, incluindo o Brasil, vinculada ao desenvolvimento econômico e produziu cidades plurais, do ponto de vista social e ambiental (JUNQUEIRA, 2014).

Esse espaço urbano pode ser entendido como um produto, condição e meio para a reprodução das relações sociais e é regido pela lógica da mercadoria, que exclui pessoas, fragmenta as cidades, intensifica a apropriação e degradação da natureza (JUNQUEIRA, 2014). Em última análise, nega a determinados grupos populacionais, o direito à cidade (LEFEBVRE, 2001).

A percepção da urbanização como expressão de desigualdade, articula-se ao debate sobre mudanças ambientais, com o destaque que os problemas sociais e ambientais das cidades brasileiras, estão interligados, tendo como fator comum, o crescimento urbano acentuado (LASCHEFSKI, 2019).

Esse processo urbano ambiental, foi marcado por uma intensa sobreposição de formas artificiais ao meio natural no desenvolvimento das cidades brasileiras, como a eliminação da vegetação, canalização de rios, a impermeabilização do solo, alteração do relevo, entre outros (BORSAGLI, 2019). São expressões do movimento de ocultação da natureza, que tem provocado o aprofundamento das contradições entre o ambiental e o social nos espaços urbanos. (SPÓSITO, 2003).

Este aspecto abrange, frequentemente, tendências contraditórias e conflitantes, sobretudo, quando qualidades socioambientais são reforçadas com diferentes intensidades e consequências, a depender da população residente, resultando na deterioração de condições socioecológicas variando no espaço (LASCHEFSKI, 2019).

Nesse sentido, o debate socioambiental contemporâneo vem se tornando cada vez mais complexo (COSTA, 2015) e a análise dos fragmentos urbanos e suas desigualdades, torna-se ainda mais interessantes se realizada juntamente à análise dos fragmentos de vegetação, observando sua distribuição no espaço, bem como suas dimensões e a forma com que cumprem diferentes configurações na cidade.

Essa relação entre o processo de urbanização e a vegetação, vem a partir do crescimento das cidades como um dos principais fatores da perda e da alteração da estrutura e composição florística dos espaços vegetados, sobre os quais as cidades cresceram, além da própria fragmentação dos remanescentes e a consequente redução da conectividade entre as áreas vegetadas. (ACIOLY e DAVIDSON, 1998; METZGER, 2001).

Nesse contexto, as áreas verdes tendem a assumir diferentes papéis na sociedade e sua distribuição espacial está inter-relacionada no ambiente urbano, de acordo com o tipo de uso a que se destinam, nesse sentido, na vegetação pode-se obter informações de desigualdades e padrões de adensamento e de uso do solo.

A cidade de Belo Horizonte, no contexto das contradições inerentes da urbanização brasileira, se destaca por ser considerada uma das oito mega cidades da América Latina e Caribe, (UN HABITAT, 2012), tem sua desigualdade socioambiental atrelada a história da construção da capital, concebida e construída entre os anos de 1894 e 1897, influenciado por um modelo europeu de urbanização, com aspectos sanitaria e higienista, (BORSAGLI, 2019).

Na perspectiva das relações urbanas ambientais, a partir da vegetação, estudos vêm sendo realizados para identificar associações entre cobertura da vegetação, atrelada às condições sociais e econômicas de seus habitantes.

Jensen, et al (2004) realizou um estudo sobre a qualidade de vida urbana em Terre Haute, Indiana (USA), em que avaliou a relação entre dados socioeconômicos e condições de florestas urbanas, apresentando resultados, que demonstram que a densidade e variação da área foliar das florestas urbanas, indicam diferentes parâmetros da qualidade de vida observados.

Em estudos realizados no Brasil, em comparação à países europeus, Sanches (2020), analisou relações entre espaços verdes residenciais e formas urbanas, nas cidades de São Paulo (Brasil), Brasília (Brasil) e Berlim (Alemanha), identificando que além da morfologia da ocupação, fatores como mobilidade e questões socioculturais, influenciaram no desenho urbano e impactaram na quantidade e configuração dos espaços verdes.

Aza (2016) relacionou a distribuição espacial da cobertura arbórea urbana e variáveis socioeconômicas no perímetro urbano da Cidade de Ipatinga, identificou que a cobertura arbórea não tem distribuição uniforme, correlacionando-se mais intensamente a densidade demográfica e em menor grau, também a renda média dos moradores do entorno.

A partir do exposto, este estudo investiga como a vegetação se relaciona às características sociais e econômicas na cidade de Belo Horizonte (MG). Avaliando se a vegetação está distribuída de maneira desigual, covariando com condições socioeconômicas, em todo o espaço intraurbano da cidade.

Percebendo a cidade e a urbanização a partir de elementos da natureza, este estudo se soma àqueles que privilegiam uma abordagem do espaço urbano, de modo a contribuir e aprofundar reflexões sobre as desigualdades socioambientais intraurbanas.

A partir de técnicas de sensoriamento remoto e de levantamento de dados sociais e econômicos do censo do IBGE (2010), apoiado em referências acerca do tema, foram realizadas análises espaciais com a utilização de estatística multivariada, para avaliar as relações que possam coexistir entre a densidade da vegetação urbana e aspectos socioeconômicos intraurbanos em Belo Horizonte.

3.3. Materiais e Métodos

A partir da revisão teórico-metodológica de pesquisas que tratam da relação entre as condições socioeconômicas que caracterizam o espaço urbano e a presença ou ausência de cobertura vegetal, foram selecionadas variáveis sociais e econômicas, bem como a obtenção dos dados de cobertura de vegetação para a cidade de Belo Horizonte.

A área de estudo compreende a Capital do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte. Localiza-se na região centro-sul do estado, 6ª cidade mais populosa do Brasil, com população total de 2.530.701, o que equivale à densidade demográfica de cerca de 8.000 habitantes/km² (IBGE, 2022). Atualmente é dividido em nove regiões administrativas: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova.

Em relação aos aspectos físicos, possui relevo formado altitudes entre 650m a 1.500m, (MAGALHÃES JÚNIOR E SAADI, 1994) e clima do tipo cwa, de acordo com a classificação de Koppen, (INMET, 1992). Enquanto a vegetação nativa é característica da transição entre os biomas do Cerrado e Mata Atlântica, composta por áreas de campo rupestre remanescente nas zonas serranas (BRANDÃO, 1992), formações florestais compostas por Floresta Estacional Semidecidual Montana – FESM (CARVALHO, Inventário Florestal de Minas Gerais, 2008) e florestas de galeria.

A localização da área de estudo, encontra-se no Mapa 3.

Mapa 3: Localização da área de estudo



Elaboração: PAES, 2022.

A metodologia aplicada que teve como objetivo determinar se existem porções do território intraurbano com alguma relação com a escassez de vegetação, fator de qualidade ambiental, com as características sociais e econômicas, utilizou-se para a avaliação do perfil socioeconômico da cidade, variáveis em termos de poder de consumo, densidade do espaço construído, desigualdade econômica e desigualdade racial.

O poder de consumo foi indicado pelo rendimento médio mensal (LIBÓRIO, et al. 2018; JENKINS e KERM, 2008; BEZERRA e BACELAR 2021, GARCIA, et. al, 2012). A densidade do espaço construído, a partir da proporção de moradores de domicílios do tipo casa ou cômodos (GARCIA, et. al, 2012; IBGE, 2017; SIQUEIRA, 2018). Para a desigualdade econômica, valeu-se do índice de Gini, elaborado pelo Laboratório de Estudos Territoriais - LESTE - IGC UFMG (PEREIRA, 2019; LIBÓRIO, et al, 2018) e para a desigualdade racial, a proporção da população negra (ANDREWS e FUENTE, 2018; SILVA e GOES, 2013).

A Tabela 1 resume as variáveis socioeconômicas abordadas nesta pesquisa.

Tabela 1: Variáveis socioeconômicas e as respectivas dimensões.

Variável	Dimensão
Rendimento médio mensal (rend)	Poder de consumo
Proporção de moradores de domicílios do tipo casa ou cômodos (tp_cs)	Densidade do espaço construído
Índice de Gini (gini)	Desigualdade econômica
Proporção de população negra (ppn)	Desigualdade racial

Fonte: Autora.

Embora haja pontos convergentes entre os autores, percebe-se que o escopo analítico da escolha das dimensões socioeconômicas, possui posições individuais, sociais, ambientais e espaciais, que tornam a escolha das dimensões mutável.

Os dados foram compilados a partir do censo demográfico do IBGE, realizado no ano de 2010, com recorte espacial referente ao setor censitário, maior escala de análise disponibilizado pelo IBGE. Foram considerados 3.826 setores censitários do total de 3.936 setores que compõem Belo Horizonte, os setores sem os dados de população foram retirados da análise.

Para a obtenção dos dados de vegetação, elaborou-se o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI) da imagem Landsat 5. Conforme JENSEN (2009), o índice expressa a variação de áreas verdes em determinado período de tempo, em que seus valores variam de -1 a 1, o cálculo é realizado em cada pixel e quanto mais próximo de 1, maior é a atividade vegetativa no local representado pelo pixel, enquanto valores negativos ou próximos de 0, indicam áreas de corpos d'água, edificações, solo exposto ou outras superfícies onde há pouca ou nenhuma atividade da clorofila.

O NDVI é realizado a partir de aritmética de canais espectrais dos sensores de satélite, a partir da seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red}$$

Em que, NIR é a banda do infravermelho próximo (banda 4 do Landsat 5) e Red banda do vermelho visível (banda 3 do Landsat 5).

A principal desvantagem do NDVI é a relação não linear com características biofísicas como biomassa e índice de área foliar, devido à saturação do NDVI nestas condições (MYNENI et al, 1995; POVH et al, 2008), ou seja, sua desvantagem está em mensurar o desenvolvimento, produtividade e estrutura da vegetação, não sendo capaz portanto, de indicar a qualidade da vegetação identificada.

Para este estudo, o NDVI foi obtido através do Google Earth Engine (GEE), trata-se de uma plataforma em nuvem, utilizada em ampla escala, com o objetivo principal de análise de dados ambientais, por meio de sensoriamento remoto (GORELICK, et al, 2017).

Os dados raster para esta análise, e seus subprodutos, foram derivados do Levantamento Geológico dos Estados Unidos (USGS), “Landsat Collection 1 Tier 1 Top of Atmosphere (TOA)” produto 5 (Landsat 5), incluindo dados do Nível 1 de precisão do terreno (L1TP) que possui correção geométrica, radiométrica e atmosférica.

Cabe ressaltar, que a escolha de imagens Landsat para a escala de análise da densidade de vegetação urbana, vem de encontro à perspectiva da repetitividade, visão resumida e cobertura de extensas áreas. Possuem séries históricas de levantamento de imagens, tendo a oportunidade, portanto, da escolha de períodos mais significativos para a pesquisa.

A resolução espacial de 30 metros das imagens Landsat 5, considerada de média resolução espacial, proporcionam bons resultados de análise na escala urbana (DURAND, et al 2009), sobretudo, ao se agregar informações aos setores censitários, que possuem majoritariamente áreas maiores que 1.000 m² para Belo Horizonte, ou seja, com pouca perda de informação, de modo geral.

A partir da imagem do satélite Landsat 5, selecionou-se o período entre 1 de novembro do ano de 2010 a 31 de maio de 2011, anos mais próximos correspondentes aos dados socioeconômicos utilizados na pesquisa. Em relação aos meses selecionados, abrangem, o período chuvoso e o início do período seco, época do ano que apresenta maior atividade da vegetação verde, de forma a evitar a influência da vegetação semidecídua no auge da estação seca em Belo Horizonte.

O tratamento da imagem Landsat foi baseado em Diniz et al. (2019), utilizou-se da instrução do GEE para escolher a mediana em uma pilha de imagens dentro

do período determinado, esse mecanismo rejeita valores que são muito brilhantes (por exemplo, nuvens) ou muito escuros (por exemplo, sombras) e escolhe o valor de pixel mediano em cada banda (DINIZ et al., 2019).

Após, foram aplicados filtros para respostas livres de nuvens, o script de remoção de nuvem/sombra aproveita a banda de avaliação de qualidade (BQA) e o redutor médio de GEE, podendo fazer com que, quando usados, os valores de controle de qualidade melhorem a integridade dos dados, indicando os pixels que podem ser afetados pela resposta de nuvens (DINIZ et al, 2019). Posteriormente, aplicou-se a fórmula para resposta espectral do NDVI e então, a imagem foi exportada em formato .tif para o software ArcGIS desktop 10.8.

Toda a programação foi realizada na plataforma de processamento *Code Editor* do GEE, a partir de linguagem *JavaScript*.

No software ArcGIS desktop 10.8, a imagem raster do NDVI exportada do GEE, foi classificada em 6 classes, baseado em Costa et. al, (2020); Aquino et. al, (2016) e; Sena, et. al, (2018), a partir do método de quebra natural (*natural breaks*).

O método da quebra natural de Jenks, tem como objetivo formar agrupamentos que ocorram “naturalmente” nos dados, buscando uma homogeneidade interna para cada classe, encontrando intervalos com o propósito de minimizar a variância interna, ajustando os extremos das classes de acordo com a distribuição dos dados, identificando pontos de quebra entre essas classes (LOBO, CARDOSO e ALMEIDA, 2018).

Após a classificação por quebra natural, os valores foram arredondados, buscando-se uma melhor distribuição e interpretação visual dos valores de NDVI entre as classes. Dessa forma, as classes foram distribuídas e classificadas conforme Tabela 2:

Tabela 2. Classificação do NDVI para Belo Horizonte

Nº da Classe	Intervalo	Classe de NDVI atribuída
1	<0,10	Ausência
2	0,10 – 0,20	Muito Baixa
3	0,20 – 0,30	Baixa
4	0,30 – 0,40	Moderadamente Baixa
5	0,40 – 0,55	Moderadamente alta
6	>0,55	Alta

Fonte: Autora.

Após a classificação em 06 classes, foi possível identificar os valores de NDVI com as melhores respostas da densidade de vegetação no território e a partir dessa análise, o raster foi novamente reclassificado em 02 classes, considerando-se valores $> 0,30$, definida como a classe moderadamente baixa, como o valor mínimo de NDVI para a análise da densidade de vegetação.

O raster somente com valores $> 0,30$, foi convertido em arquivo *shapefile* do tipo polígono e então, cruzado também com o arquivo poligonal, dos setores censitários, para que se calculasse a respectiva porcentagem de área destinada às maiores densidades de cobertura vegetal ($>0,30$). Dessa forma, pode-se identificar o quanto de área com vegetação mais significativa há em cada setor censitário, para então ser relacionado aos dados socioeconômicos.

Para a análise da distribuição da vegetação no território intraurbano, realizou-se a análise, a partir do Índice Global Moran (Moran's I) e Índice de Moran Local (LISA), utilizando-se dos dados da vegetação agregados por setores censitários da etapa anterior. A partir da resposta do Moran's I e do LISA, foi possível identificar o melhor método de análise espacial a ser utilizado para avaliar a relação da vegetação com as características socioeconômicas

O Moran's I é uma medida global obtida pelo produto dos desvios em relação à média. Ele mede a relação do desvio padronizado de uma variável "X" numa área "i" com o desvio padronizado das áreas vizinhas "j" para a mesma variável. (CAMPOS; MACEDO, 2014). Numa matriz de vizinhança normalizada o índice de Moran é dado por:

$$I = \frac{N}{W} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Onde, N é o número de unidades espaciais indexadas por *i* e *j*; *x* é a variável de interesse; \bar{x} é a média de *x*; *w_{ij}* é uma matriz de pesos espaciais com zeros na diagonal (ou seja, *w_{ij}* = 0); e *W* é a soma de tudo *w_{ij}*. (CAMPOS; MACEDO, 2014).

A hipótese de nulidade é a independência espacial, e nesse caso, seu valor seria zero. Valores positivos (entre 0 e +1) indicam uma correlação direta positiva, enquanto valores negativos (entre 0 e -1) uma correlação negativa (CAMPOS; MACEDO, 2014).

Para avaliar com mais detalhes os padrões espaciais da vegetação, utilizou-se o LISA, que produz um valor específico para cada área, permitindo assim, a

identificação de agrupamentos espaciais (*cluster*), minimizando as influências do global para o local. (CÂMARA, et al, 2004). Pode ser expresso para cada área i a partir dos valores normalizados z_i do atributo:

$$I_i = \frac{z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\sum_{j=1}^n z_j^2}$$

Moran's I e o LISA foram elaborados no *software* Geoda, com critério de contiguidade do tipo rainha (*queen contiguity*); ordem de contiguidade (*order contiguity*) 1 e; distância métrica do tipo euclidiana (*euclidean distance*) e apresentados em mapa.

Nesse sentido o Moran (I) e o LISA, indicaram se há condições que determinam um padrão com efeito espacial da variável avaliada. Após essa análise, o método escolhido para relacionar a vegetação às características socioeconômicas foi a Regressão Espacial Geograficamente Ponderado (GWR), tendo-se em vista os agrupamentos espaciais observados.

O GWR permite obter um modelo local da variável, ajustando uma equação de regressão para cada característica no conjunto de dados. O modelo é ajustado em uma regressão com a atribuição de pesos para as observações vizinhas, dessa forma, são feitos tantos ajustes quantas observações existirem e o resultado é um conjunto de parâmetros, sendo que cada ponto considerado tem seus próprios coeficientes de ajuste (CÂMARA, et al, 2004).

O Modelo GWR se dá na seguinte forma:

$$Y(s) = \beta(s)X + \varepsilon ,$$

Onde, $Y(s)$ é a variável aleatória representando o processo no ponto s , e $\beta(s)$ indica que os parâmetros são estimados no ponto s .

O GWR foi gerado no *software* ArcGIS desktop 10.8, com distância de kernel adaptativa (*adaptative*); método de largura de banda do tipo parâmetro (*bandwidth parameter*) e; com 15 vizinhos (*number of neighbors*). Parâmetros esses, com melhores ajustes para a análise proposta. Os resultados são apresentados em mapas e tabela com agrupamentos das relações identificadas.

Por fim, as relações apontadas pelo GWR, entre as variáveis socioeconômicas e a vegetação, foram agrupadas de acordo com os tipos de

relacionamentos existentes, se positivos (+) ou negativos (-) e foram avaliadas conforme o comportamento e a disponibilidade da vegetação para cada um desses grupos, por meio de estatística descritiva com utilização de boxplot.

Ciente das limitações que esse tipo de pesquisa socioeconômica carrega e sem a pretensão de esgotar o tema, procura-se, além de apresentar a metodologia, aplicá-la às análises espaciais, a partir de um recorte intraurbano.

3.4. Resultados e Discussões

3.4.1. Características Espaciais da Vegetação e dos Aspectos Socioeconômicos em Belo Horizonte

O resultado de Moran's (I) sobre a autocorrelação da vegetação em Belo Horizonte, indicou uma tendência positiva no padrão espacial, com a existência de setores com alto-alto e baixo-baixo de vegetação, com valor global de 0,442, que pode ser interpretada como moderadamente positiva.

Enquanto na análise do LISA, há indicadores locais significativos, com autocorrelação que apresenta estrutura em manchas, indicando a existência de condições que determinam um padrão de densidade de vegetação, com efeito que se estende espacialmente.

Há uma forte tendência de alta concentração de densidade de vegetação na periferia não conurbada do município, na porção sul-sudeste (regionais Barreiro [9], Oeste [7], Leste [6] e Centro-Sul [8] e na porção norte-nordeste pouco conurbada (regionais Norte [2] e Nordeste [4]). Cabe ressaltar que na porção sul-sudeste, se localiza o alinhamento da Serra do Curral, que possui diversas áreas protegidas, como os Parques Estaduais Serra do Rola Moça e da Baleia, que são de proteção integral, entre outros de uso sustentável, como por exemplo, a APA Sul.

Enquanto a porção norte do município, é constituída por ocupações incipientes, como Izidora e Capitão Eduardo, além da comunidade Quilombola urbana, Mangueiras.

Há ainda *clusters* de alta-alta vegetação em parte da regional Pampulha [3], com destaque para os bairros da porção noroeste da regional, próximos à lagoa

da Pampulha e de bairros no entorno do campus universitário da UFMG, atraindo uma maior ocorrência de densidade de vegetação.

Para os *clusters* de baixa-baixa vegetação, se destaca a porção mais central do município, abrangendo parte das regionais Noroeste [5], Nordeste [4], Leste [6] centro-sul [8] e; Oeste [7], áreas que não por coincidência, são as ocupações mais antigas do município, tanto do bairro Centro, principal polarizador de Belo Horizonte, quanto das áreas periféricas, que orbitam o Centro.

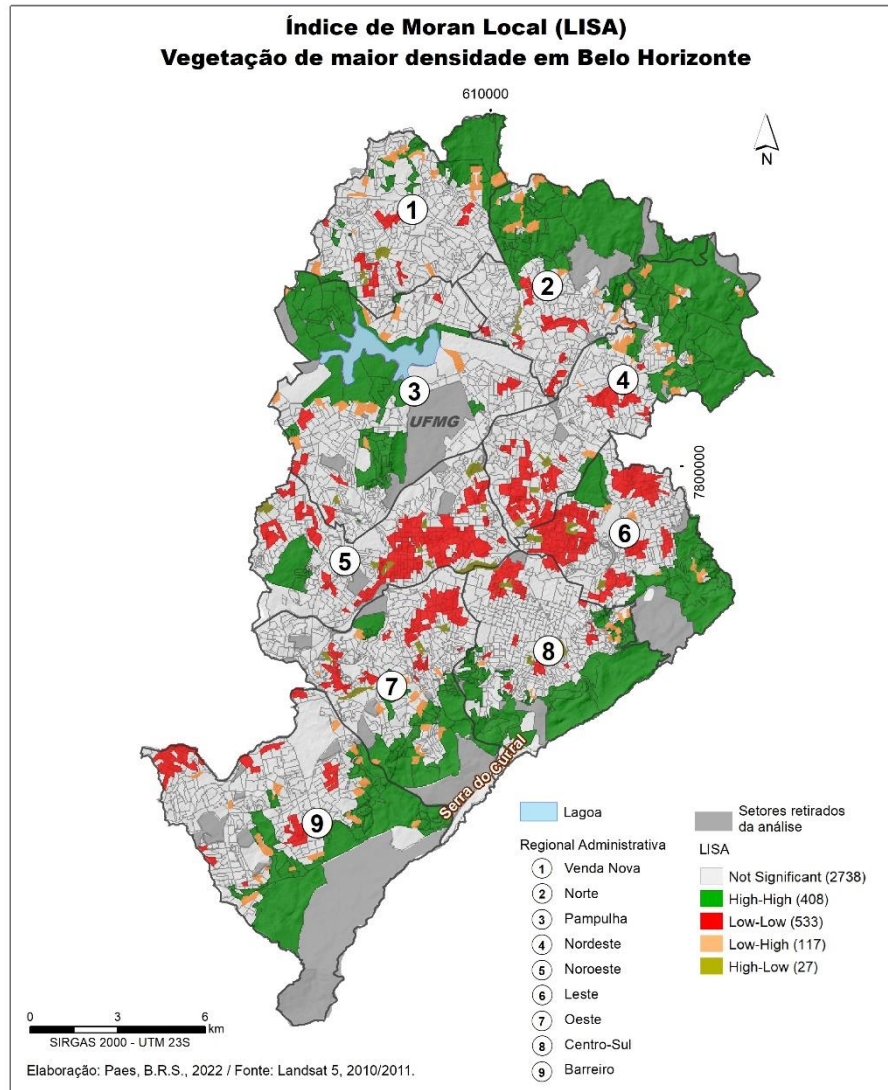
Ainda há um *cluster* isolado na porção sudoeste, na regional Barreiro [9], divisa com os municípios de Contagem e Ibirité, que possui características de ocupação industrial.

Pode-se destacar na diversificação intrarregional da vegetação, as regionais Nordeste [4] e Leste [6], onde na primeira, há *cluster* de densidade de vegetação tanto alto-alto (mais à norte), quanto baixo-baixo (mais à sul). Já a regional Leste, demonstra uma forte tendência a agrupamento alto-alto somente nas áreas protegidas à sul (Serra do Curral) e um pequeno aglomerado a norte, que corresponde ao Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG, cercado por *cluster* de baixo-baixo.

A ocorrência dos *outliers* baixo-alto está relacionada, sobretudo, aos setores com uma intensa ocupação residencial e onde há pouca atividade da clorofila em vegetação mais rasteira. Enquanto *outliers* alto-baixo, ocorrem, principalmente, em praças e terrenos desocupadas, de forma mais pontual, não conformando condições para maiores densidades de vegetação.

A associação espacial da vegetação a partir do índice LISA, pode ser observada no Mapa 4.

Mapa 4. Índice de Moran Local (LISA) da vegetação de maior densidade em Belo Horizonte



Elaboração: PAES, 2022.

Sobre o perfil socioeconômico da cidade, a partir de suas distribuições no território, percebe-se diferenciações socioespaciais intraurbana em Belo Horizonte, com características econômicas e sociais distintas.

Em relação à proporção de população negra, a regional Centro-Sul [8] se destaca pela baixa presença, inclusive nos bairros do seu entorno como nas regionais Oeste [7] e Leste [6], assim como nos setores do entorno da lagoa da Pampulha [3]. Em contrapartida, percebe-se maior concentração nas regionais Barreiro [9] e Venda Nova [1], junto à porção norte da regional Nordeste [4], com mesmo perfil de ocupação.

Para o índice de Gini, o entorno da lagoa da Pampulha [3] é onde aparece as maiores desigualdades. Os mais altos índices de Gini são seguidos por setores da borda da regional Centro-Sul [8] e Leste [6].

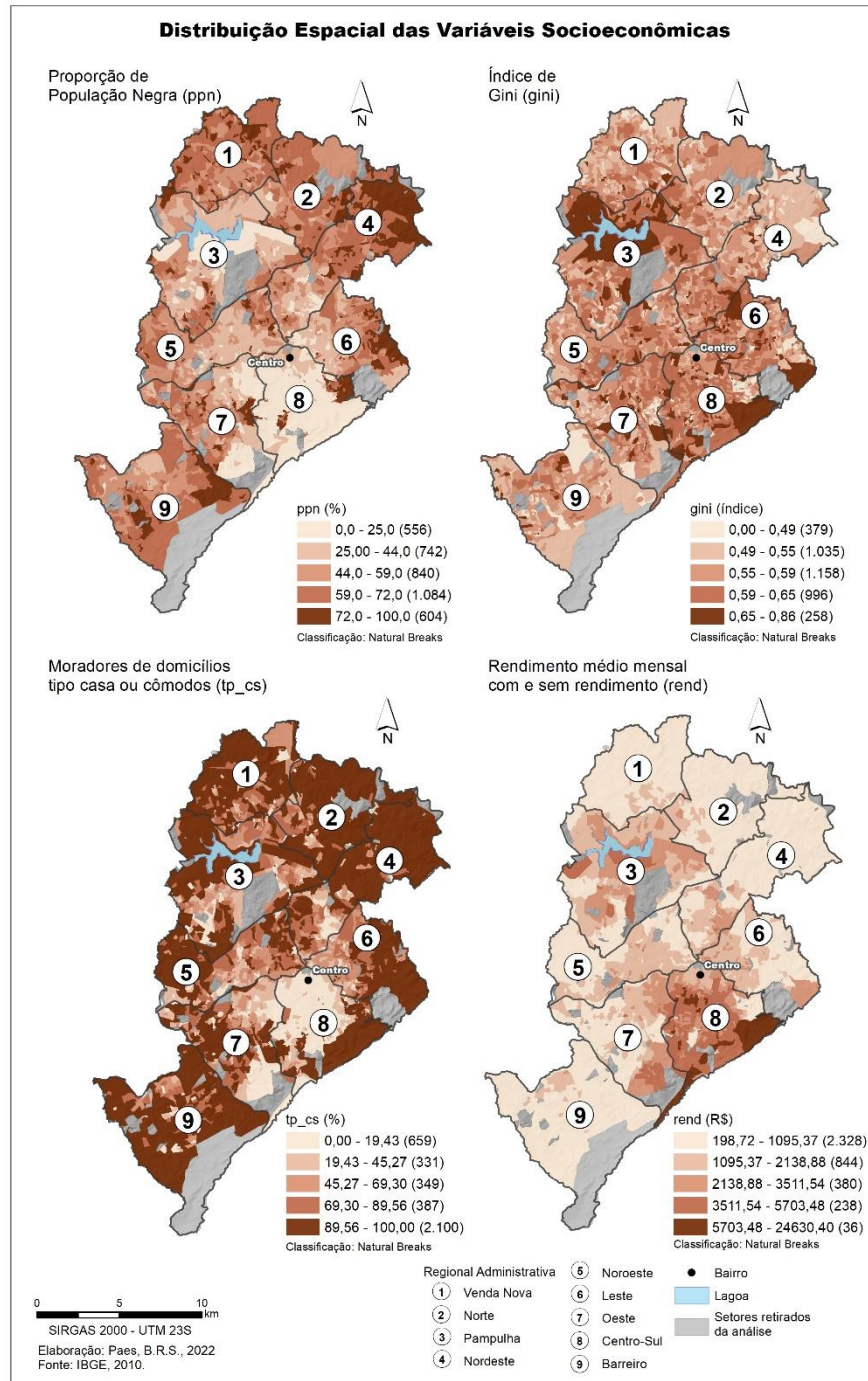
Observa-se ainda que a maior parte do município é ocupado por domicílios do tipo casa, conformando o maior número de setores censitários, com exceção da porção central da regional Centro-Sul [8], ocupada predominantemente por edificações verticais, sendo acompanhada por setores de outras regionais com maior proximidade ao Centro.

Enquanto a variável de rendimento médio mensal, demonstra uma acentuada desigualdade entre a regional Centro-Sul [8], com predominância de maiores rendas, em relação a todo o município, sobretudo com as regionais Venda Nova [1], Norte [2] e Barreiro [9], que possuem as menores rendas.

Pode-se ainda observar, uma menor segregação espacial de renda intra regional na Pampulha [3], com setores de maiores e menores rendimentos muito próximos, enquanto nas regionais Nordeste [4] e Noroeste [5] há uma forte segregação entre os setores mais ao centro do município, com os mais periféricos.

As distribuições espaciais das variáveis socioeconômicas podem ser observadas no Mapa 5.

Mapa 5. Distribuição Espacial das Variáveis Socioeconômicas.



Elaboração: PAES, 2022.

3.4.2. A Relação Entre Vegetação e as Características Socioeconômicas em Belo Horizonte

A partir da análise da regressão por GWR, é possível verificar a influência das características socioeconômicas na vegetação urbana, com o R^2 da regressão geograficamente ponderada de 0,83, contudo, não de forma homogênea, com R^2

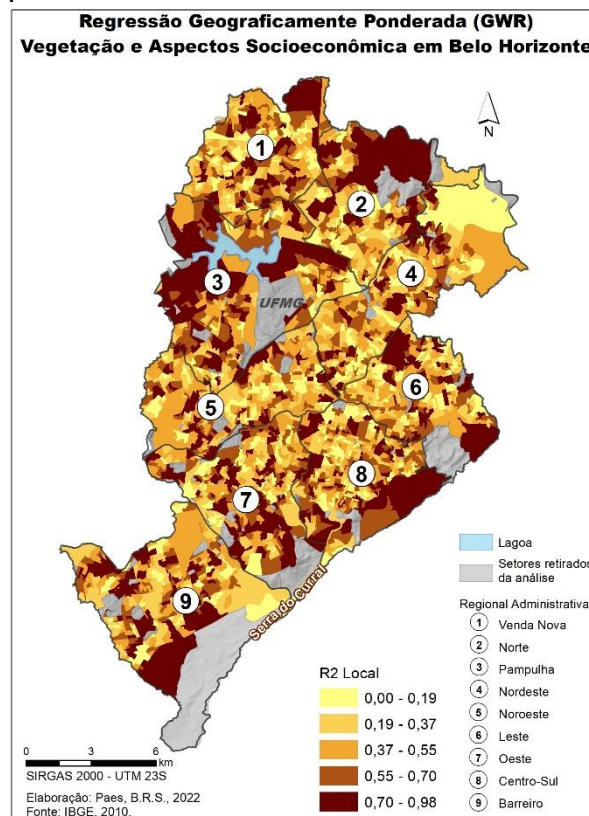
local variando entre 0 (predição nula) a R^2 local de 0,98 predição muito forte, sugerindo uma alta correlação (Mapa 6).

Esses valores se deram em um melhor ajuste com um menor valor de vizinhança (15 vizinhos), demonstrando a aplicação do conceito de “efeito bairro”, “efeito território”, ou “efeitos do lugar” (ANDRADE e SILVEIRA, 2013; BOURDIEU, 2013; SABATINI e WORMALD, 2013), compreendido como a afinidade da ocorrência de benefícios ou prejuízos que afetam determinados grupos sociais em função de sua localização no espaço urbano.

É possível observar diferenças regionais significativas no nível de ajuste, com destaque para alguns dos valores de R^2 acima de 0,70, ocorrendo em todas as regionais.

O R^2 local pode ser observado no Mapa 6.

Mapa 6. Regressão Geograficamente Ponderada (GWR) da vegetação e dos aspectos socioeconômicos em Belo Horizonte.



Elaboração: PAES, 2022.

As relações são diversas, não existindo uma correlação homogênea para todas as ocorrências significativas (maior que R^2 0,70). Demonstrando a complexidade da relação ambiental no espaço urbano, refletida no atributo da

vegetação. Dessa forma, pode-se afirmar que a realidade socioeconômica não é o fator chave que se relaciona com a heterogeneidade da cobertura vegetal na cidade como um todo.

Esse fato corrobora a avaliação de Jacobs (2000), de como as cidades são geradoras naturais de diversidade. A complexidade urbana diz respeito à diversidade de usos, seja refletida pela legislação, que incide sobre parâmetros de ocupação do solo, seja pelos aspectos socioespaciais, que se relacionam ao processo de formação e transformação da cidade e influenciam na produção dessa paisagem, além de uma complexidade urbana imposta pelo crescimento e expansão da própria cidade (SIQUEIRA, 2018).

Analisando-se somente as correlações acima de R^2 0,70, percebe-se essa diversidade em Belo Horizonte, ocorrendo relações tanto positivas, quanto negativas entre todas as variáveis, formando portanto, 16 grupos de relações, apresentado na Tabela 3. Assim como o Gráfico 14 ao Gráfico 29, demonstram o comportamento e a disponibilidade da vegetação para cada um desses grupos.

Tabela 3. Agrupamentos das correlações do GWR entre as variáveis socioeconômicas

Grupo	Correlações	Nº setores	Freq	Média área vegetada	Características da ocupação
1	Rend. nominal médio mensal (+) Índice de Gini (+) Prop. mor. domicílios tipo casa (+) Prop. da população negra (+)	61	9%	22%	Efeito direto da renda, com tendência a desigualdade econômica e efeito horizontalidade, com maior população negra. Maior disponibilidade de área vegetada
2	Rend. nominal médio mensal (+) Índice de Gini (+) Prop. mor. domicílios tipo casa (+) Prop. da população negra (-)	17	2%	19%	Efeito direto da renda, com tendência a desigualdade econômica e efeito horizontalidade, com menor população negra. Média disponibilidade de área vegetada
3	Rend. nominal médio mensal (+) Índice de Gini (+) Prop. mor. domicílios tipo casa (-) Prop. da população negra (-)	18	3%	33%	Efeito direto da renda, com tendência a desigualdade econômica e verticalização, com menor população negra. Maior disponibilidade de área vegetada
4	Rend. nominal médio mensal (+) Índice de Gini (+) Prop. mor. domicílios tipo casa (-) Prop. da população negra (+)	65	9%	29%	Efeito direto da renda, com tendência a desigualdade econômica e verticalização, com maior população negra. Maior disponibilidade de área vegetada
5	Rend. nominal médio mensal (+) Índice de Gini (-) Prop. mor. domicílios tipo casa (+) Prop. da população negra (+)	77	11%	16%	Efeito positivo da renda, com menor desigualdade econômica e efeito horizontalidade, com maior população negra. Baixa disponibilidade de área vegetada
6	Rend. nominal médio mensal (+) Índice de Gini (-) Prop. mor. domicílios tipo casa (+) Prop. da população negra (-)	17	2%	18%	Efeito direto da renda, com menor desigualdade econômica e efeito horizontalidade, com menor população negra. Média disponibilidade de área vegetada

Grupo	Correlações	Nº setores	Freq	Média área vegetada	Características da ocupação
7	Rend. nominal médio mensal (+) Índice de Gini (-)	66	9%	19%	Efeito direto da renda, com menor desigualdade econômica e tendência a verticalização, com maior população negra. Média disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (-) Prop. da população negra (+)				
8	Rend. nominal médio mensal (+) Índice de Gini (-)	26	4%	14%	Efeito direto da renda, com menor desigualdade econômica e tendência a verticalização, com menor população negra. Menor disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (-) Prop. da população negra (-)				
9	Rend. nominal médio mensal (-) Índice de Gini (+)	19	3%	27%	Efeito inverso da renda, com tendência a desigualdade econômica e efeito horizontalidade, com maior população negra. Maior disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (+) Prop. da população negra (+)				
10	Rend. nominal médio mensal (-) Índice de Gini (+)	43	6%	23%	Efeito inverso da renda, com tendência a desigualdade econômica e efeito horizontalidade, com menor população negra. Maior disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (+) Prop. da população negra (-)				
11	Rend. nominal médio mensal (-) Índice de Gini (+)	99	14%	25%	Efeito inverso da renda, com tendência a desigualdade econômica e a verticalização, com maior população negra. Maior disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (-) Prop. da população negra (+)				
12	Rend. nominal médio mensal (-) Índice de Gini (+)	82	11%	19%	Efeito inverso da renda, com tendência a desigualdade econômica e a verticalização, com menor população negra. Média disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (-) Prop. da população negra (-)				
13	Rend. nominal médio mensal (-) Índice de Gini (-)	12	2%	7%	Efeito inverso da renda, com menor desigualdade econômica e efeito horizontalidade, com maior população negra. Menor disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (+) Prop. da população negra (+)				
14	Rend. nominal médio mensal (-) Índice de Gini (-)	24	3%	15%	Efeito inverso da renda, com menor desigualdade econômica e efeito horizontalidade, com menor população negra. Menor disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (+) Prop. da população negra (-)				
15	Rend. nominal médio mensal (-) Índice de Gini (-)	35	5%	15%	Efeito inverso da renda, com menor desigualdade econômica e tendência a verticalização, com maior população negra. menor disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (-) Prop. da população negra (+)				
16	Rend. nominal médio mensal (-) Índice de Gini (-)	53	7%	14%	Efeito inverso da renda, com menor desigualdade econômica e tendência a verticalização, com menor população negra. Menor disponibilidade de área vegetada
	Prop. mor. domicílios tipo casa (-) Prop. da população negra (-)				

Fonte: Autora.

Gráfico 14. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 1

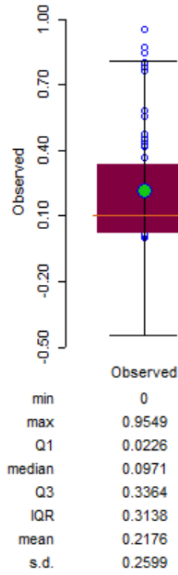


Gráfico 15. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 2

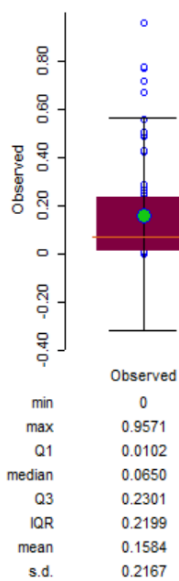


Gráfico 16. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 3

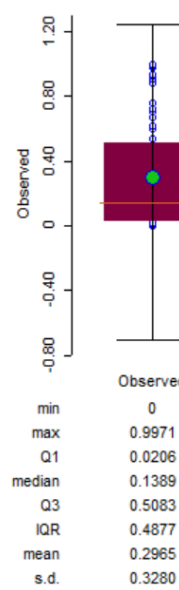


Gráfico 17. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 4

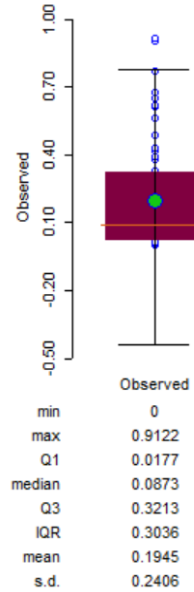


Gráfico 18. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 5

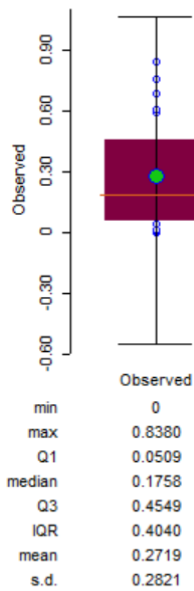


Gráfico 19. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 6

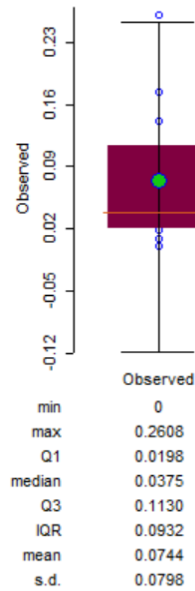


Gráfico 20. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 7

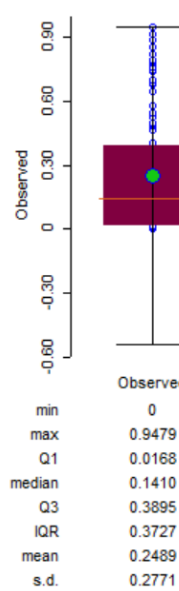


Gráfico 21. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 8

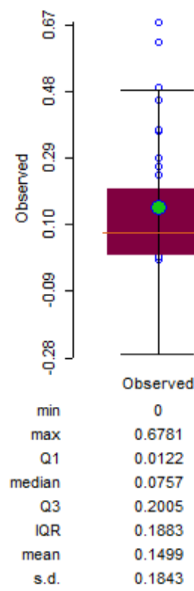


Gráfico 22. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 9

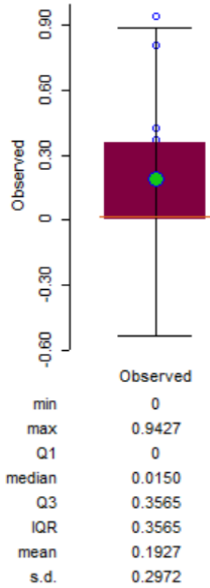


Gráfico 23. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 10

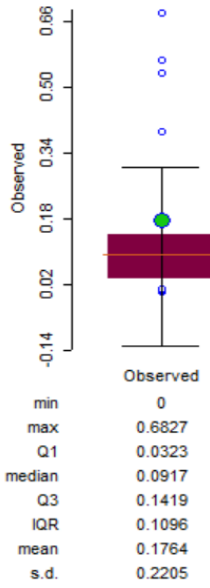


Gráfico 24. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 11

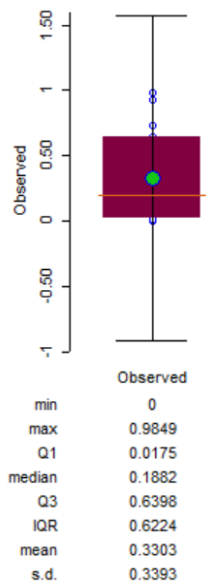


Gráfico 25. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 12

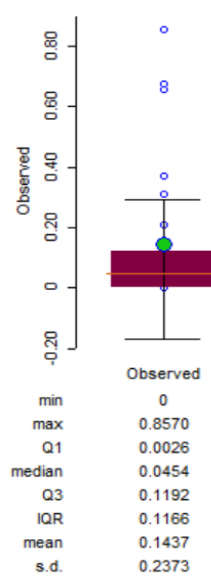


Gráfico 26. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 13

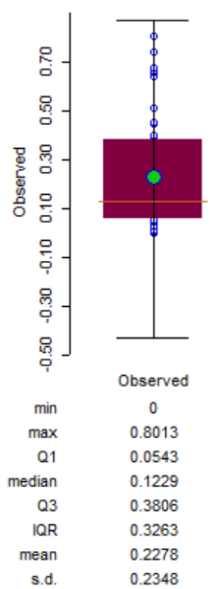


Gráfico 27. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 14

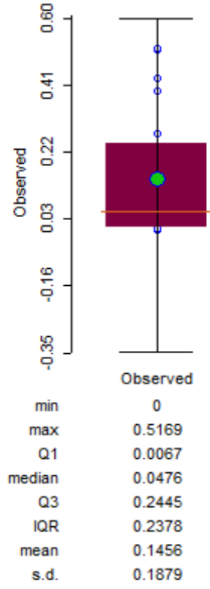


Gráfico 28. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 15

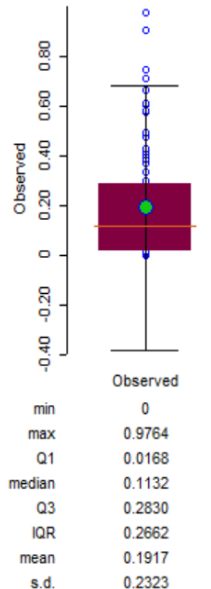
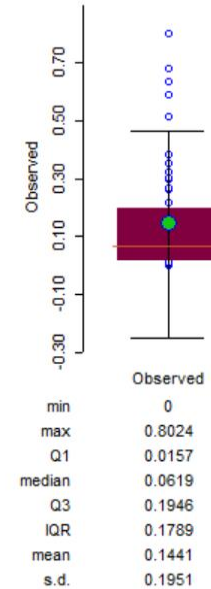


Gráfico 29. Proporção de área de vegetação nos setores censitários – grupo 16



Fonte: Autora.

Há uma maior frequência nas relações do grupo 11, ocorrendo com 14% dos setores censitários: Rend. nominal médio mensal (-); Índice de Gini (+); Prop. de moradores de domicílios do tipo casa ou cômodos (-); Prop. da população negra (+). Esse grupo possui tendências de uma ocupação mais vertical e com maiores

desigualdades econômicas, e ainda percebe-se que possui maior disponibilidade de área vegetada, com média de 25% da área voltada à vegetação de maior densidade.

Ainda nas relações de principais frequências de relações, há o grupo 12 (11% de frequência): Rend. nominal médio mensal (-); Índice de Gini (+); Prop. mor. domicílios tipo casa (-); Prop. da população negra (-). Relações similares com o grupo 11, com exceção da relação da população negra que é inversa e possui menor disponibilidade de área vegetada com relação ao grupo 11, com uma média de 19%.

Também com 11% de frequência, o grupo 5 possui relações entre: Rend. nominal médio mensal (+); Índice de Gini (-); Prop. de moradores de domicílios do tipo casa ou cômodos (+); Prop. da população negra (+). Relaciona-se, portanto, à uma ocupação mais horizontal e de maior rendimento, ocorre tanto ocupações características das porções mais nobres da cidade, quanto de áreas mais adensadas, a média de área destinada à vegetação é inferior às outras duas ocorrências, com 16%.

É interessante observar, que ao analisar maiores valores medianos de área vegetada e inclusive valores superiores e *outliers* do boxplot, há uma maior ocorrência nos grupos com efeito negativo à densidade de casas, medido pela variável porcentagem de moradores de domicílios do tipo casa, ou seja, maior tendência à verticalização.

Essa relação se torna mais relevante ao se analisar junto ao rendimento, em que maiores disponibilidades de vegetação e efeito negativo de rendimento, estão em setores com características mais verticais, por exemplo, nos grupos 11 e 12.

Essa ocorrência de ocupações verticais e maior disponibilidade de vegetação, são características de um dos aspectos de cidades compactas.

A teoria da cidade compacta envolve a retenção do crescimento horizontal, aliado a uma densidade de construção, compactação e ocupação. Essa densidade, fornece diretrizes para a organização de redes de mobilidade que priorizam áreas multifuncionais, com menores distâncias à diversas funções, reduzindo assim, o tráfego de veículos, utilização máxima dos equipamentos do entorno e potenciais de usos que permite acomodar uma grande diversidade urbana. (SIQUEIRA, 2018; SANCHES, 2020).

Essa compactação das estruturas e funções urbanas, podem proporcionar um melhor equilíbrio entre o espaço construído e espaço livre, refletindo diretamente na disponibilidade de vegetação. Com um uso mais eficiente do solo urbano e maior racionalidade na implantação das infraestruturas, além de questões mais subjetivas, relacionadas ao bem-estar e à qualidade de vida, por exemplo (SANCHES, 2020).

A relação entre melhores condições de vegetação e uma ocupação mais vertical em Belo Horizonte, corrobora, portanto, uma das características de melhores condições ambientais da cidade compacta, caracterizada neste caso, pela vegetação.

Como exemplo, pode ser observado em setores na regional Oeste [7] do bairro Gameleira (Figura 1) e em setores da regional Pampulha [3] do bairro Santa Terezinha (Figura 2).

Figura 1. Setor (vermelho) mais arborizado e com tendência à verticalização. Bairro Gameleira.



Fonte: Google Earth, 2011.

Figura 2. Setor (vermelho) mais arborizado e com tendência à verticalização. Bairro Santa Terezinha.



Fonte: Google Earth, 2011.

Nesses exemplos, pode-se perceber a importância da vegetação intraquadra das ocupações verticais, aspecto semelhante identificado por Sanches (2020) em bairros de Brasília, São Paulo e sobretudo, na cidade de Berlim capital da Alemanha, em que morfologias verticais com espaços livres internos, demonstraram melhores respostas de vegetação arbóreas de maior porte, em relação a outros tipos de ocupações.

Ao identificar as relações com efeitos positivos entre rendimento e moradias do tipo casa e que possuem maior disponibilidade de vegetação, por exemplo, encontradas no grupo 1, são características das porções mais nobres da cidade, representada pela porção mais à sul da regional Centro-Sul [8] (Figura 3) e da regional Oeste [7], ambos nas proximidades da Serra do Curral. Ocorrem também em bairros da Pampulha [3], sobretudo, no entorno da lagoa, como o bairro São Luiz (Figura 4).

Essas moradias possuem como características, maiores áreas de lote, com áreas livres vegetadas, totalmente integradas ao uso particular.

Figura 3. Setor (vermelho) mais arborizado com maior renda em ocupação do tipo casa. Bairro Mangabeiras.



Fonte: Google Earth, 2011.

Figura 4. Setor (vermelho) mais arborizado com maior renda em ocupação do tipo casa. Bairro São Luiz.



Fonte: Google Earth, 2011.

Nesse quesito, destaca-se a incorporação da natureza nos processos de valorização do espaço, em que a proximidade, acesso ou controle sobre os aspectos naturais, promovem também a elevação da valorização da terra e dos imóveis, constituindo os espaços mais nobres da cidade (Costa, 2006).

É possível perceber desigualdades econômicas e, portanto, sociais, refletidas na distribuição da vegetação, com a ocorrência de relações com efeitos positivos com o índice de Gini, sobretudo, nos grupos (3, 4, 9 e 11), que possuem melhores médias de disponibilidades de vegetação, acima de 25% da área,

demonstrando que para todos esses setores, maior disponibilidade de vegetação, covaria positivamente com maiores desigualdades sociais.

Dessa forma, observa-se uma segregação da distribuição de vegetação, com a existência de maior arborização em setores que apresentam maiores rendas e lotes maiores, vizinhos à setores com casas em lotes menores, sem arborização e de menor renda, essa situação é acentuada em Vilas e Favelas, como por exemplo, ocorre na regional Centro-Sul, entre setores do bairro Cidade Jardim e Vila Monte São José (Figura 5).

Para alguns locais, a vegetação ainda serve de divisor social, segregando os ambientes, ocorre inclusive em áreas com diferença social menos acentuada, mas com perceptível diferença na arborização. Por exemplo, entre setores dos bairros Solar do Barreiro (Figura 5) e Corumbiara (Figura 6), na regional Barreiro [9]. Onde o primeiro tem uma melhor condição de renda, possui ruas mais largas e lotes maiores, enquanto o Corumbiara os lotes são menores e ruas mais estreitas e a vegetação segrega os perfis de ocupação.

Figura 5. Relações ambientais características de desigualdade social. Bairro Cidade Jardim e Vila Monte São José.



Fonte: Google Earth, 2011.

Figura 6. Relações ambientais características de desigualdade social. Bairros Solar do Barreiro e Corumbiara.



Fonte - Google Earth, 2011.

Ainda sobre um traço da desigualdade social na cidade, há correlações com menor renda e mais moradias do tipo casa, com melhores disponibilidades de vegetação em vilas e favelas, onde há sobretudo, áreas de risco de erosão e

escorregamento, mapeadas pela Prefeitura Municipal, com habitações muito próximas ou totalmente inseridas nessas áreas de risco, demonstrando que a maior disponibilidade de vegetação não é, somente, associada às melhores condições de renda e de domicílio (Figura 7 e Figura 8).

Figura 7. Maior densidade de vegetação em áreas de risco de vilas e favelas. Vila Jardim Alvorada.



Fonte: Visada 3D Google Earth, 2011.

Figura 8. Maior densidade de vegetação em áreas de risco de vilas e favelas. Vila Nossa Senhora do Rosário - Aglomerado da Serra.



Fonte: Visada 3D Google Earth, 2014.

Valores superiores e *outliers* de vegetação ainda podem ser observados no boxplot, que indicam setores em que há presença de sítios e equipamentos de lazer, como clubes, mesmo que majoritariamente a população do entorno é de menor renda, como ocorre em Venda Nova [1].

Percebe-se nessa relação, elementos da ecologia política, em que características ambientais tendem a ser espacialmente diferenciadas e marcadas por níveis de desigualdades, (GÓMEZ, 2006; COSTA, 2012; SWYNGEDOUW e HEYNEN, 2003), aspectos inerentes aos processos econômicos e sociais da produção de paisagens urbanas.

A vegetação reveladora da desigualdade social nesse aspecto, demonstra as muitas formas de segregação espacial, como uma implicação da demarcação de espaços excludentes, caracterizados pela homogeneização, tanto das características socioeconômicas e ocupacionais da população, como da paisagem natural, social e cultural (Costa, 2006).

Observa-se nessa relação, o processo de segregação residencial, que pode ser notada tanto nos bairros de maior poder aquisitivo, bem como nos bairros residenciais para as classes de baixa renda.

A vegetação aqui, é um elemento ambiental conforme descrito por Costa (2015), que ocorre como uma manifestação assimétrica e materializada espacialmente, em forma de segregação das relações sociais, de mercado e de poder, em que ora é tida como privilégio, ora como de exclusão.

É importante ressaltar a presença de relações com a vegetação que remete à quintais urbanos, com relações de efeitos positivos com a variável proporção de moradores de domicílios do tipo casa, como ocorre nos grupos 1, 9 e 10, por exemplo.

Os quintais, podem ser compreendidos como os espaços adjacentes às casas, um espaço doméstico de usos múltiplos, são comuns a existência de arborização com frutíferas, produção de horta e plantas diversas e criação de animais de pequeno porte, contribuindo desta forma, na produção e no consumo de alimentos, o que demonstra as relações sociais desenvolvidas através das práticas de agricultura urbana (LOBATO, et al, 2017).

Os quintais produtivos são considerados estratégicos para produção de alimentos para famílias de baixa renda em diferentes contextos urbanos e essa prática é uma realidade muito presente nos municípios brasileiros como um todo, além de também serem utilizados como espaço de lazer e socialização, com seu uso variando conforme a tradição cultural dos moradores (ALMEIDA, 2016; LOBATO, et al, 2017).

A presença de vegetação associada aos quintais, neste estudo, pode ser identificada tanto nos bairros de maior poder aquisitivo (grupo 1), mas também na periferia do município, onde a renda é significativamente menor, podendo ser observado, por exemplo, com a relação de efeito negativo com rendimento nos grupos 9 e 10 e onde a agricultura urbana se faz de maneira mais relevante para os moradores, nesse caso.

Essa ocorrência pode ser observada, por exemplo, na Figura 9 que demonstra o bairro Lajedo, na Regional Norte [2] e na Figura 10 no bairro Mantiqueira, na regional Venda Nova [1].

Figura 9. Quintais urbanos. Bairro Lajedo.



Fonte: Google Earth, 2012.

Figura 10. Quintais urbanos. Bairro Mantiqueira.



Fonte: Google Earth, 2012.

Cabe ressaltar que para a escala de análise das imagens Landsat 5 dos quintais urbanos, a vegetação que sobressaiu foi aquela com maior densidade, podendo haver mais domicílios com quintais significativos no contexto da agricultura urbana em Belo Horizonte.

Partindo para a análise das relações com efeitos positivos entre proporção de moradores de domicílios do tipo casa e que demonstram menores valores médios de vegetação, como observado, por exemplo, nos grupos 5, 13 e 14, que possuem valores inferiores de área vegetada em relação aos demais grupos, percebe-se uma característica de cidade dispersa.

A crescente extensão do tecido urbano é um fenômeno bastante perceptível no Brasil, tanto nas metrópoles já consolidadas como nas cidades emergentes. Na perspectiva dos processos de expansão da ocupação urbana, Moura (2012) descreve o conceito de cidade dispersa, como resultado de um processo de transformação da cidade a partir da criação de novos assentamentos urbanos, com uma morfologia difusa, seletiva, dispersa e fragmentada.

Essa cidade difusa, é resultado de uma tendência contínua de descentralização, o crescimento é rápido, horizontal e “descontrolado” resultando, geralmente, na formação de subúrbios que se caracterizam como áreas urbanizadas com pouco ou nenhum planejamento e infraestrutura urbana, podendo ter alta densidade demográfica e com baixa qualidade ambiental (SIQUEIRA, 2018).

Esse fenômeno é considerado como o responsável pelo rápido declínio dos centros urbanos (SIQUEIRA, 2018) e também um dos principais fatores de problemas ambientais (ACIOLY, 1998) e a vegetação natural, está dentre os componentes ambientais mais impactados por esse modelo de crescimento do tecido urbano, incluindo a perda da cobertura e a alteração da estrutura e composição florística (GUIMARÃES, 2020).

Outro aspecto relevante acerca desse tipo de ocupação dispersa, é que acentuam a desigualdade social, pois se dão segundo segmentos de renda, provocando uma segregação (SIQUEIRA, 2018).

Nesse sentido, Belo Horizonte apresenta taxas de expansão horizontal espacial superiores ao crescimento populacional (UN Habitat, 2012) e esse perfil de ocupação ocorre em toda a cidade, onde geralmente os lotes possuem tamanhos menores e são totalmente impermeabilizados, conforme pode ser observado na Figura 11 (Bairro Santa Tereza Regional Leste [6]) e Figura 12 (Bairro Renascença na regional Nordeste [5]).

Figura 11. Setor com característica de cidade dispersa. Bairro Santa Tereza.



Fonte: Google Earth, 2012

Figura 12. Setor com característica de cidade dispersa. Bairro Renascença.



Fonte: Google Earth, 2013.

Esse perfil de ocupação também foi identificado por Sanches (2020) em regiões de São Paulo e do Distrito Federal, afirmando ser indiscutível a alta taxa de ocupação do tipo horizontal, apontando que os espaços livres das habitações unifamiliares, foram sendo reduzidos para uma lógica mais intensiva, dando lugar a um tipo de paisagem homogeneizada.

Ainda, associado a relação negativa com o rendimento, esse perfil ocorre, sobretudo, em vilas e favelas, além de bairros de ocupação mais antigas da cidade, como nos bairros Santa Inês, Esplanada, Bonfim, entre outros.

Essa característica de cidade dispersa não ocorre somente com relações positivas entre proporção de moradores de domicílios do tipo casa, mas mesmo naquelas com relação negativa, indicando uma ocupação mista.

Estes demonstram menos áreas destinadas à vegetação, como nos grupos 8 e 16, por exemplo. Nesse aspecto, mesmo com a existência de edificações verticais, diferentemente do padrão que apresenta maiores densidades de vegetação, não há espaços livres intraquadra, com toda a porção do lote construída, como pode ser observado na Figura 13 no bairro Sagrada Família, na regional Leste [6].

Figura 13. Quarteirões mistos com pouca vegetação. Bairro Sagrada Família.



Fonte: Google Earth, 2013.

Estas variações da ocupação vertical, são reflexos de parâmetros e índices urbanísticos vigentes na época de sua construção, e que, portanto, são específicas de cada cidade. Nesse sentido, o processo de verticalização nem sempre resulta no aumento de áreas livres e Sanches (2020), destaca que isso só é efetivo se acompanhado de um desenho urbano e parâmetros urbanísticos que garantam sua existência.

Percebe-se como a permeabilidade, sobretudo, com a existência de áreas livres, é de extrema importância, sendo uma necessidade ambiental, uma vez que

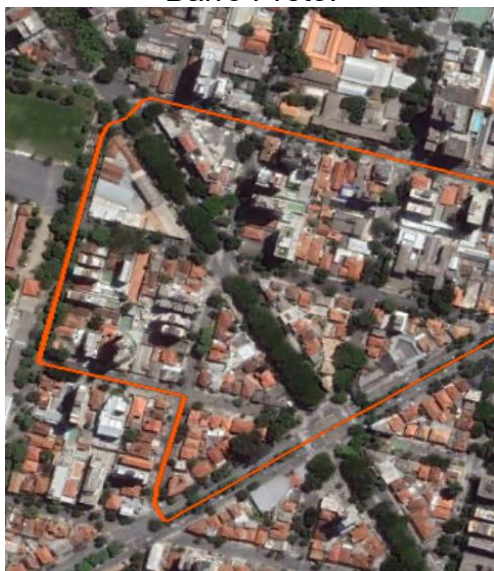
entre as principais características das ocupações nas áreas urbanas, está a alteração dos revestimentos superficiais do solo que passam a ser cada vez mais impermeáveis (SIQUEIRA, 2018).

Outro aspecto importante a ser observado, são relações que demonstram respostas de densidade de vegetação que remetem à arborização viária, com predominância em setores com relações de efeito negativo entre moradores de domicílios do tipo casa e proporção da população negra, ou seja, com tendência a verticalização e de população branca, ocorrendo tanto com relações de efeitos positivos ou negativos de renda.

A arborização viária é importante parte integrante da cobertura vegetal do ambiente urbano e pode ser entendida como os espaços verdes que compreendem os canteiros centrais ou laterais, bem como árvores isoladas e agrupadas e/ou enfileiras, que se encontram ao longo de ruas e avenidas (LIMA, 1993).

Características da arborização viária, podem ser observadas na Figura 14 e Figura 15.

Figura 14. Arborização viária. Bairro Barro Preto.



Fonte: Google Earth, 2013.

Figura 15. Arborização viária. Bairro Savassi.



Fonte: Google Earth, 2014.

Cabe ressaltar que utilizando-se das imagens Landsat 5, houve poucas relações identificadas com a vegetação relacionada à arborização viária, tanto pela característica de menor densidade desse tipo de vegetação, quanto pela escala de resolução da imagem.

Em específico às relações com a população negra, percebe-se um efeito racial, características de desigualdade racial, tanto como o observado na maior presença de arborização viária em setores com menor proporção da população negra, quanto ao comparar setores com as mesmas relações de renda, moradia e índice de Gini, por exemplo, entre os grupos 5 e 6 e; 13 e 14, que diferenciam-se somente na proporção da população negra.

Nos grupos 5 e 13 que há relação de efeito racial, o valor mediano de disponibilidade de vegetação é inferior aos grupos 6 e 14, que possuem uma maior disponibilidade de área vegetada e relação de efeito negativo com população negra.

Entre os grupos 13 e 14, essa relação é ainda mais evidente, pois o grupo 13 se sobressai em menor disponibilidade de área vegetada em relação à todos os demais grupos da pesquisa e ocorre ainda relação com menor rendimento, nesse caso, é a população negra quem acumula impactos negativos, tanto de menor disponibilidade de vegetação, quanto de menor rendimento.

Acerca da segregação residencial por raça na região metropolitana de Belo Horizonte, incluindo a Capital, Silveira (2014) demonstra ter características de racismo estrutural, que envolve redes de relacionamentos, que tornam com que indivíduos possuem maiores probabilidades de melhores condições de vida que outros.

A pobreza histórica, fruto das desigualdades raciais, atuam por meio da segregação residencial, ocupacional, educacional e também ambiental, que afetam a população negra, acumulando superposições de carências. (SILVEIRA, 2014).

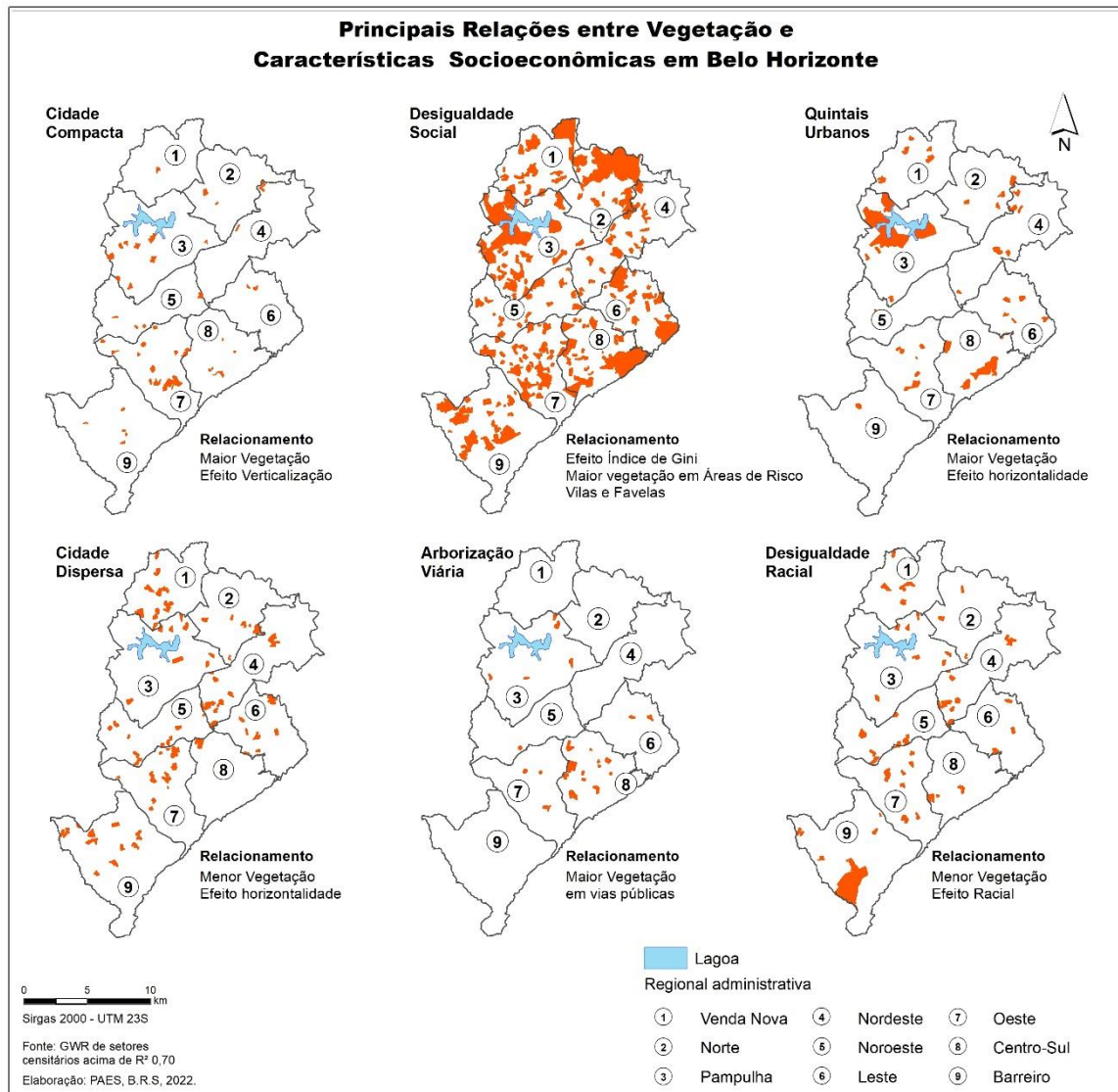
Nesse sentido, a vegetação considerada como um aspecto da qualidade ambiental, demonstra áreas demarcadas geograficamente, que apontam para piores condições ambientais, com efeitos raciais.

Cabe ressaltar que nesta pesquisa, essa relação com a vegetação, não define a desigualdade racial, apontando apenas umas das características que implicam tal situação. A dimensão racial em Belo Horizonte, não é auto evidente e nem tem o mesmo caráter excludente gerado por separação forçada ou legalmente instituída, mas está fortemente ligada às questões socioeconômicas e se concentram nas áreas populares e periféricas do município (Mapa 5).

Por fim, ainda ocorrem relações com melhores resultados de vegetação, em todos os grupos, avaliados pelos limites superiores e *outliers* do boxplot, em setores com proximidade com áreas protegidas como parques, praças, Áreas de Preservação Permanente (APP), lotes vagos, áreas de pouca ocupação na periferia municipal e equipamentos públicos ou grandes galpões, em que os limites dos setores censitários não separam os tipos de ocupações (moradias, equipamentos ou áreas desocupadas).

A partir do exposto, o Mapa 7 demonstra a espacialização das principais relações entre vegetação e características socioeconômicas identificadas no espaço intraurbano de Belo Horizonte, apresentadas neste estudo.

Mapa 7. Principais Relações entre Vegetação e Características Socioeconômicas em Belo Horizonte



Elaboração: PAES, 2022.

A partir das diversas relações existentes entre características socioeconômicas e vegetação, é possível perceber a diferenciação socioespacial, conforme Soja (1993) destaca, como aquela que “resulta de diferentes processos que decorrem de maneira desigual e combinada no espaço”.

Pode-se afirmar a partir deste estudo, que a desigualdade urbana reforça uma maior diferenciação do espaço vegetado, com resultados que permeiam discussões sobre modelos de cidade compacta e cidade difusa, hierarquias da desigualdade social e racial, agricultura urbana e arborização viária e seus efeitos ambientais refletidos na vegetação.

Cabe ressaltar, que são múltiplos os fatores que podem influenciar na diferenciação da arborização urbana, como por exemplo, questões culturais, tipologia arquitetônica, a legislação, o formato dos loteamentos, a relação de espaços públicos e privados e ainda fatores locacionais como o relevo, a pedologia, disponibilidade hídrica, entre outros.

Ademais, ressalta-se que as relações apresentadas neste estudo, são destacadas de acordo com as principais referências que abordam a temática ambiental e urbana, com ênfase na vegetação.

Acerca do uso das imagens Landsat 5 com a utilização do NDVI, percebe-se pouca perda de informação na análise para a densidade da vegetação como um todo, contudo, na escala de quintais urbanos e na arborização viária, há poucas relações existentes, indicando, portanto, prejuízos para análises que configuram esses espaços.

Por fim, sobre a utilização do setor censitário na análise, o IBGE considera este como a menor unidade territorial municipal com a disponibilidade de uma gama de informações sociais e econômicas da população, porém, dentro de um mesmo setor censitário, podem ser observados diferentes padrões de uso urbano, influenciando diretamente nas respostas de relações à disponibilidade de vegetação.

3.5. Considerações Finais

A presente pesquisa demonstrou uma autocorrelação da vegetação em Belo Horizonte, com a existência de setores com alto-alto e baixo-baixo de vegetação. Enquanto na análise do LISA, possui autocorrelação que indica a existência de condições para um padrão em manchas, com efeito que se estende espacialmente.

Esse resultado demonstrou que a vegetação ocorre espacialmente desigual no território intraurbano, indicando a possibilidade de relações às variáveis externas às questões puramente ambientais, que nesse estudo, foram avaliadas variáveis sobre as desigualdades sociais e econômicas.

Ao analisar a correlação entre a densidade de vegetação e as variáveis socioeconômicas, estas explicam parte da variabilidade da vegetação observada. As variáveis que melhor responderam ao modelo da correlação foram índice de

Gini (gini); população negra (ppn); moradores de domicílios do tipo casa (tp_cs) e; rendimento (rend). Essas variáveis possuem diferenciações socioespaciais em Belo Horizonte, com características distintas.

A partir da análise da regressão por GWR, é possível verificar a influência dessas variáveis na vegetação urbana, contudo, a variação não é homogênea, variando entre predições nulas a predição muito forte, sugerindo uma alta correlação no efeito do lugar ou efeito bairro, ou seja, maior afinidade da ocorrência afetando determinados grupos sociais em função de sua localização no espaço urbano.

As relações são diversas, não existindo uma correlação homogênea para todas as ocorrências significativas. Demonstrando a complexidade da relação ambiental no espaço urbano, percebida pela distribuição da vegetação no território.

Os resultados encontrados permeiam discussões sobre modelos de cidade compacta e cidade difusa, hierarquias da desigualdade social e racial, da agricultura urbana e arborização viária e seus efeitos ambientais refletidos na vegetação.

Pode-se afirmar que a desigualdade urbana reforça uma maior diferenciação do espaço vegetado, com consequências na qualidade ambiental do meio urbano, refletido na vegetação.

Cabe ressaltar que a diferenciação do espaço urbano é um mosaico de diferentes processos de construção/formação de lugares, identidades e ambientes, partes que adquirem configurações morfológicas distintas numa relação complexa com os conteúdos sociais, econômicos e culturais e nesse sentido, a vegetação não é fortemente ligadas aos aspectos socioeconômicos de forma homogênea no território, pois as interações variam no espaço e é localmente dependente em relação a uma ampla variedade de contextos não só socioeconômicos.

Portanto, os resultados deste estudo revelam que muitas são as cidades dentro de uma grande cidade e que a difícil tarefa de redução das desigualdades urbanas, depende de um melhor entendimento de suas dinâmicas e que se faz necessário para ampliar o alcance do conhecimento sobre os territórios.

Cabe ressaltar que para análises mais aprofundadas na temática, indica-se direcionamentos futuros com dados atualizados do censo do IBGE 2022, bem como dos limites dos setores censitários, assim como na especialização em cada

modelo apresentado neste estudo, para confirmar as relações identificadas, assim como melhor identificar cada relação existente.

Junto aos dados socioeconômicos mais atualizados, recomenda-se a utilização de imagem de satélite de melhor resolução espacial, sobretudo, para a análise de arborização viária e quintais urbanos, pois são partes integrantes da cobertura vegetal do ambiente urbano e podem ser relacionadas mais fortemente às condições socioeconômicas.

Outra recomendação, diz respeito às métricas de análise da qualidade da vegetação, tendo em vista que é uma das desvantagens de uso do NDVI, outras métricas poderão ser utilizadas para avaliar correlações da qualidade da vegetação em relação às desigualdades socioambientais.

Por fim, entende-se que a vegetação urbana é um dos elementos da biodiversidade que pode ser utilizada para explicar e investigar as complexas relações socioespaciais que existem dentro e através da paisagem urbana.

Nesse sentido, reforça-se a importância ambiental das cidades, bem como a necessidade de ressaltar a natureza nelas presente, sendo a urbanização frequente no debate e na discussão sobre mudanças ambientais globais e locais, incorporando a análise crítica como um elemento importante da realidade social, contribuindo, desta forma, para o avanço no debate contemporâneo sobre a sustentabilidade, em especial, no contexto da urbanização brasileira.

3.6. Referências

ACIOLY, C; Davidson, F. **Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

ALMEIDA, D.A.O. **Isto e aquilo: agriculturas e produção do espaço na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)**. Orientadora: Heloisa Soares de Moura Costa. 2016. 408p. Tese (doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

ANDRADE, L.T.; SILVEIRA, L.S. **Efeito território. explorações em torno de um conceito sociológico**. Civitas - Revista de Ciências Sociais. Porto Alegre, 2013.

ANDREWS, G.R; FUENTE, A. **Estudos Afro-Latino-Americanos: Uma introdução**. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO, 2018.

AQUINO, C.M.S; et al. **Análise temporal do NDVI da bacia hidrográfica do rio Longá - Piauí – Brasil**. 2016.

AZA, N.M.F. **Análise da distribuição espacial da cobertura arbórea urbana através da relação das variáveis socioeconômicas, Ipatinga-MG**. Orientador: Amaury Paulo de Souza. 2016. 71p. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal) Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2016.

BELO HORIZONTE. **BHMAP- Portal de Dados Espaciais da PBH: IDE BHGEO**, 2021. Disponível em: <https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo>. Acesso em: 01/11/2021. Base de dados.

BELO HORIZONTE. **Lei Nº 7166, de 27 de agosto de 1996**. Estabelece Normas e Condições para Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo Urbano no Município.

BEZERRA, C.M; BACELAR, J.A. **Desigualdade multidimensional, insuficiência socioeconômica e concentração de renda no Brasil a partir de um olhar macrorregional**. Desenvolvimento em Debate, 2021.

BORSAGLI, A. **Do convívio à ruptura: A cartografia na análise histórico-fluvial de Belo Horizonte (1894/1977)**. Orientador: José Flávio Morais Castro. 2019. 224p. Dissertação (mestrado em Tratamento da Informação Espacial) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

BOURDIEU, P. **Espaço físico, espaço social e espaço físico apropriado**. Estudos Avançados, 2013.

BRANDÃO, M. **Caracterização geomorfológica, climática, florística e faunística da Serra do Curral em Belo Horizonte, MG**. Belo Horizonte, 1992.

CÂMARA G, et al. **Análise espacial de áreas**. In. Embrapa Cerrados. Análise espacial de dados geográficos. Planaltina, DF: Embrapa; 2004.

CAMPOS, M. B. C; MACEDO, D.R. **Agrupamentos de emigração internacional no Brasil: o papel das redes sociais na formação dos espaços de emigração**. Revista Geografia. Rio Claro, 2014.

CARVALHO, L.M.T.; SCOLFORO, J.R.S. **Inventário Florestal de Minas Gerais: monitoramento da flora nativa 2005-2007**. Lavras: UFLA, 2008.

COSTA, G.J.A, et al. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na avaliação da cobertura vegetal do município de Regeneração, Estado do Píauí, Brasil**. Revista GeoNordeste, São Cristóvão, 2020.

COSTA, H.S.M. **Planejamento e ambiente em regiões metropolitanas**. In. MARTINE, G. (Ed.). População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira. Belo Horizonte: ABEP, 2012.

COSTA, H.S.M. **Mercado imobiliário, estado e natureza na produção do espaço metropolitano**. In: COSTA, H. et al. Novas periferias metropolitanas. Belo Horizonte: Editora C/Arte, 2006.

COSTA, H.S.M. **Natureza e cidade na periferia: Ampliando o direito à cidade**. In: Teorias e práticas urbanas: Condições para a sociedade urbana. Geraldo Magela Costa (Org.), Heloisa Soares de Moura Costa (Org.), Roberto Luís de Melo Monte-Mór (Org.). Belo Horizonte: C/Arte, 2015.

DINIZ, C. et al. **Brazilian mangrove status: Three decades of satellite data analysis**. Remote Sens. 2019.

DURAND, C. A. et al. **Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens Landsat**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, 2009.

GARCIA, R. A, et al. **Metodologias para a criação de indicadores socioambientais em unidade de planejamento em bacias hidrográficas: o caso da bacia do Mucuri – MG**. Revista Geografias. Belo Horizonte, 2012.

GARCIA, R.A, et al. **Indicadores de salubridade urbana e rural da bacia do Rio Doce**. Revista Geografias. Edição Especial - Vale do Rio Doce: Formação Geohistórica e questões atuais. Belo Horizonte, 2016.

GÓMEZ, D.E. **La ecología política urbana: Una disciplina emergente para el análisis del cambio socioambiental en entornos ciudadanos**. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 2006.

GORELICK, N., et al. **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. remote sensing of environment**. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/remote-sensing-of-environment>. Acesso em: 02/10/2022.

GUIMARÃES, M.M. **A influência da arborização urbana e do ruído sobre a avifauna do plano piloto de Brasília**. Orientador: Studart Corrêa. 2020. 92p. Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade De Brasília. Brasília, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo Demográfico 2010 - Tabelas**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao>. Acesso em: 01/02/2022. Base de dados.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. 10/05/2022. Base de dados.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Tipologia intraurbana: espaços de diferenciação socioeconômica nas concentrações urbanas do Brasil**. Rio de Janeiro, 2017.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: junho de 2021. Base de Dados.

JACOBS, J. **Morte e vida nas grandes cidades**. São Paulo, Martins Fontes, 2000.

JENKINS, S.P; KERM, P.V. **The measurement of economic inequality**. Institute for Social and Economic Research. Colchester, 2008.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador), et al. São José dos Campos, SP. 2009.

JENSEN, R. et al. **Using remote sensing and Geographic Information Systems to study urban quality of life and urban forest amenities**. Ecology and Society. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss5/art5>. Acesso em: 03/07/2022.

JUNQUEIRA, V.H. **A (in)sustentabilidade urbana: discursos e contradições do desenvolvimento urbano**. Ling. Acadêmica, Batatais, 2014.

LASCHEFSKI, K. **Clima e equidade ambiental: utopias tecnológicas insustentáveis e a negligência do metabolismo urbano**. In: FLORIT, L. F; SAMPAIO, C. L. C.; PHILIPPI JR, A.(Org.). *Ética Socioambiental (Série Coleção ambiental)*. 1ed. Barueri: Manole, 2019.

LEFÈBVRE, H. **O direito à cidade**. São Paulo: Centauro, 2001.

LIBÓRIO, M. et al. **Medidas e escalas de desigualdade de renda em perspectiva**. Revista de Geografia e Ordenamento do Território, 2018.

LIMA, A.M.P. Piracicaba/SP: **Análise da arborização viária na área central e em seu entorno**. Orientador: Felisberto Cavalheiro. 1993. 230p. Tese (doutorado em

Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

LOBATO, G.J.M, et al. **Diversidade de uso e aspectos socioambientais de quintais urbanos em Abaetetuba, Pará, Brasil.** Revista Brasileira de Agroecologia, 2017.

MAGALHÃES Jr., A.; SAADI, A. **Ritmos da dinâmica fluvial neo-cenozóica controlados por soerguimento regional e falhamento: O vale do rio das Velhas na região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.** Geonomos 2. Belo Horizonte, 1994.

METZGER, J. P. **O que é Ecologia de Paisagens?** Biota Neotrópica. São Paulo, 2001.

MOURA, R. **Dimensão urbano-regional na metropolização contemporânea.** Observatório das Metrôpoles-INCT/CNPq e Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES), Curitiba, 2012.

MYNENI, R.B.; et al. **The interpretation of spectral vegetation indexes.** IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995.

PEREIRA, L.M. **Desigualdades socioespaciais de Goiânia-GO: Análise com base nos setores censitários subnormais.** Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia. 2019. 232p. Tese (doutorado em Geografia) Programa de Doutorado do Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

POVH, F.P, et al. **Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais.** Pesq. agropec. bras., Brasília, 2008.

SABATINI, F; WORMALD, G. **Segregación de la vivienda social: Reducción de oportunidades, pérdida de cohesión.** En F. Sabatini, G. Wormald & A. Rasse (Eds.), Segregación de la vivienda social: ocho conjuntos en Santiago, Concepción y Talca. Santiago, Chile. Colección Estudios Urbanos UC, 2013.

SANCHES, P.M. **Cidades compactas e mais verdes: conciliando densidade urbana e vegetação por meio do desenho urbano**. Orientador: Demóstenes Ferreira Da Silva Filho. 2020. 160p. Tese (doutorado em Ciências) Programa Recursos Florestais, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2020.

SENA, I.S. et, al. **Metodologia para análise do volume vegetacional e construído**. Revista Mercator, 2018.

SILVA, T.D; GOES, F.L. **Igualdade racial no Brasil: Reflexões no ano internacional dos afrodescendentes**. Org. Brasília, 2013.

SILVEIRA, L.S. **Segregação residencial e diferencial racial de renda: Estrutura e distribuição geográfica por raça na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Orientador: Jeronimo Oliveira Muniz. 2014. 88p. Dissertação (mestrado Filosofia e Ciências Humanas) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

SIQUEIRA, R.A. **O adensamento no espaço urbano: As promessas da cidade compacta**. Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia. 2018. 180p. Tese (doutorado em Geografia) Programa de Pós Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2018.

SOJA, E. **Geografias pós-modernas: A reafirmação do espaço na teoria social crítica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1993.

SPÓSITO, M.E.B. **O embate entre as questões ambientais e sociais no urbano**. In: CARLOS, Ana Fani Alessandri; LEMOS, Amália Inês Geraiges de (Org.). Dilemas Urbanos: novas abordagens sobre a cidade. São Paulo, 2003.

SWYNGEDOUW, E.; HEYNEN, N.C. **Urban political ecology, justice and the politics of scale**. Antipode, 2003.

UN HABITAT. **State of Latin American and Caribbean cities**. 2012.

4. CONCLUSÃO

A metrópole consolidada de Belo Horizonte, passou por intensas mudanças na paisagem desde a sua fundação, particularmente na supressão de vegetação, decorrente de uma dicotomia entre social e natural, sendo a cobertura vegetal um dos elementos ambientais mais sensíveis no processo de urbanização das cidades brasileiras como um todo.

Esse fato é comprovado pela perda de vegetação em Belo Horizonte, avaliado pelo NDVI, entre os anos de 1984 a 2021, para o município como um todo e nesse processo de perda da vegetação, a presente pesquisa demonstrou uma autocorrelação da vegetação em Belo Horizonte, com a existência de setores censitários com alto-alto e baixo-baixo de vegetação com condições de um padrão com efeito que se estende espacialmente.

Esse resultado demonstrou que a vegetação ocorre espacialmente desigual no território intraurbano, indicando a possibilidade de relações às variáveis externas às questões puramente ambientais, que nesse estudo, foram avaliadas variáveis sobre a desigualdade sociais e econômicas.

As variáveis socioeconômicas que melhor responderam ao modelo da correlação foram índice de Gini; população negra; moradores de domicílios do tipo casa e; rendimento. Essas variáveis possuem diferenciações socioespaciais em Belo Horizonte, com características distintas.

Ao analisar a correlação entre densidade de vegetação e as variáveis socioeconômicas, essas explicam parte da variabilidade da vegetação observada, contudo, pode-se afirmar que a realidade socioeconômica não é o fator chave que se relaciona com a heterogeneidade da cobertura vegetal na cidade.

Contudo, os resultados demonstram fortes relações na escala do lugar, ou do bairro, coexistindo associações diversas, não sendo homogênea para todas as ocorrências significativas. Demonstrando a complexidade da relação ambiental no espaço urbano, refletida no elemento natural da vegetação.

Os resultados encontrados permeiam discussões sobre modelos de cidade compacta e cidade difusa, hierarquias da desigualdade social e racial, agricultura urbana e arborização viária e seus efeitos ambientais refletidos na vegetação, além da importância da existência de áreas verdes protegidas no município.

As áreas verdes protegidas exercem papel fundamental na manutenção da vegetação ao longo do período analisado, pois a vegetação ocorre de forma mais expressiva nessas áreas, as quais concentram a maior parte da cobertura vegetal de maior densidade remanescente.

A partir dos resultados encontrados, percebe-se que a vegetação representa um importante elemento natural do meio ambiente urbano, balizador do fenômeno da urbanização no tempo, síntese dos processos que ocorreram e que se evidenciam de diversos modos, apresentando uma variedade consoante ao tamanho e à complexidade urbana.

Nesse sentido, a questão ambiental surge aqui como um importante condicionante para esta dimensão da dispersão urbana, pois tanto suas causas como seus efeitos estão relacionados.

Além do mais, percebe-se a valorização das questões ambientais do ambiente urbano, em que a permeabilidade e a vegetação são aceitas como agente amenizador do efeito de mudanças ambientais, contribuindo por exemplo, para a redução das temperaturas e para melhor qualificação dos espaços livres, sendo considerado um componente essencial da qualidade de vida nas cidades.

Essa percepção ocorre após o rápido, intenso e fluido processo de urbanização das cidades brasileiras, condições marcadas por uma intensa atuação de sobreposição de formas artificiais ao meio natural; como a eliminação da vegetação.

A partir deste estudo, pode-se entender que a análise urbana, assumindo o olhar ambiental, há que se estar centrada nas condições ecológicas adequadas às a cada contexto, enfatizando suas relações com a diversidade social e biológica e que o espaço não é algo neutro e imutável, mas pelo contrário, o espaço é social e politicamente construído, incluindo-se as relações com o meio ambiental.

Levanta-se, portanto, o aprimoramento das formas de ocupação e produção do espaço social, em confronto ao modelo de urbanização extensiva, tanto para enfrentar problemas urbanos e ambientais ao nível local, da vida cotidiana, quanto para questões globais da crise ambiental e da sociedade.

Este estudo demonstra a relevância da experiência empírica, a partir da utilização de ferramentas e técnicas de análise ambiental e de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), sobretudo, do sensoriamento remoto. Da percepção das funções ecológicas e das múltiplas perspectivas socioterritoriais em

escalas que variam do global ao local, que instiga adaptações ambientais para a escala dos bairros, para as propostas contemporâneas de adensamento urbano com qualidade ambiental.

No âmbito da disponibilidade da vegetação no ambiente urbano, debate-se a importância ambiental das cidades e que essas não são “espaços mortos” do ponto de vista ecológico e sobre a necessidade da distribuição de áreas vegetadas pelo espaço intraurbano. A disponibilidade de áreas verdes para toda a população das cidades pode ser considerado um fator minimizador das desigualdades socioambientais vivenciadas no espaço da cidade.

Por fim, como o direito à moradia, infraestrutura, condições de renda, de trabalho e de igualdade racial, amplia-se a referência, também com o direito à qualidade ambiental, resgatando e reconhecendo o acesso à biodiversidade, à cultura e ao espaço como um direito essencial das pessoas e das coletividades, enfim, o direito à cidade de forma ampla.

5. REFERÊNCIAS

BACELAR, N.P. **Como colocar em prática o que sabemos sobre biodiversidade urbana?** Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/10400.2/9091>. Acesso em: 10/05/2022.

BORSAGLI, A. **Do convívio à ruptura: A cartografia na análise histórico-fluvial de Belo Horizonte (1894/1977)**. Orientador: José Flávio Moraes Castro. 2019. 224p. Dissertação (mestrado em Tratamento da Informação Espacial) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

CARVALHO, L.M. T.; SCOLFORO, J.R.S. **Inventário Florestal de Minas Gerais: monitoramento da flora nativa 2005-2007**. Lavras: UFLA, 2008. 318 p.

COSTA, H.S.M. **Planejamento e ambiente em regiões metropolitanas**. In: MARTINE, G. (Ed.). População e sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira. Belo Horizonte: ABEP, 2012.

COSTA, H.S.M. **Mercado imobiliário, estado e natureza na produção do espaço metropolitano**. In: COSTA, H. et al. Novas periferias metropolitanas. Belo Horizonte: Editora C/Arte, 2006.

COSTA, S.A. P. et al. **Os espaços livres na paisagem de Belo Horizonte. paisagem ambiente: ensaios**. São Paulo. 2009.

FERNANDES, P.C.A. **Transcendências da forma: O projetado, o induzido e o espontâneo em Belo Horizonte**. Anais. Sessões Temáticas XVII ENANPUR. São Paulo, 2017.

GOMES, A.C.F.C. **Morfologia urbana: Solução generativa paramétrica**. Orientador: Alexandra Paio. 2014. 71p. Dissertação (mestrado em Arquitetura). Iscte - Instituto Universitário de Lisboa. Lisboa, 2014.

GÓMEZ, D.E. **La ecología política urbana: Una disciplina emergente para el análisis del cambio socioambiental en entornos ciudadanos**. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 2006.

HARVEY, D. **A condição pós-moderna: Uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. São Paulo: Loyola, 2002.

HARVEY, D. **Justice, nature and the geography of difference**. Oxford: Blackwell Publishers, 1996.

LAMAS, J.M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Fundação Calouste Gulbenkian, 1993.

LEFÈBVRE, H. **Espaço e política**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

LOPES, A.D.C. **A flora vascular da crista da Serra do Curral**. Orientador: João Renato Stehmann, 2019. 86p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

MAGALHÃES Jr., A.; Saadi, A. **Ritmos da dinâmica fluvial Neo-Cenozóica controlados por soerguimento regional e falhamento: O vale do Rio das Velhas na região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil**. Geonomos 2. Belo Horizonte, 1994.

MARICATO, E. **Metrópole, legislação e desigualdade**. Estudos Avançados 17 (48), 2003.

MONTE-MÓR. R.L. **Urbanização extensiva e lógicas de povoamento: Um olhar ambiental**. Capítulo de livro publicado em SANTOS, Milton et. al. (orgs.) Território, globalização e fragmentação. São Paulo: Hucitec/Anpur, 1994.

MORAIS, P.H.A. **Trânsitos na cidade moderna latino-americana: Uma possível aproximação**. Anais. Sessões Temáticas XVI ENANPUR. Belo Horizonte, 2015.

SWYNGEDOUW, E. **A cidade como um híbrido: natureza, sociedade e “Urbanização-Ciborgue”**. In ACSELRAD, H. (org.). A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. Rio de Janeiro: DP&A, Lamparina, 2001.

SWYNGEDOUW, E. **Social power and the urbanization of water: Flows of power**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

SWYNGEDOUW, E; HEYNEN N. C. **Urban political ecology, justice and the politics of scale**. Antipode, 35. 2003.