

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DELEON ARAUJO COSTA GONÇALVES

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE DIFERENTES GEOTECNOLOGIAS E
FERRAMENTAS ASSOCIADAS EM ANÁLISES URBANÍSTICAS DE
ASSENTAMENTOS INFORMAIS E ADJACÊNCIAS NA CIDADE DE BELO
HORIZONTE E NO DISTRITO FEDERAL.

Belo Horizonte

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DELEON ARAUJO COSTA GONÇALVES

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE DIFERENTES GEOTECNOLOGIAS E
FERRAMENTAS ASSOCIADAS EM ANÁLISES URBANÍSTICAS DE
ASSENTAMENTOS INFORMAIS E ADJACÊNCIAS NA CIDADE DE BELO
HORIZONTE E NO DISTRITO FEDERAL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais do Instituto de
Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial para obtenção do título de mestre em Análise e
Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Timbó Elmiro

Belo Horizonte

2022

G635a
2022

Gonçalves, Deleon Araujo Costa.

Avaliação da aplicabilidade de diferentes geotecnologias e ferramentas associadas em análises urbanísticas de assentamentos informais e adjacências na cidade de Belo Horizonte e no Distrito Federal [manuscrito] / Deleon Araujo Costa Gonçalves. – 2022.

99 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Marcos Antônio Timbó Elmiro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2022.

Bibliografia: f. 93-99.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Planejamento urbano – Belo Horizonte (MG) – Teses. 3. Planejamento urbano – Distrito Federal (Brasil) – Teses. 4. Geociências -- Inovações tecnológicas – Teses. 5. Geoprocessamento – Teses. 6. Mapas temáticos – Teses. I. Elmiro Timbó, Marcos Antônio. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 911.2:519.6



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

"O potencial dos recursos de geotecnologias e programas correlacionados para análise urbanística em assentamentos informais e suas cercanias."

DELEON ARAUJO COSTA GONÇALVES

Defesa de Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **30 de junho de 2022**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Marcos Antônio Timbó Elmiro - Orientador

Universidade Federal de Minas Gerais.

Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

Universidade Federal de Minas Gerais

Marcelo Antônio Nero

Universidade Federal de Minas Gerais

Juliana Machado Coelho

Universidade de Brasília

Belo Horizonte, 30 de junho de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Antonio Nero, Professor do Magistério Superior**, em 12/07/2022, às 14:26, 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 **Ursula Ruchkys de Azevedo, Chefe de departamento**, em 25/07/2022, às 15:47, 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 **Juliana Machado Coelho, Usuário Externo**, em 27/07/2022, às 08:07, 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 **Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega, Professor do Magistério Superior**, em 08/08/2022, às 16:46, 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 **Marcos Antonio Timbo Elmiro, Professor do Magistério Superior**, em 09/08/2022, às 12:22, 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 **1557510** e o código CRC **4611D973**.

Dedico à minha família, a amigos e amigas que me apoiaram nessa empreitada e aos
liquidadores de Chernobyl.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o Rei dos reis, o que sabe de todas as coisas, que nos dá o discernimento, e sempre nos guia ao longo do mar furioso.

Aos meus pais, e ao meu irmão Rubem, pelo apoio, compreensão e companheirismo, ao longo de toda a minha jornada até aqui.

À Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), pela oportunidade de adquirir conhecimento tão precioso a minha vida pessoal e profissional, o qual levarei para todo o sempre.

Ao professor Marcos Antônio Timbó Elmiro, pela paciência, ensinamentos e compreensão nos momentos difíceis.

Ao Governo do Distrito Federal (GDF), pela chance do ingresso no mestrado; uma rica experiência que possibilitou grande aprendizado acadêmico, profissional e para a vida.

Ao Instituto de Geociências (IGC) da UFMG, que me acolheu com muita dedicação e me ensinou tanto em tão pouco tempo. Agradeço também pela concessão da bolsa de mestrado entre julho de 2020 e junho de 2021, fato que deu suporte à realização do trabalho.

Ao corpo técnico da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, que, de forma sempre gentil e célere, atendeu todas as minhas solicitações.

À família Dias, sem a qual essa jornada teria sido muito mais árdua.

À cidade de São Luís, Maranhão, a terra que me viu nascer e que me fez.

À Brasília, e a sua, como diria Arthur Schopenhauer, “música congelada”, que mudou minha vida para sempre.

À cidade de Belo Horizonte, que me recebeu tão bem há quase 16 anos, fazendo com que me sentisse mineiro desde o primeiro dia.

Ao meu grande amor, meu filho Laureano, cujo nascimento representou o início da minha vida, de fato. Ele foi uma das grandes forças que me fez chegar até aqui.

Põe tudo que és no mínimo que fazes.

(Fernando Pessoa)

RESUMO

As cidades, cada vez mais, têm sido ocupadas por assentamentos informais cujo surgimento e crescimento ocasionam problemas urbanísticos e sociais de difícil solução. Em certos casos, tais ocupações ocorrem em razão da inação do poder público quanto à sua requalificação ou remoção. Como tentativa de solucionar a questão, recursos de geoprocessamento, alguns dos quais gratuitos, têm sido utilizados no planejamento urbano. Assim, esta pesquisa teve por objetivo principal avaliar quão viável é o uso de tais recursos, quanto às métricas da paisagem, à qualidade temática, à geração de informações urbanísticas. A avaliação usou dados da cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais e do Distrito Federal. Dois tipos de área foram analisados: um maior, abrangendo a totalidade de ambos os territórios, extraíndo suas métricas; e a outra análise considerou as métricas da paisagem e acurácia temática de mapas do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte e do Setor Habitacional Sol Nascente (SHSN), no Distrito Federal, ambas originalmente informais. Foram usados programas SIG (Sistemas de Informações Geográficas), dados disponibilizados pelo Projeto MapBiomas, pela Prefeitura de Belo Horizonte e pelo Governo do Distrito Federal, estes dois últimos na forma de dados LIDAR (*Light Detection and Ranging*-Laser Escaner Aéreo) e ortofotos. Também foram produzidos mapas para análises urbanísticas. Verificou-se que as métricas da paisagem ilustraram as grandes mudanças no uso e ocupação do solo tanto em Belo Horizonte quanto no Distrito Federal, entre 1985 e 2020. Já os resultados das métricas da paisagem do Aglomerado da Serra sofreram relevante influência da classificação imprecisa proporcionada pelo LIDAR, na qual o asfalto foi, equivocadamente, representado como vegetação. Essa imprecisão também exerceu influência na baixa acurácia temática global de seu mapa, que foi de 39%. Para as métricas da paisagem do SHSN, verificou-se a ausência da classe “Asfalto” nas informações extraídas dos dados LIDAR, que veio representada como “Solo”, sendo, para seu mapa, obtida a acurácia temática global de 79%. Mesmo com precisão limitada, foi observado que os mapas gerados têm potencial de utilização, em análises urbanísticas preliminares.

Palavras-chave: Aglomerado da Serra; Acurácia Temática de Mapas; Geotecnologias; Ocupações Irregulares; Planejamento Urbano; Sol Nascente/Pôr do Sol; Setor Habitacional Sol Nascente.

ABSTRACT

Cities have increasingly been occupied by informal settlements, whose appearance and growth cause urban and social problems that are difficult to solve. In certain cases, such occupations occur due to the inaction of the public power regarding to their requalification or removal. In an attempt to solve the issue, geoprocessing resources, some of which are free of charge, have been used in urban planning. Thus, this research had as main objective to evaluate how feasible is the use of such resources regarding landscape metrics, thematic quality, and generation of urbanistic information. The evaluation used data from the city of Belo Horizonte in Minas Gerais and the Distrito Federal. Two types of areas were analyzed: one larger, covering the totality of both territories, extracting their metrics; and the other analysis considered the landscape metrics and thematic accuracy of maps of the Aglomerado da Serra, in Belo Horizonte and the Habitational Sector Sol Nascente (SHSN), in the Distrito Federal, both originally informal. We used GIS (Geographic Information Systems) programs, data made available by the MapBiomias Project, by the Belo Horizonte City Government and by the Government of Distrito Federal, the latter two in the form of LIDAR (Light Detection and Ranging-Laser Aerial Scanner) data and orthophotos. Maps were also produced for urbanistic analysis. It was found that the landscape metrics illustrated the major changes in land use and occupation in both Belo Horizonte and the Federal District between 1985 and 2020. The results of the landscape metrics of the Aglomerado da Serra suffered relevant influence from the inaccurate classification provided by LIDAR, in which asphalt was mistakenly represented as vegetation. This inaccuracy also influenced the low global thematic accuracy of its map, which was 39%. For the SHSN landscape metrics, it was verified the absence of the class "Asphalt" in the information extracted from the LIDAR data, which was represented as "Soil", so that it was obtained the global thematic accuracy of 79% for its map. Even with limited accuracy, it was observed that the maps generated have potential for use in preliminary urbanistic analysis.

Keywords: Aglomerado da Serra; Map Accuracy; Geotechnologies; Kappa Index; Irregular Occupations; Urban Projects; Sol Nascente/Pôr do Sol; Setor Habitacional Sol Nascente.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Componentes do LIDAR	26
Figura 2: Computador de bordo da aeronave medição (Varredura LIDAR).....	27
Figura 3: Esquema de funcionamento de um voo LIDAR	28
Figura 4: Mapa temático de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte (MapBiomias)	29
Figura 5: Mapa temático de uso e ocupação do solo do Distrito Federal (MapBiomias)	29
Figura 6: Mapa de Altitude do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte	30
Figura 7: Mapa de Altitude Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal.....	31
Figura 8: Posicionamento dos cômodos de uma residência em relação ao sol	32
Figura 9: Mapa de Aspecto do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte	32
Figura 10: Mapa de Altitude Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal.....	33
Figura 11: Representações de terreno em aclave e terreno plano	34
Figura 12: Mapa de Declividade do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte.....	34
Figura 13: Mapa de Declividade de Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal....	35
Figura 14: Mapa de Relevo Sombreado do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte.....	36
Figura 15: Mapa de Relevo Sombreado do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal	36
Figura 16: Mapa de Curvas de Nível do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte	37
Figura 17: Mapa de Curvas de Nível do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal	38
Figura 18: Imagem de satélite da cidade de Belo Horizonte.....	39
Figura 19: Imagem do Distrito Federal	39
Figura 20: Mapa de localização da cidade de Belo Horizonte em Minas Gerais.....	44
Figura 21: Divisão do Aglomerado da Serra e sua localização na cidade de Belo Horizonte .	46
Figura 22: Localização do Distrito Federal no Brasil.....	47
Figura 23: Mapa de divisão do Distrito Federal	47
Figura 24: Mapa de localização do Sol Nascente/Pôr do Sol no Distrito Federal.....	48
Figura 25: Fluxograma da metodologia aplicada na pesquisa.....	51
Figura 26: Parte do relatório gerado com informações do arquivo LIDAR-Aglomerado da Serra	53
Figura 27: Mapa indicativo das articulações das ortofotos e arquivos .las utilizados na composição do mosaico Aglomerado da Serra.....	53

Figura 28: Parte do relatório gerado com informações do arquivo LIDAR-Sol Nascente/Pôr do Sol.....	55
Figura 29: Códigos do SICAD referentes ao Setor Habitacional Sol Nascente.....	55
Figura 30: Classificação de uso do solo da Cidade de Belo Horizonte conforme dados do MapBiomias.....	57
Figura 31: Classificação do Distrito Federal conforme dados do MapBiomias.....	59
Figura 32: Mapa de uso e ocupação do solo (LIDAR 2015) do Aglomerado da Serra.....	61
Figura 33: Mapa de uso e ocupação do solo (LIDAR 2016) do SHSN.....	62
Figura 34: Localização das amostras para a avaliação da acurácia (Ortofoto 2015)	63
Figura 35: Localização das amostras para a avaliação da acurácia temática (mapa de uso do solo dos dados LIDAR 2015).....	64
Figura 36:Localização das amostras para a avaliação da acurácia temática de imagem de satélite (06/2016)	66
Figura 37: Localização das amostras para a avaliação da acurácia temática de mapa de uso do sol/o (Geoportal 2016).....	67
Figura 38: Mapa de Altitude e Relevo Sombreado do Aglomerado da Serra.....	69
Figura 39: Mapa de Aspecto do Aglomerado da Serra	69
Figura 40: Mapa de Declividade do Aglomerado da Serra	70
Figura 41: Ortofoto do Aglomerado da Serra-2007	70
Figura 42: Ortofoto do Aglomerado da Serra-2015	71
Figura 43: Mapa de elevações e depressões do terreno entre 2007 e 2015 (Aglomerado da Serra)	71
Figura 44: Mapa de elevações e depressões da superfície entre 2007 e 2015 (Aglomerado da Serra)	72
Figura 45: Mapa de Altitudes do MDS menos altitudes do MDT	72
Figura 46: Mapa Relevo Sombreado com Curvas de Nível	73
Figura 47: Mapa de Altitude e Relevo Sombreado	73
Figura 48: Mapa de Declividade	74
Figura 49: Aspecto SHSN	74
Figura 50: Mapa de Altitudes do MDS menos altitudes do MDT	75
Figura 51: Mapa Relevo Sombreado com Curvas de Nível	75
Figura 52: Classes do MapBiomias presentes tanto em Belo Horizonte quanto no Distrito Federal	77

Figura 53: Santana do Cafezal: Comparação entre o Uso do Solo e Imagem de Drone (2015)	80
Figura 54: Sol Nascente/Pôr do Sol: Comparação entre o Uso do Solo e Imagem de Drone (2015)	81
Figura 55: Gráfico ilustrando Altitudes do MDS menos altitudes do MDT	84
Figura 56: Gráfico com sobreposição do MDT 2007 e MDT 2015 de trecho do Aglomerado da Serra	85
Figura 57: Gráfico com sobreposição do MDS 2007 e MDS 2015 de trecho do Aglomerado da Serra	85
Figura 58: Comparação de imagens mostrando diferenças na superfície (Aglomerado da Serra)	86
Figura 59: Relação entre o MDS e o MDT (Aglomerado da Serra-2015)	86
Figura 60: Gráfico ilustrando Altitudes do MDS menos altitudes do MDT	87
Figura 61: Relação entre o MDS e o MDT	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição das métricas da paisagem do Fragstats usadas na pesquisa.....	41
Tabela 2: Resumo de revisão bibliográfica	50
Tabela 3: Evolução da Área das Classes (CA em km ²), Porcentagem da Paisagem (PLAND) e Número de Fragmentos (NP) para o período entre 1985 e 2020.....	58
Tabela 4: Evolução da Área das classes (CA), Porcentagem da Paisagem (PLAND) e número de fragmentos (NP) para o período entre 1985 e 2020 (<i>Software Fragstats</i>)	60
Tabela 5: Informações dos mapas de Uso e Cobertura do Solo do Aglomerado da Serra-Ano de 2015	61
Tabela 6: Informações dos mapas de Uso e Cobertura do SHSN	62
Tabela 7: Matriz de Erro (Matriz de Confusão) Aglomerado da Serra.....	65

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARIS	Área de Regularização de Interesse Social
CA	<i>Class Area</i> (Área da Classe)
CTAH	Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado
DF	Distrito Federal
GDF	Governo do Distrito Federal
GIS	<i>Geographic Information System</i> (Sistema de Informação Geográfica)
GEF	<i>Global Environment Facility</i> (Fundo Global para o Meio Ambiente)
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i> (Sistema Global de Navegação por Satélite)
FOV	<i>Field of View</i> (Campo de Visão)
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i> (Unidade de Medição Inercial)
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i> (Laser Escaner Aéreo)
MAPBIOMAS	Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
NP	<i>Number of Patches</i> (Número de Fragmentos)
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PDOT	Plano Diretor de Ordenamento Territorial
PGE	Plano Global Específico
PLAND	<i>Percentage of Landscape</i> (Porcentagem da Paisagem)
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRODABEL	Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte
RRCM	Rede de Referência Cadastral Municipal
SICAD	Sistema Cartográfico do Distrito Federal
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SHSN	Setor Habitacional Sol Nascente
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UN	<i>United Nations</i> (Organização das Nações Unidas)
UTM	Universal Transverso de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Contexto em que se insere a pesquisa	16
1.2 Objetivo principal.....	22
1.3 Objetivos específicos.....	22
1.4 Estrutura da pesquisa.....	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1 Métricas da paisagem	23
2.2 LIDAR (Light Detection and Ranging).....	24
2.3 Dados e análises de geoprocessamento derivados de modelos altimétricos (MDS ou MDT) e de imagens de sensoriamento remoto utilizados na pesquisa.....	28
2.4 Relação entre o uso dos dados LIDAR e o planejamento urbano	40
2.5 Qualidade de Mapas Temáticos Derivados de Sensoriamento Remoto	42
3 METODOLOGIA.....	43
3.1 Área de Estudo	43
3.2 Belo Horizonte e Aglomerado da Serra (Caracterização da Área).....	44
3.3 Distrito Federal e Setor Habitacional Sol Nascente (Caracterização da Área) ..	46
3.4 Busca dos textos científicos para o suporte metodológico da pesquisa	49
3.5 Etapas da metodologia: descrições e detalhamentos	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
4.1 Métricas da paisagem de Belo Horizonte (Minas Gerais) e do Distrito Federal (MapBiomias).....	56
4.2 Métricas da paisagem do Aglomerado da Serra e do SHSN (LIDAR)	60
4.3 Acurácia temática dos mapas (Aglomerado da Serra e SHSN).....	63
4.4 Análises Urbanísticas (Aglomerado da Serra e SHSN).....	68
5 SÍNTESE DAS DISCUSSÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	76

5.1 Métricas da paisagem em Belo Horizonte e no Distrito Federal com o uso do <i>Fragstats</i> :.....	76
5.2 Métricas da paisagem no Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte e no SHSN, no Distrito Federal com o uso do <i>Fragstats</i> :	77
5.3 Acurácia temática dos mapas:	79
5.4 Análises urbanísticas (aspectos gerais).....	81
5.5 Análises urbanísticas (aspectos pontuais de interesses singulares)	83
5.6 Conquistas efetivas	88
5.7 Avaliação Geral dos recursos de geoprocessamento	90
5.8 Recurso de geoprocessamento e Análises Urbanísticas	91
5.9 Agenda 2030.....	91
REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo, a pesquisa realizada é contextualizada, dando-se destaque para a importância do geoprocessamento no planejamento urbano, definindo-se a hipótese do trabalho, apresentando-se aspectos relevantes da legislação pertinente ao estudo, caracterizando-se sua inserção social, estabelecendo-se a justificativa, além das contribuições esperadas. Também, são estabelecidos os objetivos da pesquisa e apresentada a estrutura geral do texto.

1.1 Contexto em que se insere a pesquisa

A partir de 1950, o mundo tem mudado de forma veloz. A população urbana cresceu, passando de 746 milhões de habitantes em 1950 (29,6% da população mundial) para 2,85 bilhões em 2000 (46,6%), chegando a 3,96 bilhões em 2015 (54%). Espera-se que esse total chegue a 5,06 bilhões até 2030 (60% da população mundial) (ONU, 2015). Os impactos e consequências decorrentes dessa concentração populacional em grandes centros podem ser atenuados desde que sejam seguidos os regramentos de uma ocupação mais ordenada. Essa organização passa, obrigatoriamente, pela aplicação dos preceitos inerentes ao planejamento urbano.

Ferramenta indispensável na criação de cidades com melhor ordenamento, o conceito de planejamento urbano passa pela organização dos espaços urbanos de forma específica (VILLAÇA, 1999) que busca melhorar a qualidade de vida de seus habitantes, além de desenvolver estruturas para o espaço urbano organizado (HOFFMANN *et al*, 2011). O planejamento urbano contemporâneo tem seu foco na recuperação e ocupação dos espaços obsoletos para atividades industriais e no desenvolvimento econômico da cidade, além de valorizar cada vez mais a qualidade de vida de seus ocupantes. Algumas renovações e intervenções usam o mesmo solo e até o mesmo desenho espacial existente (CAVALCANTI, 2008).

A concepção de ferramentas fundamentais ao planejamento urbano é muito favorecida pela implementação dos recursos de geoprocessamento, visto que por meio deles, são tratadas questões relativas aos critérios de seleção de sítios urbanos, estudos de suscetibilidade, análise de riscos de impactos ambientais, preservação e reabilitação de áreas degradadas. Este conhecimento tem como objetivo orientar o planejamento, a ocupação, o manejo e a conservação destas áreas ou porções do território (SILVA JÚNIOR, 2019). Com relação à

gestão dos recursos públicos, o geoprocessamento também tem se mostrado uma excelente ferramenta que auxilia o planejamento urbano (SILVA, 2018), uma vez que melhora a eficiência administrativa, podendo contribuir com o aumento da arrecadação, racionalização dos gastos e com uma gestão mais inteligente da cidade (MCTI; GEF; PNUMA, 2019).

A cidade é formada por meio de processos conflitantes e dinâmicos, em contraponto ao idealismo no modo de pensar a cidade, que até hoje possui posições fortes na arquitetura brasileira. A cidade só se curvaria a “ideologias e geometrias” caso fosse reduzida ao ponto de perder a sua complexidade e destacar-se da sociedade. A cidade real não se submete às vontades de arquitetos e arquitetas, exigindo deles a compreensão de seus conflitos além da conciliação de suas ideias com a sociedade real, reinventando-se perenemente (GUEDES *et al.*, 2008).

Nos centros urbanos do Brasil, a configuração que resulta das práticas do uso e ocupação do solo está atrelada aos impactos sócio ambientais decorrentes das especificidades de cada localidade, de modo que, sua não observação nos processos de planejamento e gestão urbana pode promover cenários de vulnerabilidade a riscos. Tal situação demonstra a importância da adoção de novas ferramentas passíveis de aplicação no planejamento e na gestão urbana, objetivando a restrição de processo de ocupação equivocados, além garantir condições de uma vida saudável no meio urbano (SANTOS *et al.*, 2021).

A partir da complexidade dos fenômenos urbanos (de origem ambiental, cultural, econômica e social) que devem ser considerados no planejamento urbano, especialistas, técnicos e acadêmicos têm lançado mão do geoprocessamento e de um de seus principais recursos, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para a construção de propostas de planejamentos mais assertivos. De forma complementar, a rápida evolução das tecnologias, principalmente na área da informática e comunicação, ocorrida desde meados do século XX, particularmente nas últimas décadas, possibilita encontrar estudos que apresentam a aplicabilidade do geoprocessamento no planejamento urbano (SILVA *et al.*, 2021).

Os SIG's podem ser considerados uma eficiente ferramenta capaz não só de armazenar, quantificar e manipular dados georreferenciados, mas também de cruzar esses dados e tratá-los estatisticamente (FUJACO; LEITE; MESSIAS, 2010), tornando mais acessível o processo de análise integrada para a gestão e planejamento territorial. Os SIG's têm sido muito úteis para a administração pública, possibilitando uma visão mais ampla sobre a cidade e ajudando na tomada de decisões (SILVA *et al.*, 2017). Seu uso na análise espacial de dados permite tanto uma visão geral da cidade, quanto a representação conjunta de seus vários elementos territoriais, além do detalhamento espacial dos temas tratados (MCTI; GEF; PNUMA, 2019).

Em razão de sua amplitude de atuação, os SIG's alcançam vários setores da gestão pública, dentre os quais criação e manipulação de bases cartográficas; planejamento do uso e ocupação do solo; manutenção dos cadastros imobiliários para fins de regularização e tributação; definição de áreas para instalação de equipamentos públicos – escolas, hospitais, etc.; monitoramento de novas ocupações no território; análise e estudo sobre a densidade populacional e aspectos socioeconômicos; ou análise e estudo da viabilidade de projetos (MCTI; GEF; PNUMA, 2019).

A utilização do SIG's juntamente com imagens de satélites, além de trazer contribuições para o desenvolvimento de planos diretores, ajuda o poder público a planejar e disponibilizar suas ações (CAVENAGHI; LIMA, 2006), assim como informações relacionadas à saúde, educação, habitação e Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). Além disso, o SIG agiliza o direcionamento das decisões das prefeituras na área tributária e no planejamento urbano (SILVA; DAVID; BIANCHI, 2017). O SIG também pode ajudar o poder público em um senso social, obtendo um banco de dados com uma vasta quantidade de informações de famílias residentes em determinado local. Com essas informações, é possível direcionar futuras políticas de investimentos, desenvolvimento e ações sociais (DORETTO; MONTANHA, 2006).

Além dessas contribuições, estradas pavimentadas, transporte público coletivo, coleta de lixo, distribuição e tratamento de água, dos quais se espera a melhor qualidade possível, podem ser distribuídos geograficamente pela cidade, tendo-se a devida ciência de suas respectivas informações, o que é essencial para o seu bom funcionamento ou implantação (ORESTES; LOPES, 2015).

Um dos vários temas intrínsecos à legislação de ordenamento territorial são ações de integração, regularização, urbanização, requalificação, reconversão e prevenção da formação de assentamentos informais. Esses locais representam a solução imediata diante da necessidade de residência dos grupos excluídos da cidade formal. Esses assentamentos são caracterizados por ocupações precárias, em locais improvisados, que por vezes, oferecem riscos a seus habitantes, erigidos sem as mais básicas regras e técnicas arquitetônicas, e que têm como algumas das principais razões de existência, a falta de planejamento urbano (denotando descaso do poder público, em algumas situações) e marginalização por parte do mercado imobiliário, e pelas condições por ele expostas (SANTOS *et al*, 2018).

O padrão em *colcha de retalho* de nosso tecido urbano é o elemento que mais decisivamente colabora para a construção de um *espaço de fragmentação*, que progressivamente compromete as qualidades de percepção e apreensão, ao se tornar

continuamente menos acessível e permeável. São agravados, portanto, os estados de segregação espacial e derivados – distanciamento entre ricos e pobres, dificuldade de locomoção, concentração de renda, baixa produtividade, etc.

O termo “propriedades em situações irregulares” remete à expressão “assentamentos informais”, são também conhecidos como aglomerados subnormais; favelas; assentamentos precários; invasões; ocupações irregulares; complexos; vilas e/ou similares; e correspondem aos termos comumente utilizados para as comunidades que tomam posse de uma propriedade particular ou de natureza pública para os fins de moradia (TEMBA *et al*, 2017). A existência dessas favelas ou assentamentos informais é comum na maioria das cidades dos países em desenvolvimento. Seu papel como mecanismo único de fornecimento de moradia tem desafiado seriamente o que é aplicado pelos formuladores de políticas, projetistas e arquitetos. (ROY *et al*, 2014).

Mesmo que desde seus primórdios, as favelas tenham sido tratadas como espaços criminalizados, o novo estatuto de separação indica função social análoga às prisões, ou seja, as favelas que se desligaram dos circuitos econômicos metropolitanos tornam-se progressivamente formas urbanas de reclusão territorial de grupos excluídos (NEMISI *et al*, 2022).

A despeito da precariedade predominante nessas ocupações irregulares, convém ressaltar que no Brasil, a política urbana é regulada pelo disposto na Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, conhecida como “Estatuto das Cidades”, pelo qual é regulamentado o capítulo “Política Urbana” da Constituição Federal de 1988. Neste trecho da Carta Cidadã é tratado o conjunto de diretrizes e normas para a execução da política urbana, incluindo o planejamento urbano participativo, gestão democrática, além de cooperação entre governos e a garantia e proteção do direito a cidades sustentáveis (BRASIL, 1988).

Ainda com relação à questão legal e, mantendo a consonância com o foco desta pesquisa, destaca-se agora, no âmbito distrital, o Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT) pelo qual é regida a política urbana do Distrito Federal (Lei Complementar nº 803/2009, atualizada pelo contido na Lei Complementar nº 854/2012), que foi adequado ao disposto no estatuto das cidades. O PDOT tem por objetivo propiciar o desenvolvimento pleno das funções sociais da propriedade urbana e rural e o uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado de seu território, de forma a assegurar o bem-estar de seus habitantes (DISTRITO FEDERAL, 2009).

Em adendo, é relevante destacar também o Plano Diretor da cidade de Belo Horizonte, Lei Municipal nº 11.181/19, pelo qual foi estabelecido regramento de ordenamento da cidade, além de questões relacionadas à organização e desenvolvimento urbano, ao meio ambiente, à habitação social, ao patrimônio histórico e cultural, à mobilidade, bem como do tratamento e a relação dos espaços públicos e privados (BELO HORIZONTE, 2019).

Mesmo que estejam em vigor dispositivos legais como os apresentados, os quais conferem poderes ao Estado para agir de modo a prover crescimento ordenado das cidades, o avanço dos aglomerados subnormais persiste, de modo contumaz. Uma das consequências geradas por esse crescimento é o surgimento ou manutenção de propriedades em situações irregulares. Para que esse crescimento não seja excessivamente descontrolado, o Estado deve controlar e fiscalizar a ocupação e distribuição da população no solo urbano, evitando assim a superlotação em determinadas regiões e, em contrapartida, deve fazer com que outras regiões sejam despovoadas. Um dos principais instrumentos do ordenamento jurídico brasileiro, garantidor do desenvolvimento regular do meio urbano, é a Lei nº 6.766/1979, na qual é tratado o Parcelamento do Solo Urbano no Brasil (SILVA, 2018; BRASIL, 1979).

Segundo o disposto nessa lei, os projetos de parcelamento de solo, normalmente, demandam as seguintes representações: subdivisão das quadras em lotes; sistema de vias com a respectiva hierarquia; dimensões lineares e angulares do projeto, com raios, cordas, arcos, pontos de tangência e ângulos centrais das vias; perfis longitudinais e transversais de todas as vias de circulação e praças; indicação dos marcos de alinhamento e nivelamento localizados nos ângulos de curvas e vias projetadas; indicação em planta e perfis de todas as linhas de escoamento das águas pluviais (BRASIL, 1979). A utilização de ferramentas de geoprocessamento na concepção dessas representações pode conferir mais precisão ao projeto final.

A investigação sobre a viabilidade de ferramentas gratuitas de geoprocessamento para análises urbanísticas de assentamentos informais tem como uma de suas principais motivações, prestar auxílio à população dos aglomerados subnormais, que não teriam recursos para a contratação de serviços dessa natureza. Portanto, com a elaboração da presente pesquisa, pretende-se contribuir para demonstrar de qual modo os recursos gratuitos de geoprocessamento podem colaborar a para o planejamento urbano e consequente melhoria da qualidade de vida desse nicho populacional.

A relevância do trabalho está no enfoque da questão social, ao demonstrar como ferramentas de geoprocessamento podem tornar as áreas já ocupadas por assentamentos

informais locais com melhores condições de moradia, ainda que o ideal, em certos casos, fosse a remoção dessa população para outras regiões, o que, nem sempre, é possível. Iniciativas de requalificação desse tipo de área, que passam pela construção de cidades e comunidades inclusivas, com segurança, resiliência e sustentabilidade, proporcionando a transformação das comunidades, com redução das desigualdades, da discriminação e da pobreza (ONU, 2002) guardam relação com a melhoria na qualidade de vida da população.

Nesse sentido, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) desenvolveu relevante trabalho ao elaborar produtos cuja finalidade foi orientar estudos topográficos e urbanísticos, sendo eles : norma pela qual são fixadas as condições para a execução de levantamentos topográficos para conhecimento geral do terreno, com vistas à obtenção de informações destinadas a estudos preliminares para projetos, anteprojetos ou projetos básicos ou projetos executivos (ABNT NBR 13133/2021); norma para referenciar demarcações, anteprojetos, projetos, parcelamentos, implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, obras de urbanização, levantamentos de obras como construídas, de cadastros territoriais e de cadastros multifinalitários, e fornecer apoio aos serviços de aerolevantamentos (ABNT NBR 14166/2022); e norma que fixa as condições para a execução de levantamentos topográficos planialtimétricos e cadastrais de imóveis urbanizados com até 25.000 m² objetivando fornecer informações do terreno para fins de estudos preliminares, projetos e edificação (ABNT NBR 14645-1/2001).

Considerando a correlação geoprocessamento *versus* planejamento urbano *versus* população carente, a presente pesquisa pode contribuir em ações relacionadas à Organização das Nações Unidas (ONU), ou seja, o foco da pesquisa em assentamentos informais favorece a criação de ações inclusivas, que podem auxiliar na concretização de alguns dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), a serem alcançados até 2030: (ODS 1) o fim da pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares; (ODS 10) redução das desigualdades dentro dos países e entre eles; e (ODS 11) conversão das cidades e assentamentos humanos em locais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ONU, 2015).

A relação com a Agenda 2030 está no fato de que a implantação de projetos urbanísticos novos ou o estudo/revitalização de espaços existentes pode, por exemplo, reduzir a pobreza, garantindo à população dos assentamentos informais acesso a serviços básicos (ONU, 2015). Há viabilidade também para a redução da exposição e vulnerabilidade de seus habitantes a

desastres econômicos e sociais, decorrentes da ocupação de assentamentos precários (ONU, 2015).

1.2 Objetivo principal

Dada a atual disponibilidade de recursos geotecnológicos, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar a viabilidade da utilização de alguns desses recursos e dados de geoprocessamento, de disponibilidade gratuita, quando aplicados a análises urbanísticas, tendo como foco dois tipos de áreas de estudo: EXTENSAS (abrangendo municípios completos ou similares) e REDUZIDAS (analisando aglomerados ou ocupações irregulares análogas). O estudo foi realizado com dados da cidade de Belo Horizonte e no Distrito Federal abrangendo suas áreas territoriais completas, além de áreas territoriais parciais, estas relacionadas a assentamentos de origem informal: Aglomerado da Serra (Belo Horizonte) e Setor Habitacional Sol Nascente (Distrito Federal).

1.3 Objetivos específicos

- a) Avaliar como o uso de ferramentas de geoprocessamento, originalmente criadas para a análise de caráter ambiental, pode colaborar em estudos urbanísticos;
- b) Explorar a aplicação de recursos do geoprocessamento de alta precisão, em escalas maiores em locais específicos de Belo Horizonte e do Distrito Federal;
- c) Avaliar se, desses recursos gratuitos, é possível a extração de informações úteis e de melhor precisão, para eventuais aplicações em requalificação de assentamentos informais, proporcionando melhor qualidade de vida e ajudando a atender as necessidades básicas desse nicho populacional.

1.4 Estrutura da pesquisa

A presente pesquisa está estruturada em cinco capítulos. No capítulo 1, a pesquisa é apresentada com sua devida contextualização, sendo apresentados também seus objetivos.

No capítulo 2, discorre-se sobre a base teórica da presente pesquisa; a conceitualização de métricas da paisagem; os principais conceitos dos dados LIDAR (*Light Detection and Ranging*-Laser Escaner Aéreo); dos dados e avaliações oriundos de modelos digitais de

elevação e de imagens utilizados na pesquisa; a relação entre SIG's gratuitos, os dados LIDAR e o planejamento urbano; além de uma breve descrição de como foram pesquisadas as referências aos trabalhos que deram suporte a essa dissertação.

No capítulo 3, é descrita a metodologia aplicada à pesquisa, bem como são caracterizadas as áreas de estudo.

No capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos por meio dos procedimentos metodológicos empregados. São apresentadas análises e discussões de métricas da paisagem, acurácia temática de mapas, e informações urbanísticas das áreas de estudo.

No capítulo 5, é feito o fechamento do trabalho com conclusões e recomendações acerca dos resultados obtidos.

Por fim, nas referências bibliográficas, são listadas as fontes que serviram de base científica para a elaboração dessa pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a revisão da literatura que fundamentou essa dissertação, são descritos os principais aspectos das métricas da paisagem; os dados de varredura a laser (LIDAR); os dados e análises de geoprocessamento derivados de modelos digitais de elevação e de imagens de sensoriamento remoto utilizados no trabalho; a relação entre o uso da ferramenta *Fragstats*, dos dados LIDAR e o planejamento urbano e; uma breve descrição de como foram feitas as buscas para a localização dos trabalhos da literatura científica relacionados a essa pesquisa.

2.1 Métricas da paisagem

A paisagem é caracterizada pelas heterogeneidades de um sistema interativo composto por um mosaico de manchas ou fragmentos e classes de manchas. Logo, é na ecologia da paisagem que se examinam as estruturas, funções e dinâmicas que compõem a paisagem, bem como suas implicações (FORMAN, 1995; SUN, 2006).

As métricas espaciais, que têm suas origens ligadas à ecologia da paisagem, surgiram na década de 1980 para o entendimento, análise e descrição de fatores ecológicos e dos elementos estruturais no que se refere à conectividade, complexidade, biodiversidade e fragmentação dos arranjos espaciais (ANTROP, 2000; FORMAN, 1995; HEROLD *et al.*, 2002).

Quanto à análise da estrutura das classes, fragmentos e mosaicos, as métricas da paisagem são algoritmos que têm por função medir a geometria e propriedade espacial, que possibilitam estudos científicos de lógica dedutiva (HEROLD *et al.*, 2002; ZHANG, 2010).

Essas métricas podem ser usadas para o planejamento e diagnósticos da paisagem, na descrição de mudanças, na comparação da configuração e interação dos elementos espaciais de cenários ao longo do tempo (ARCHER, 2013). As métricas da paisagem também possuem grande potencial para a análise de áreas urbanas, visto que podem apontar futuras expansões urbanas, além de fragmentação de uso do solo (DA ROCHA *et al.*, 2016; HEPINSTALL-CYMERMAN *et al.*, 2013; SCHNEIDER; WOODCOCK, 2007).

2.2 LIDAR (Light Detection and Ranging)

As demandas de planejamento urbano, readequações urbanísticas e aplicações similares podem se beneficiar muito da disponibilidade de dados provenientes de sensoriamento remoto. O sistema de perfilamento a laser é um sistema de mapeamento que permite a obtenção de dados digitais de elevação do terreno com excelente precisão e resolução visto que o sensor principal do sistema está localizado em uma aeronave cujo deslocamento sobre a área escolhida é muito rápido se comparado com levantamentos convencionais. O método utiliza a tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*-Laser Escaner Aéreo), sensor remoto ativo que pode ser usado em plataformas aéreas e terrestres (LIMA, 2020).

A tecnologia LIDAR se desenvolveu de forma célere no início da década de 1970, em especial na América do Norte, com experimentos realizados para aplicações em batimetria e hidrografia. O sistema era operado em modo *profile* ou perfil, com a obtenção de um perfil do terreno, extraindo informações sobre as características verticais das estruturas e, a partir deste sistema, no início da década de 1990, começou a ser desenvolvido o *scanner* para suprir necessidades na área da geotecnia (HOLMGREN, 2003).

O LIDAR tem a capacidade de coletar dados em três dimensões do terreno e da superfície, sendo capaz de gerar respectivamente o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS), este também chamado Modelo Digital de Elevação (MDE) (WEHR; LOHR, 1999). O princípio do funcionamento do LIDAR é baseado na medição de distâncias por meio da obtenção da diferença de tempo entre a emissão de um pulso laser em direção a uma superfície e a detecção do sinal refletido (RENSLOW, 2012).

O LIDAR emite pulsos laser em uma determinada frequência, pulsos esses apontados para o solo, realizando varredura da superfície do terreno abaixo da aeronave e registrando a distância até o solo para cada um dos pulsos emitidos. Além disso, é registrada também a posição inercial do conjunto, de modo a conhecer a inclinação de cada feixe em relação à vertical do lugar. A possibilidade de obtenção dos modelos digitais de superfície (MDS) e de terreno (MDT) está na capacidade de registro de diferentes retornos dos pulsos emitidos, sendo o primeiro utilizado para caracterização do modelo digital de superfície e o último para definição do modelo digital de terreno (LIMA, 2020).

O laser se movimenta transversalmente em relação ao sentido do voo com um ângulo de abertura FOV (*Field of View*-Campo de visão) configurável pelo sistema. Este ângulo permite a determinação da largura da faixa abrangida pelo perfilamento a laser, enquanto o movimento da aeronave permite a cobertura na direção de voo (LIMA, 2020).

A configuração dos parâmetros de voo, tais como altitude de voo, sobreposição das faixas, ângulo FOV, e potência do sensor laser são críticas na definição da densidade de pontos que efetivamente atingirão o terreno (pulsos ou pontos por m²). A densidade de pontos está diretamente relacionada ao nível de detalhamento do relevo e ao tamanho dos arquivos criados. Desse modo, é crucial que o planejamento pré-levantamento considere todos os aspectos relacionados às características físicas da área, às escalas e níveis de detalhamento, bem como os recursos disponíveis (LIMA, 2020).

Após os voos, primeiramente é feito o processamento da trajetória através dos dados de posicionamento da aeronave, da base em solo e do sistema IMU (*Inertial Measurement Unit*-Unidade de Medição Inercial), com isto, é feita a correção da trajetória obtendo as coordenadas dos pontos laser medidos. A próxima etapa é o processamento dos arquivos de perfilamento laser para cada uma das faixas para a obtenção da nuvem de pontos georreferenciada ao sistema de coordenadas adotado. Neste momento é feito o ajustamento das faixas de voo, tendo como referência uma faixa cruzada e também o ajustamento da altimetria a partir de pontos coletados em campo (LIMA, 2020).

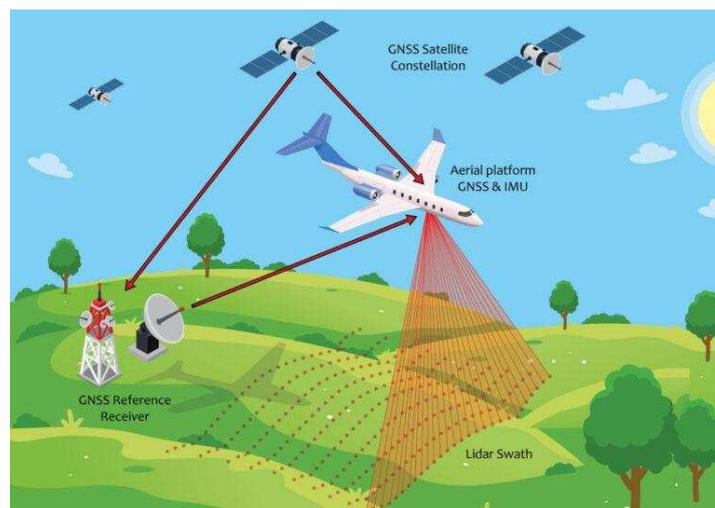
A nuvem de pontos então passa por um processo de classificação no qual cada ponto é então associado a uma classe como vegetação alta, vegetação média, ponto no terreno, entre outras, originando então os modelos digitais de elevação e de terreno, utilizados como base para diversos projetos de engenharia (LIMA, 2020).

O levantamento LIDAR cria uma rede discreta de pontos atendendo ao modelo digital de terreno (MDT) e ao modelo digital de superfície (MDS). Ele também supre, por meio das

medições realizadas, as localidades nas quais as técnicas convencionais praticadas com aerofotogrametria, sensoriamento remoto e topografia eletrônica não podem ser aplicadas do modo a atingirem os resultados esperados. Como exemplos de aplicações tem-se a malha viária de projetos tradicionais de engenharia civil tais como o mapeamento de linhas de transmissão da energia elétrica, a extração automática de feições ou mesmo os subsídios necessários à classificação de imagens aéreas e orbitais (TEMBA; MAILLARD, 2014).

O LIDAR depende do bom funcionamento de um emissor e receptor de sinal luminoso (laser), um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*-Sistema Global de Navegação por Satélite) de dupla frequência e uma unidade de medição inercial. Na Figura 1, tem-se os componentes para a realização do voo para a captação dos dados LIDAR (TEMBA; MAILLARD, 2014).

Figura 1: Componentes do LIDAR



Fonte: Cherish, 2021.

As aeronaves também dispõem de um computador de bordo (Figura 2) com softwares para controle da aquisição de dados, unidades de armazenamento de dados brutos, além de um sistema de navegação.

Figura 2: Computador de bordo da aeronave para medição (Varredura LIDAR)



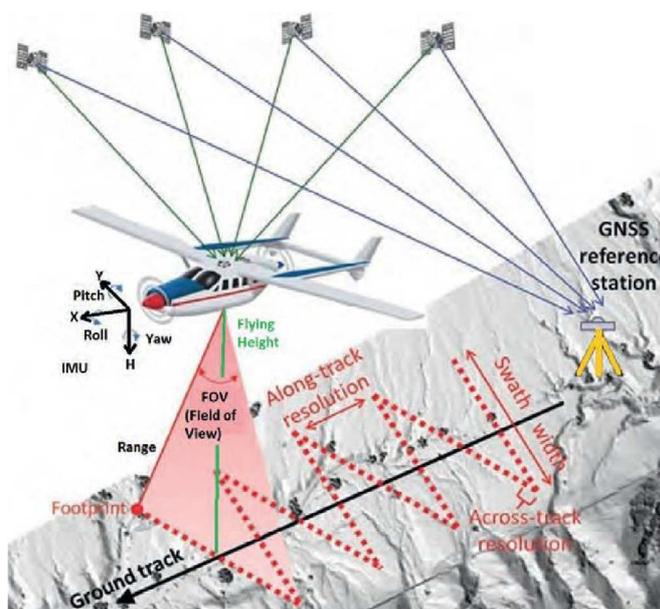
Fonte: Topocart, 2017.

Os componentes do LIDAR funcionam de modo autônomo. Uma vez acionado o sensor, o sistema de posicionamento por satélites GNSS e a unidade de medição inercial iniciam o registro de coordenadas posicionais e atitude, respectivamente. Há um grande desafio na integração e funcionalidades do sistema, pois os componentes oriundos de diversos fabricantes devem operar em harmonia permitindo a aquisição dos dados necessários e relacionados ao fim a que se destinam (TEMBA; MAILLARD, 2014).

O sistema LIDAR emite pulsos laser em uma determinada frequência, voltados para o solo, varrendo a superfície do terreno abaixo da aeronave e registrando a distância até o solo para cada um dos pulsos emitidos, sendo registrada também a posição inercial do conjunto, para que se conheça a inclinação de cada feixe em relação à vertical do lugar. A possibilidade de obtenção dos modelos digitais de elevação e de terreno reside na capacidade de registro de diferentes retornos dos pulsos emitidos (Figura 3), sendo o primeiro utilizado para caracterização do modelo digital de superfície e o último para definição do modelo digital de terreno (TEMBA; MAILLARD, 2014).

A aquisição de dados em três dimensões de ocupações urbanas por meio do LIDAR é uma realidade a ser explorada em razão das características de precisão geométrica, classificação dos objetos pela intensidade do sinal, reconhecimento de padrões geométricos na nuvem de pontos, que são algumas das vantagens diretas que justificam seu uso no mapeamento urbano (RIBEIRO, 2019).

Figura 3: Esquema de funcionamento de um voo LIDAR



Fonte: Lemmens, 2017.

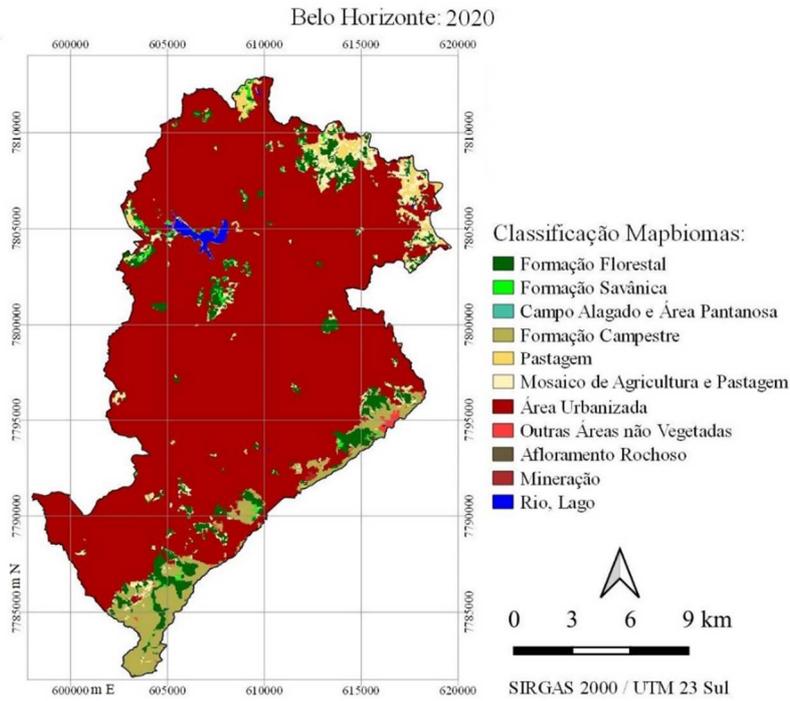
2.3 Dados e análises de geoprocessamento derivados de modelos altimétricos (MDS ou MDT) e de imagens de sensoriamento remoto utilizados na pesquisa

Algoritmos e métodos para processamento de dados e extração de informações, já amplamente disponíveis nas áreas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e análises topográficas, podem facilitar grandemente os estudos e as demandas relacionados às aplicações urbanas (SILVA, 2018).

Para composição da base dados da presente pesquisa, foram gerados os seguintes mapas: Mapas Temáticos, Faixas de Altitudes, Aspectos, Declividades, Relevos Sombreados e Curvas de Nível.

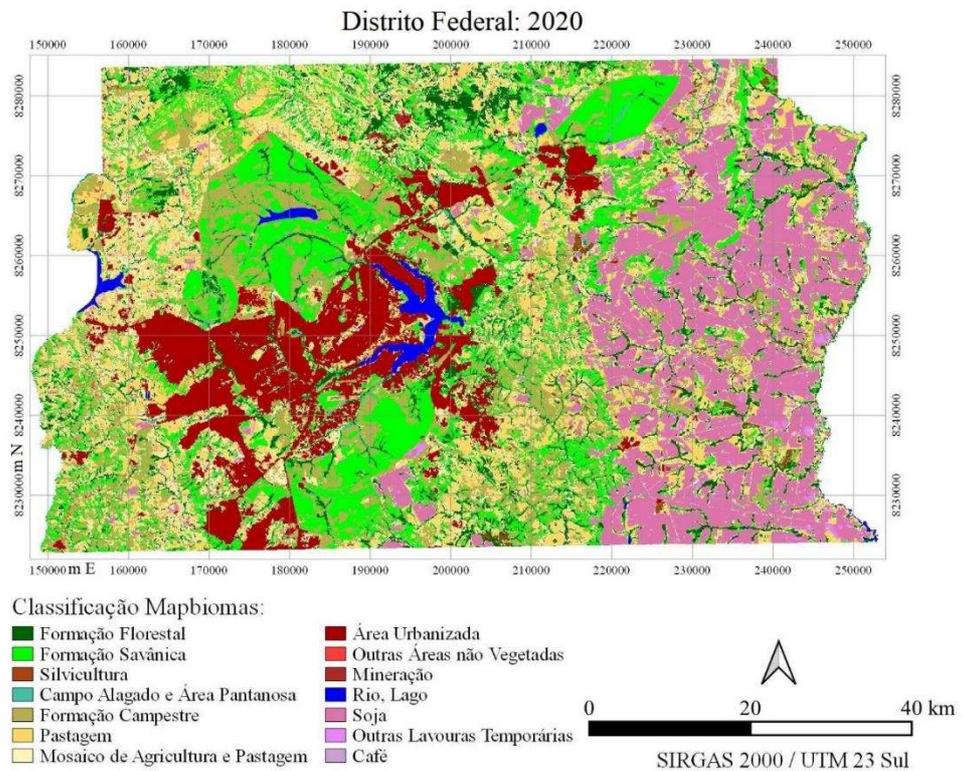
- Mapa Temático de uso e ocupação do solo: esse modo de representação espacial fornece informações sobre as classes distribuídas pelas áreas estudadas. É muito útil em estudos urbanos, ainda que em escalas pequenas, em que não constam subclasses, visto que é capaz de demonstrar, por exemplo, como se deu a expansão, retração ou extinção das classes ao longo de determinado intervalo de tempo. Nas Figuras 4 e 5, há exemplos de mapas temáticos de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte e do Distrito Federal, respectivamente, provenientes do projeto MapBiomias.

Figura 4: Mapa temático de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte (MapBiomias)



Fonte: organizado pelo Autor, 2022 (Coordenadas UTM).

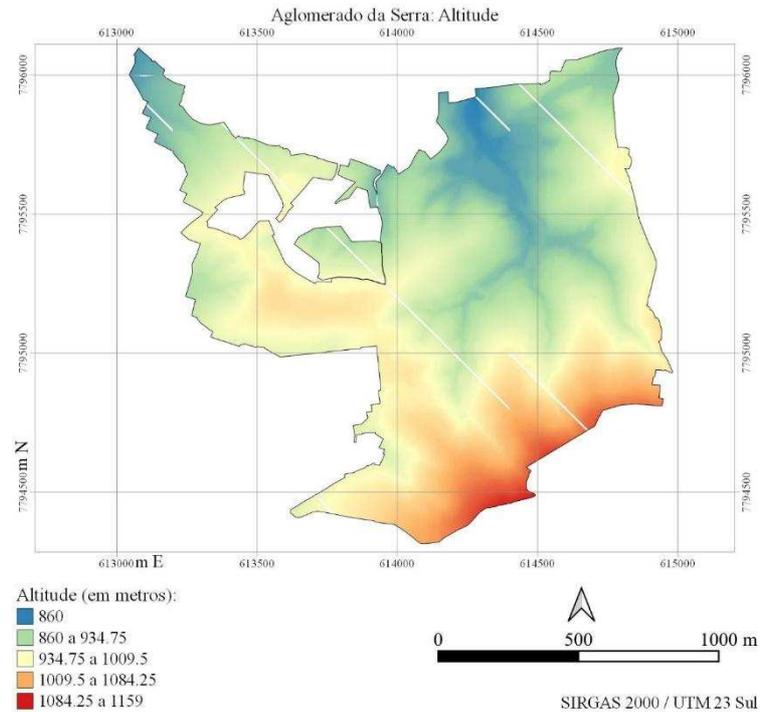
Figura 5: Mapa temático de uso e ocupação do solo do Distrito Federal (MapBiomias)



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

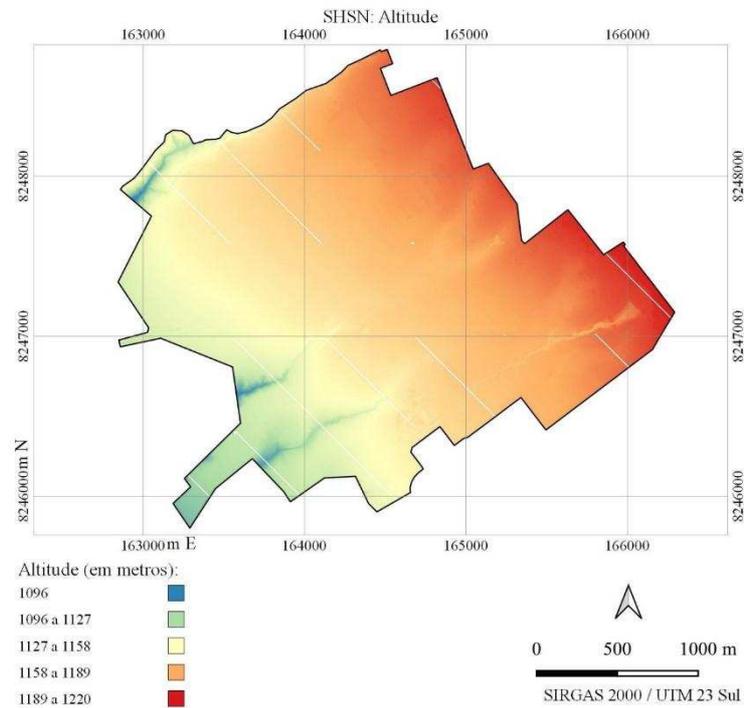
- Altitude (Hipsometria): mapas de altitude ou hipsométricos, ao representar as elevações dos pontos de uma determinada área, tornam possível sua melhor compreensão, fazendo dessa técnica de representação instrumento fundamental para quem precisa desse tipo de informação. Nas Figuras 6 e 7, há exemplos de mapas de altitude.

Figura 6: Mapa de Altitude do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 7: Mapa de Altitude Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal

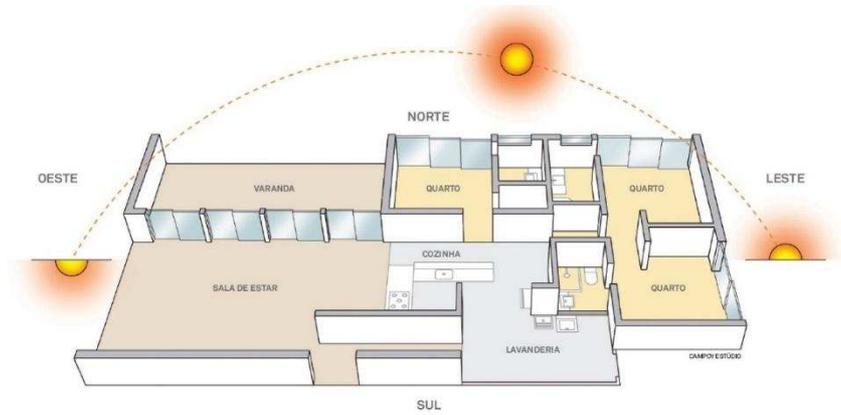


Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

- Aspecto (Orientação): ter o conhecimento sobre a orientação dos terrenos em países de elevadas temperaturas, como no caso do Brasil, é muito importante no momento do projeto. Ou seja, o conhecimento sobre para qual ponto cardinal determinada área está orientada fornece dados relevantes à boa análise arquitetônica. De acordo com a posição do sol e o horário do dia, a temperatura e iluminação podem influenciar positivamente, ou não, a interação da edificação e seus ocupantes. A Figura 8 ilustra como o sol influencia na concepção de um projeto residencial unifamiliar, conforme descrição a seguir.

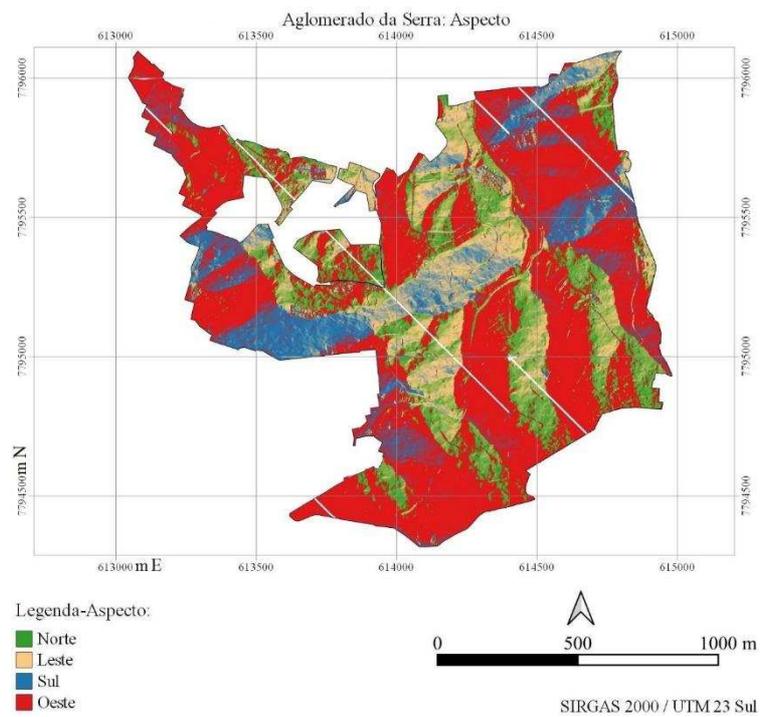
No caso de uma residência, em áreas privadas (como quartos e varandas), deve haver a incidência dos raios do sol da manhã, vindos do Leste, que têm temperaturas mais amenas. No período da tarde, o sol aquece com mais intensidade os ambientes, de modo que se recomenda que a área social de uma residência esteja voltada para Oeste, de onde a radiação solar é proveniente neste horário. Entretanto, em cidades mais frias, é recomendado projetar os quartos voltados para oeste. Áreas de serviço, escadas, depósitos, garagens, considerados como ambientes secundários, devem estar voltados para sul, tomando-se o cuidado de se utilizar revestimentos apropriados para umidade, comum nesse contexto. Nas Figuras 9 e 10, tem-se a representação dos aspectos do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte e do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal, respectivamente.

Figura 8: Posicionamento dos cômodos de uma residência em relação ao sol



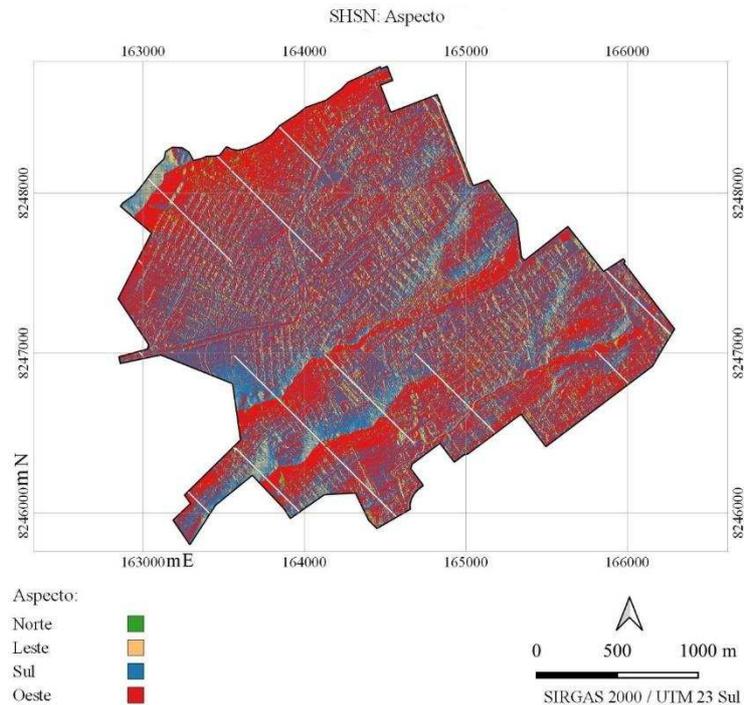
Fonte: Casa Abril, 2013 (Adaptado).

Figura 9: Mapa de Aspecto do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

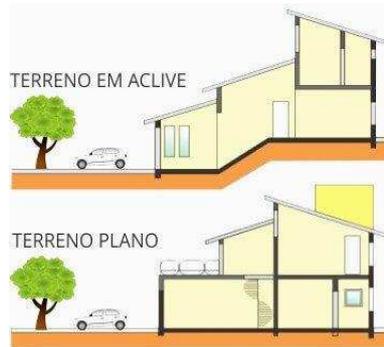
Figura 10: Mapa de Aspecto do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

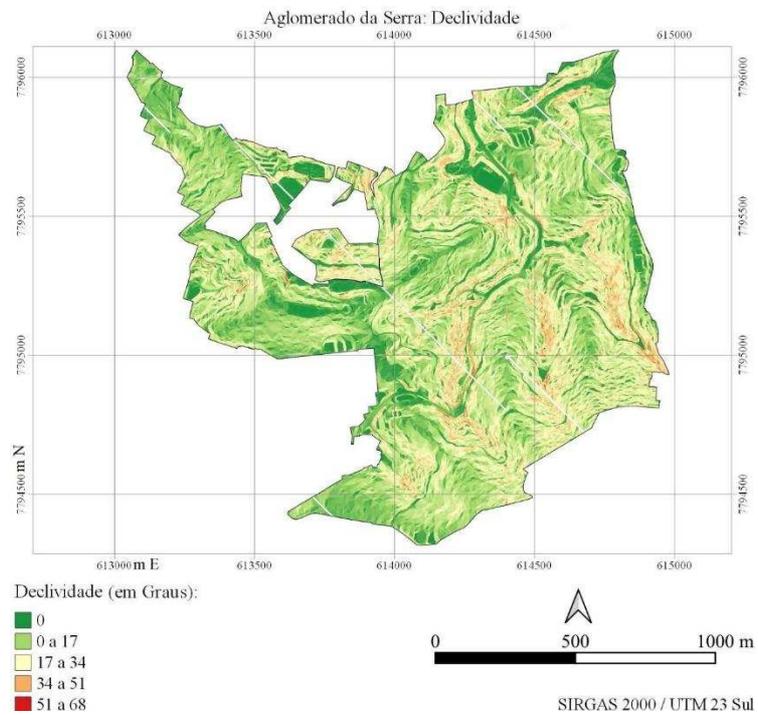
- Declividade: dado de fundamental importância para a análise do relevo, sendo uma forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes em um terreno amparando a análise da paisagem (COLAVITE; PASSOS, 2012). Por meio de plantas de declividade, é possível verificar a viabilidade de execução de projetos em determinados terrenos, além de determinar quais adaptações devem ser feitas para que a construção e o funcionamento da edificação sejam facilitados. Na Figura 11, há representações de terreno em aclive e terreno plano, mostrando a forma como influenciam na construção de uma residência. Nas Figuras 12 e 13, tem-se a representação das declividades do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte e do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal, respectivamente.

Figura 11: Representações de terreno em aclive e terreno plano



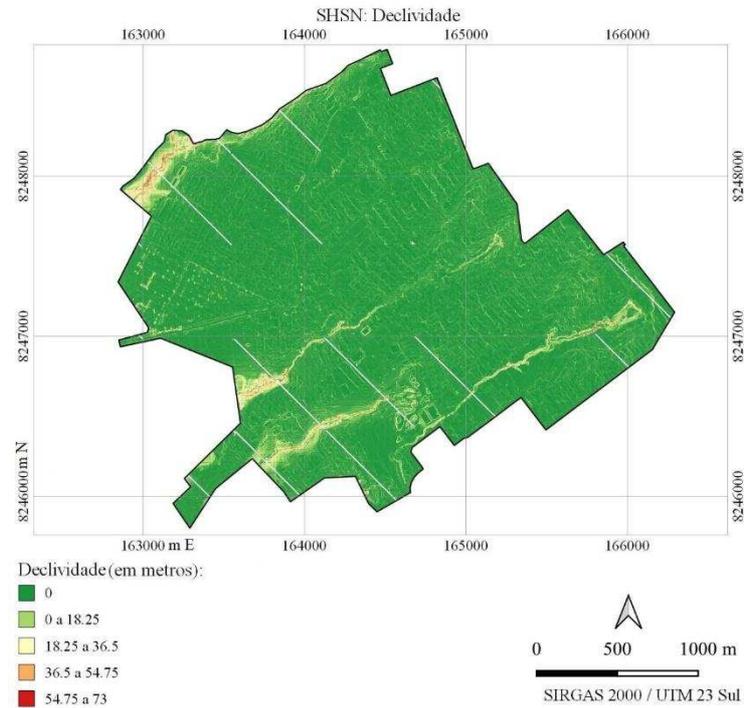
Fonte: Entenda Antes, 2019.

Figura 12: Mapa de Declividade do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

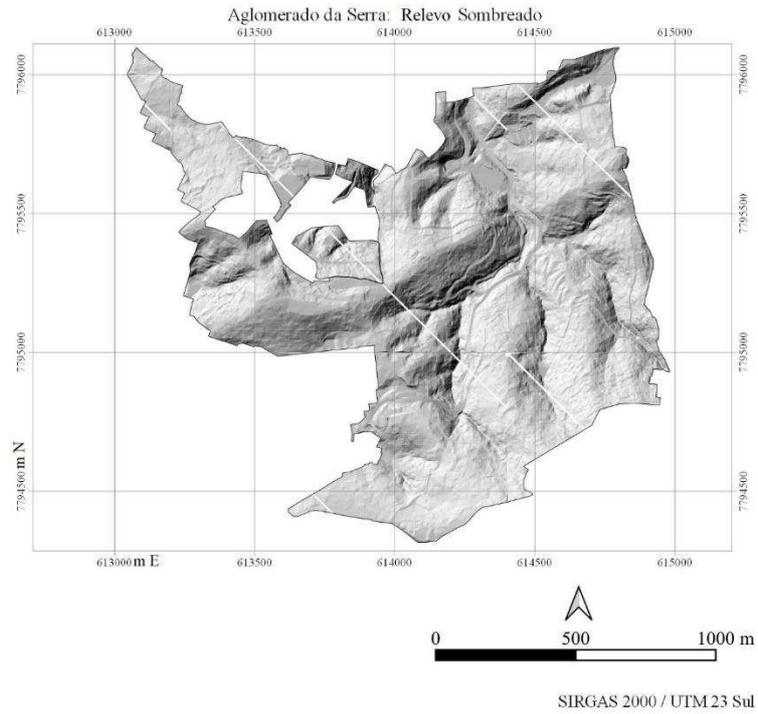
Figura 13: Mapa de Declividade de Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

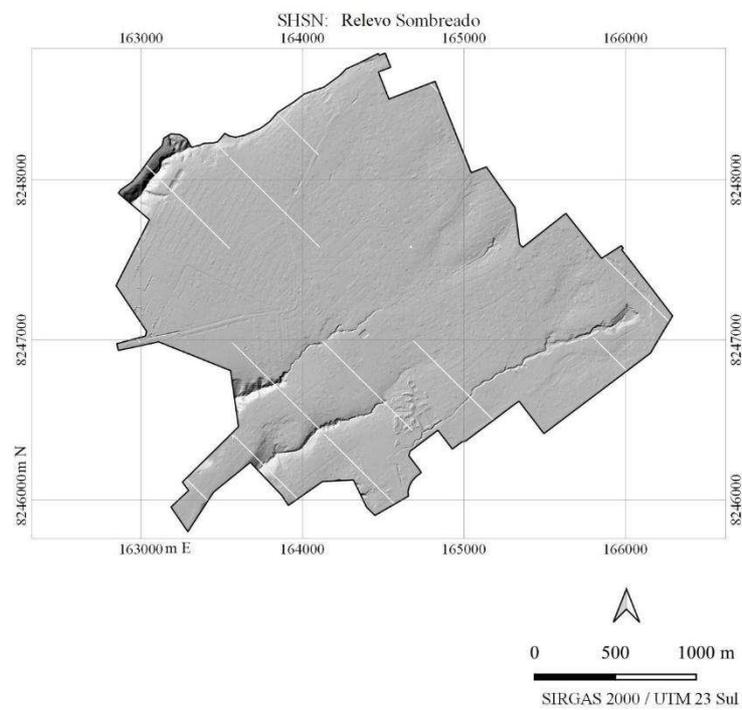
- Relevo Sombreado: essa representação em 3D do terreno, que torna possível a sua visualização por meio do posicionamento espacial de uma fonte de luz, auxilia o projetista a compreender o formato do terreno da área estudada, por meio de sua “textura” visual. As Figuras 14 e 15 mostram os relevos sombreados do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte e do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal, respectivamente.

Figura 14: Mapa de Relevo Sombreado do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

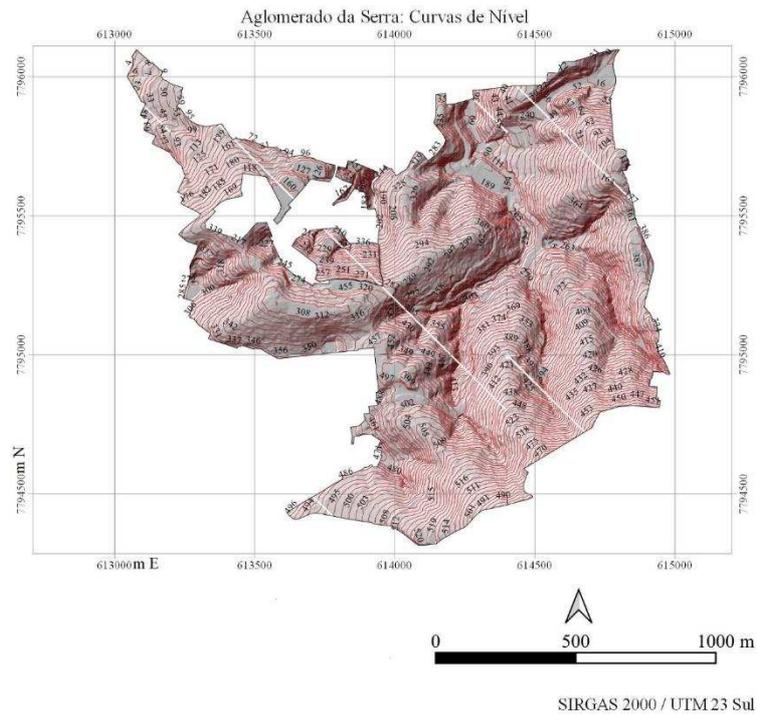
Figura 15: Mapa de Relevo Sombreado do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

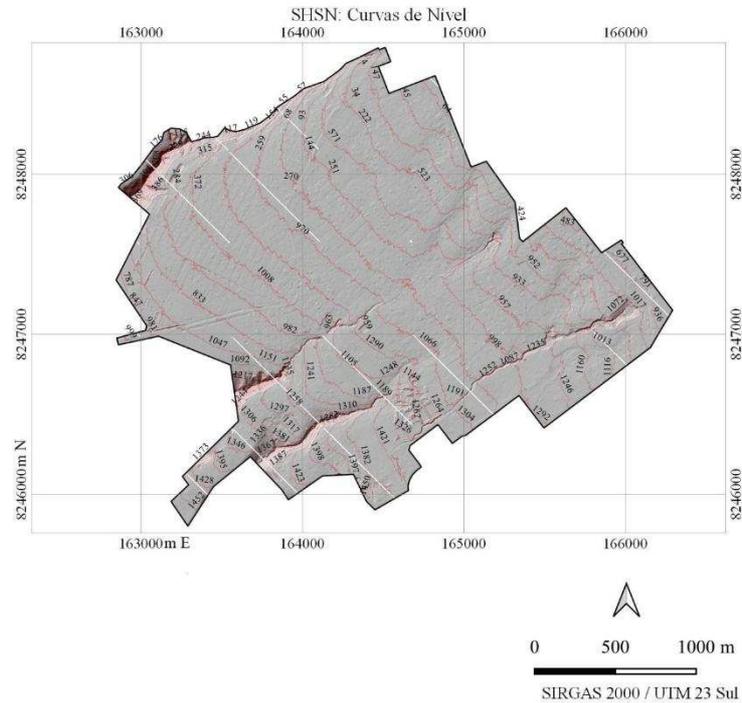
- Curvas de Nível: São isolinhas de altitudes e por meio delas torna-se possível conhecer em planta baixa, as elevações de um terreno. Com esses dados, também é possível representar irregularidades da superfície na qual está situada determinada edificação. As Figuras 16 e 17 mostram representações de curvas de nível com 5 metros de equidistância vertical do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte e do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal, respectivamente.

Figura 16: Mapa de Curvas de Nível do Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

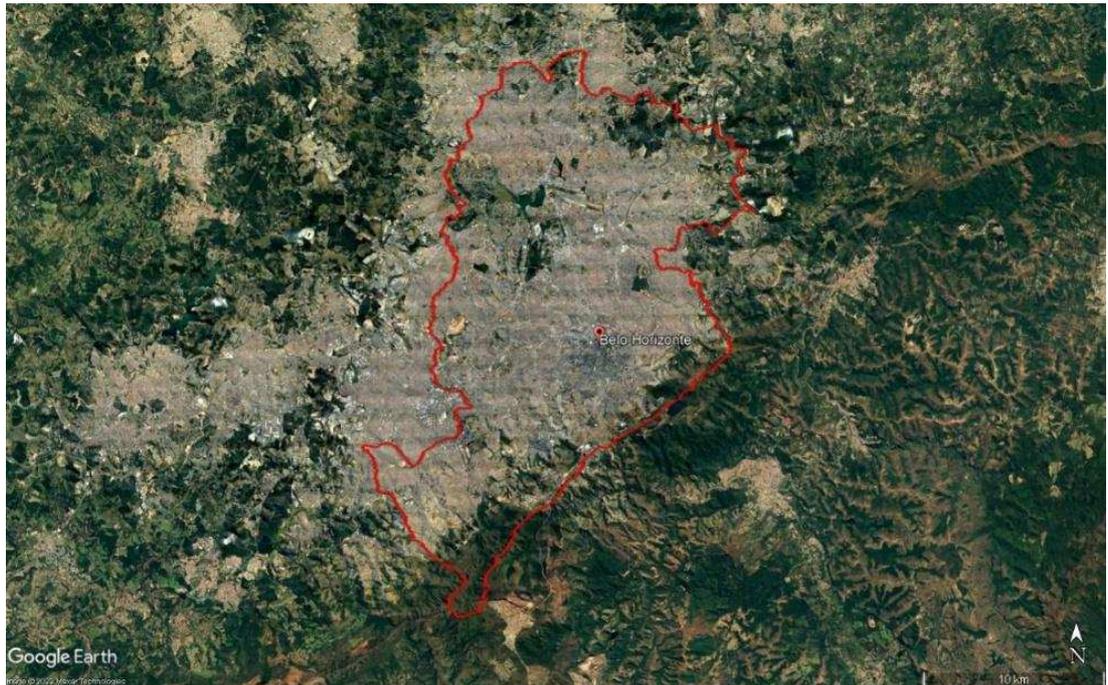
Figura 17: Mapa de Curvas de Nível do Setor Habitacional Sol Nascente, no Distrito Federal



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

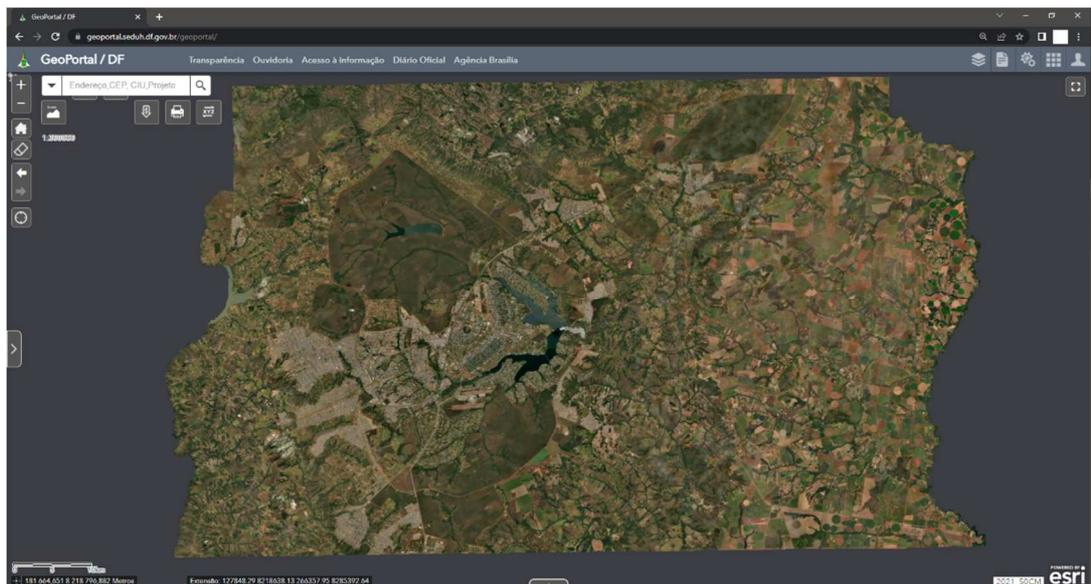
- Imagens: com o suporte de imagens aéreas, obtidas por meio de drones, aviões ou orbitais (obtidas de satélite), pode-se ter uma noção mais exata de como se dá a ocupação do terreno, objeto de intervenções urbanísticas. As Figuras 18 e 19 mostram, respectivamente, imagens orbitais obtidas pela empresa Maxar Technologies para Belo Horizonte e disponibilizadas pelo Geoportal para o Distrito Federal, respectivamente.

Figura 18: Imagem de satélite da cidade de Belo Horizonte



Fonte: Maxar Technologies, 2022.

Figura 19: Imagem do Distrito Federal



Fonte: Geoportal (GDF), 2022.

2.4 Relação entre o uso dos dados LIDAR e o planejamento urbano

Recursos tecnológicos que tenham por premissa analisar os impactos da ocupação humana prevista ou já existente, são de grande relevância ao planejamento urbano, pois podem dar suporte à construção de espaços urbanos mais bem aproveitados e seguros, com áreas verdes bem distribuídas e preservadas, garantindo uma interação mais harmoniosa com seus habitantes permanentes ou temporários, da atual ou de futuras gerações.

Estudos urbanísticos podem ser muito favorecidos pelos recursos de softwares disponíveis na área de geoprocessamento. O software *Fragstats* é um programa sem custos de análise de padrões espaciais que quantifica a estrutura (composição e configuração) de paisagens. A paisagem passível de análise é definida pelo usuário e pode representar qualquer fenômeno espacial. O programa quantifica a heterogeneidade espacial da paisagem como representado em um mapa categórico (mosaico de paisagem) ou em superfície contínua. O usuário deve estabelecer uma base sólida para definir e dimensionar a paisagem em termos de conteúdo temático e resolução espacial (MCGARIGAL, 2015), utilizando para isso o cálculo das métricas da paisagem.

Ainda que o *Fragstats* seja um software desenvolvido para estudos da ecologia da paisagem, ele possui ferramentas que podem contemplar os elementos de ocupação urbana, que também compõem a paisagem, avaliando-os. Verma e Garg (2021), por exemplo, utilizaram o *Fragstats* para avaliar as dinâmicas de expansão urbana de onze cidades da Índia.

A seguir, destacam-se três métricas da paisagem as quais podem contribuir para análises urbanísticas, resumidas na Tabela 1, quais sejam:

- Área da Classe (*Class Area-CA*): A área da classe é uma medida da composição da paisagem, especificamente, quanto da paisagem é composta de um tipo particular de fragmento. Além de seu valor interpretativo, a área de classe é usada nos cálculos para muitas métricas da paisagem (MCGARIGAL, 2015). Por meio desse procedimento, pode-se calcular a área de cada classe na paisagem;

- Número de Fragmentos (*Number of Patches-NP*): O número de fragmentos de um determinado tipo é uma medida simples da extensão de subdivisão ou fragmentação do tipo de fragmento. Embora o número de fragmentos em uma classe possa ser fundamentalmente importante para uma série de processos ecológicos, muitas vezes tem um valor interpretativo limitado por si só porque não transmite nenhuma informação sobre a área, distribuição ou

densidade dos fragmentos. É claro, se a área total da paisagem e a área de classe são mantidas constantes, então o número de fragmentos transmite as mesmas informações como densidade de fragmentos ou tamanho médio dos fragmentos pode ser um índice útil para interpretar (MCGARIGAL, 2015);

- Porcentagem da Paisagem (*Percentage of Landscape-PLAND*): Esse procedimento de cálculo quantifica a abundância proporcional de cada tipo de fragmento na paisagem. Como a área total da classe, é uma medida da composição da paisagem importante em muitas aplicações ecológicas (MCGARIGAL, 2015). Em outros termos, com esse recurso é possível calcular a porcentagem ocupada por cada classe na paisagem.

Tabela 1: Descrição das métricas da paisagem do Fragstats usadas na pesquisa

Métrica da Paisagem	Descrição	Fórmula/Símbolo
Área da Classe (<i>Class Area-CA</i>)	CA é igual à soma das áreas (m ²) do fragmento correspondente, dividido por 10.000 (para converter em hectares); ou seja, a área total de classe.	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10,000} \right)$
Número de Fragmentos (<i>Number of Patches-NP</i>)	Corresponde ao número de fragmentos de uma determinada classe.	$NP = n_i$
Porcentagem da Paisagem (<i>Percentage of Landscape-PLAND</i>)	PLAND é igual à soma das áreas (m ²) de todos os trechos do tipo patch, dividido pela área total da paisagem (m ²), multiplicado por 100.	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$

Fonte: MACGARIGAL, 2015.

Os espaços verdes urbanos fornecem serviços ecossistêmicos, incluindo regulação climática. A quantidade e a estrutura dos espaços verdes em uma cidade podem, portanto, ter consequências à população. Nesse sentido, o *Fragstats* tem capacidade de geração de informações para análise da relação entre os vários componentes da ocupação urbana. Esta ferramenta foi utilizada para avaliar os impactos potenciais da urbanização futura, por meio das relações existentes entre tamanho da cidade, riqueza e densidade populacional, da cobertura percentual do espaço verde, da quantidade de espaço verde per capita. Foi observado que cidades com maior densidade populacional tinham menos espaço verde e menos espaço verde per capita. Cidades com maior PIB per capita tinham maior cobertura percentual de espaço

verde. As cidades maiores tinham menor cobertura percentual de espaço verde e menos espaço verde per capita. Cidades com maior porcentagem de cobertura de espaço verde tinham mais espaços verdes agregados (RICHARDS *et al*, 2017).

Os modelos 3D, como os provenientes de mapeamentos LIDAR, são representações digitais de feições e objetos da superfície da terra, dos quais fazem parte as áreas urbanas. Esses modelos são representações do mundo real úteis no planejamento de cidades em desenvolvimento, sistemas inteligentes de transporte, aspectos ambientais, gestão de serviços públicos, simulação de novos edifícios, atualização e manutenção de dados cadastrais, monitoramento de detecção de mudanças. Os dados LIDAR, quando combinados com ortofotos digitais, podem ser usados para criar Modelos Digitais de Superfície altamente detalhados (SHEENA; UDHAYAKUMAR, 2016).

Outro exemplo de aplicação da tecnologia LIDAR é a avaliação do risco de propagação do fogo em assentamentos informais, o qual é alto e pode ser analisado a partir da configuração de suas moradias. As métricas espaciais representando a densidade e a forma das habitações são propostas como um método para identificar assentamentos com alto risco de propagação de incêndios. Os dados LIDAR foram usados para mapear as coberturas de moradias para assentamentos informais (GIBSON *et al*, 2020).

2.5 Qualidade de Mapas Temáticos Derivados de Sensoriamento Remoto

Um planejamento urbano com alto nível de qualidade tem maiores chances de ocorrer caso o uso e ocupação do solo seja conduzido de forma racional, uma vez que a correta utilização do espaço urbano e a prévia definição das atividades nele permitido, tem como resultado o desenvolvimento integrado e sustentável. Nesse contexto, o estudo e aplicação das métricas da paisagem são de fundamental importância, visto serem algoritmos que quantificam as características espaciais de fragmentos de maneira isolada, em conjunto ou de todo o mosaico da paisagem (COUTO, 2004), fornecendo assim, vasto número de métricas ao planejador urbano.

Os mapas derivados de dados e métodos de sensoriamento remoto devem ser necessariamente avaliados em sua qualidade posicional e temática para evitar a propagação de erros nas análises posteriores e para que se tenha um rígido controle da qualidade dessas análises. Existem várias métricas de avaliação onde se destacam as seguintes ferramentas: Matriz de Confusão, que é utilizada para avaliar a exatidão do processo de classificação por

meio da comparação entre os resultados obtidos a partir da amostra classificada, com os dados das amostras de referência. Partindo-se da matriz de confusão, são calculados os valores de acurácia temática os quais ajudarão na compreensão do comportamento do algoritmo e as inconsistências existentes entre as classes. Na interpretação dos dados, a diagonal da matriz indica os valores classificados corretamente, sendo a partir dela calculada a Acurácia Temática Global, que relaciona o somatório dos valores corretamente classificados dentro de cada classe, com o número total de pontos estabelecidos na amostra de validação (MORETIN; BUSSAD, 2017).

3 METODOLOGIA

São apresentados os procedimentos pelos quais foram criados mapas, elaborados cálculos, análises e séries históricas, mostrando características do Aglomerado da Serra, da cidade de Belo Horizonte, e do Pôr do Sol/Sol Nascente, do Distrito Federal. Foram usadas técnicas de análise, representação e simulação da evolução espaço-temporal de seus sistemas ambientais e das áreas urbanas a eles relacionadas. Dessa paisagem urbana, também são extraídas informações para análise do uso e ocupação do solo para avaliação de cenários de ordenamento/intervenção do território.

3.1 Área de Estudo

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foi selecionada uma área de estudo que abrange duas localidades geográficas: a cidade de Belo Horizonte (Figura 20) e o território do Distrito Federal (Figuras 22 e 23). Nessas áreas foram desenvolvidos estudos espaciais e procedimentos gerais abrangendo a área territorial completa dos dois locais, assim como estudos específicos em territórios de ocupações. A escolha de Belo Horizonte e do Distrito Federal ocorreu em função da heterogeneidade de usos do solo, além da grande incidência de assentamentos informais nessas duas localidades. Os procedimentos aplicados a estas duas grandes áreas estão descritos em detalhes no capítulo de Metodologia.

Para estudos, procedimentos e análises espaciais urbanas mais específicas e mais detalhadas, foram escolhidas ocupações de Belo Horizonte e do Distrito Federal com origem irregular que ocupam apenas um pequeno recorte do território urbano dessas duas localidades. Dessa forma, em Belo Horizonte, foi escolhido o Aglomerado da Serra (Figura 21). No Distrito Federal, foi escolhido um trecho de uma de suas regiões administrativas, Sol Nascente/Pôr do

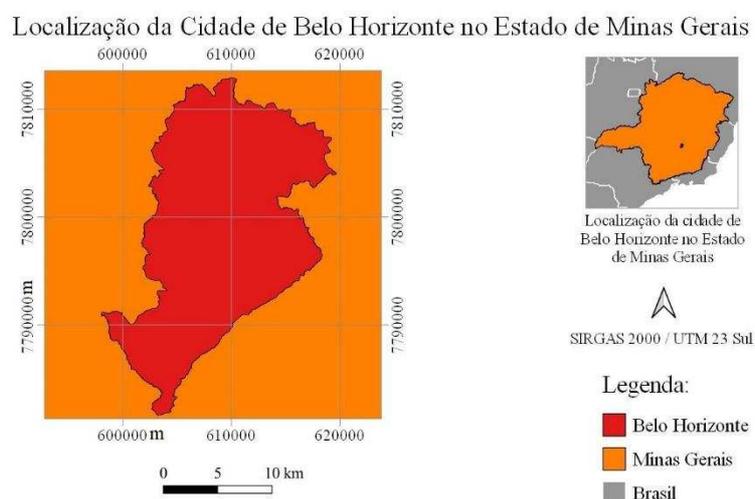
Sol, o Setor Habitacional Sol Nascente (SHSN), ambos representados na Figura 24. Essas áreas foram escolhidas em função de suas origens, baseadas na informalidade ressaltando-se, entretanto que o SHSN se encontra consolidado, e parcialmente regularizado. Os procedimentos específicos aplicados a estas pequenas áreas estão descritos em detalhes no capítulo de Metodologia.

3.2 Belo Horizonte e Aglomerado da Serra (Caracterização da Área)

Em Belo Horizonte, o número de ocupações informais, denominadas “Aglomerados”, alcança valor elevado, fato que dá uma dimensão da quantidade de pessoas que vivem em unidades habitacionais fora dos padrões arquitetônicos desejados.

Atualmente, a capital mineira possui 336 assentamentos que abrigam cerca de 480 mil habitantes e representam aproximadamente 20% da população. São cerca de 120 mil domicílios nos 218 assentamentos de vilas, favelas e conjuntos irregulares e 34 mil domicílios nos 118 assentamentos de interesse social. Esses assentamentos foram definidos pelo novo Plano Diretor sancionado pela Lei 11.181/2019 (BELO HORIZONTE, 2019).

Figura 20: Mapa de localização da cidade de Belo Horizonte em Minas Gerais



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

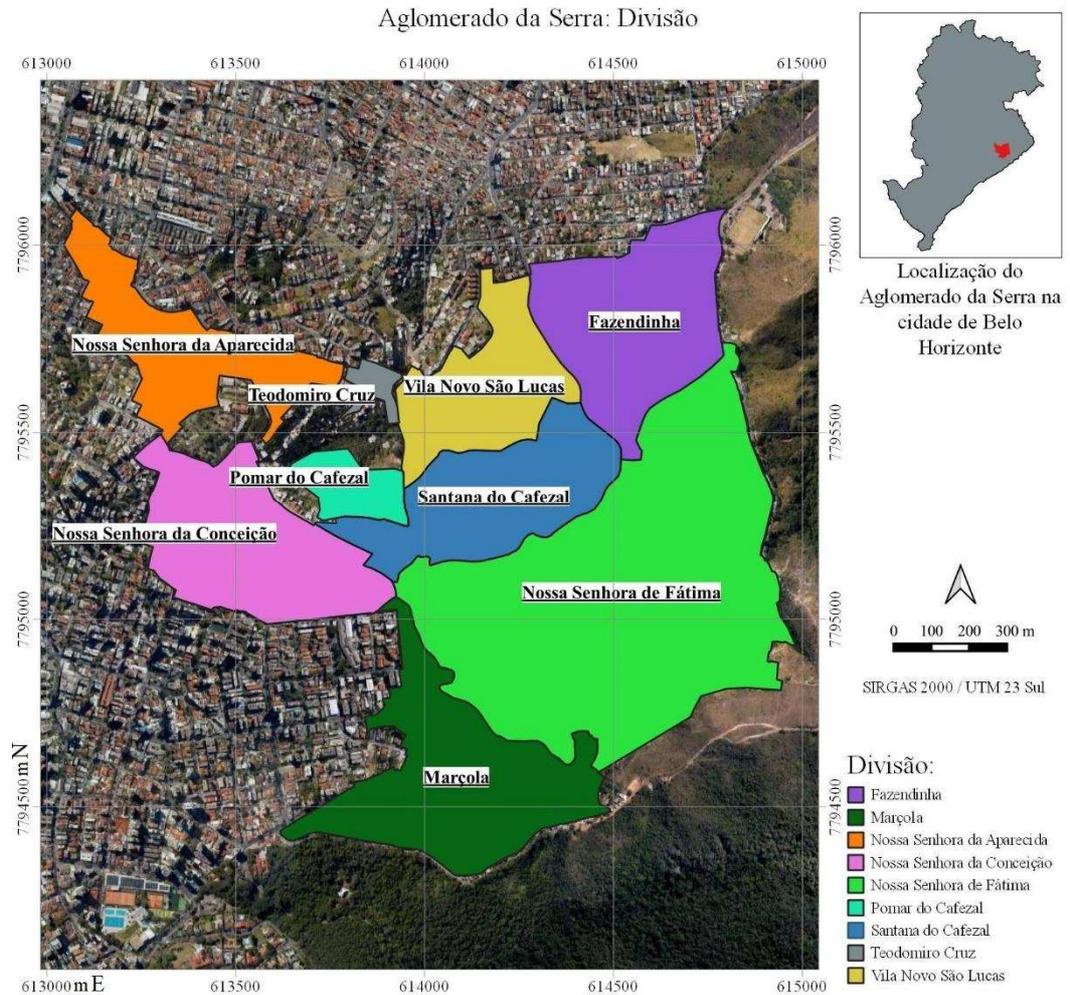
O Aglomerado da Serra é a maior ocupação informal da cidade de Belo Horizonte. Sua área é de 1.758,10 m². A maior parte do Aglomerado está situada na Regional Centro-Sul da cidade, estando o restante na Regional Leste. Localizado próximo a bairros de classe média e

média alta, como Serra, São Lucas e Santa Efigênia. Ele é composto pelas Vilas Nossa Senhora da Conceição, Nossa Senhora de Fátima, Nossa Senhora Aparecida, Marçola, Nossa Senhora Santana do Cafezal, Novo São Lucas e Fazendinha (MOURA, 2018).

A Vila Nossa Senhora da Conceição é a mais antiga. De acordo com o Plano Global Específico (PGE), foi ocupada por moradores do interior do estado há cerca de 80 anos. As primeiras moradias eram precárias e, há 50 anos começou a ser utilizada a alvenaria. No caso da Vila Nossa Senhora Aparecida, há aproximadamente 50 anos, houve o início da construção de casas, sem, no entanto, contarem com rede de água e energia (MELO, 2009).

A Vila Nossa Senhora de Fátima surgiu há mais de 60 anos, com um padrão de ocupação mais espontâneo. Nela, foram construídos os prédios de apartamentos do Vila Viva. A Vila Marçola foi ocupada há aproximadamente 40 anos. Em razão da expansão da Vila Nossa Senhora da Conceição, a área que corresponde hoje à Vila Nossa Senhora Santana do Cafezal, foi sendo ocupada, processo que se completou em 1975. Essa ocupação teve início pelo topo da colina e por vias que davam acesso ao bairro Santa Efigênia. Em 1990, surgiu a Vila Novo São Lucas, em um terreno íngreme (MELO, 2009). Dada sua proximidade ao centro de Belo Horizonte, o acesso dos moradores a toda cidade é facilitado (MELO, 2016).

Figura 21: Divisão do Aglomerado da Serra e sua localização na cidade de Belo Horizonte



Fonte: organizado pelo autor, 2022.

3.3 Distrito Federal e Setor Habitacional Sol Nascente (Caracterização da Área)

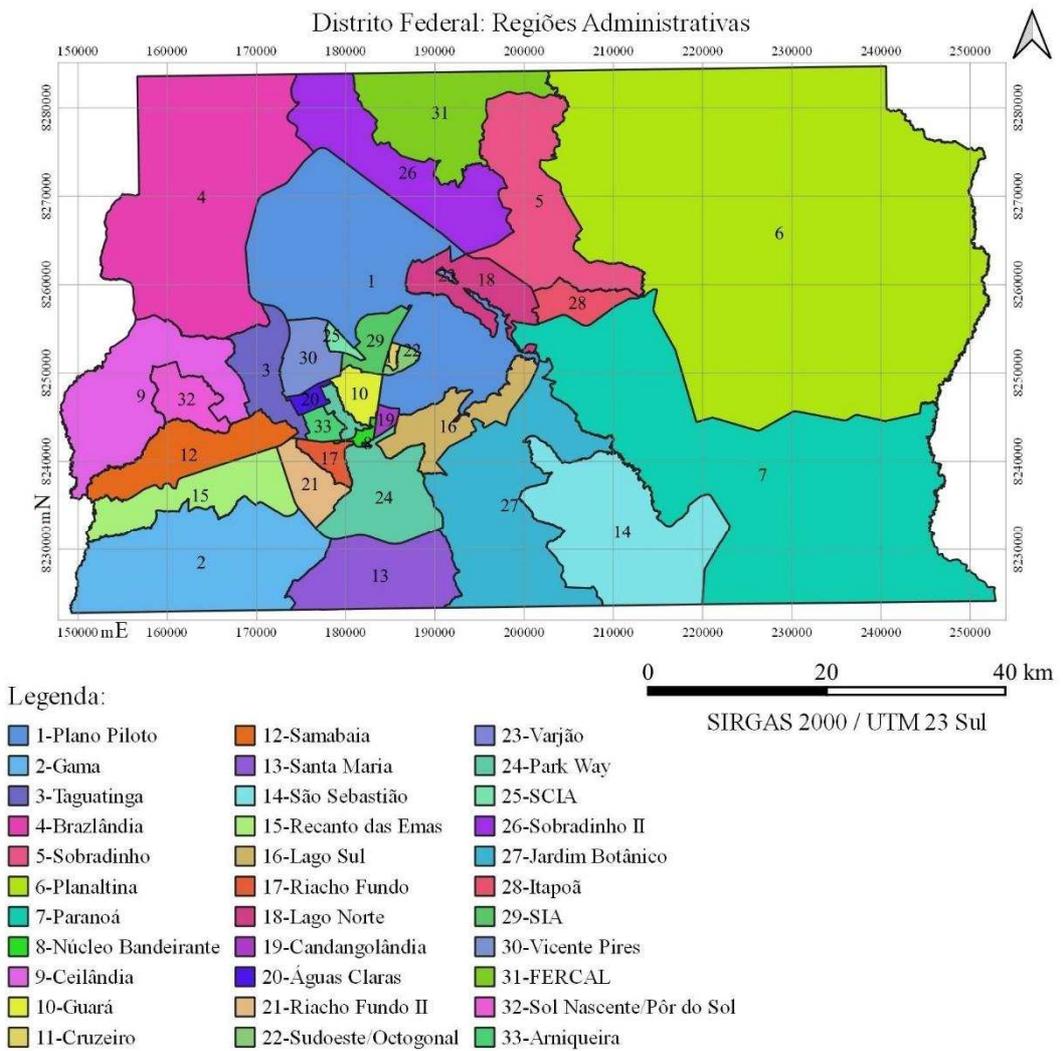
A intensa urbanização da cidade de Brasília, no Distrito Federal (Figura 23) ocorreu em função de sua construção na década de 1950, fato que levou milhares de pessoas de todo o Brasil a se deslocar para lá. Após sua construção, essa população se concentrou em seus arredores, dando origem a várias das chamadas cidades satélites. As populações de baixa renda, que viviam ao redor do grande centro urbano foram afastadas para aglomerados criados para esse fim (NASCIMENTO; IOP; FERREIRA, 2021), culminando no surgimento de inúmeros assentamentos informais na região, ao longo das décadas seguintes.

Figura 22: Localização do Distrito Federal no Brasil



Fonte: organizado pelo autor, 2022.

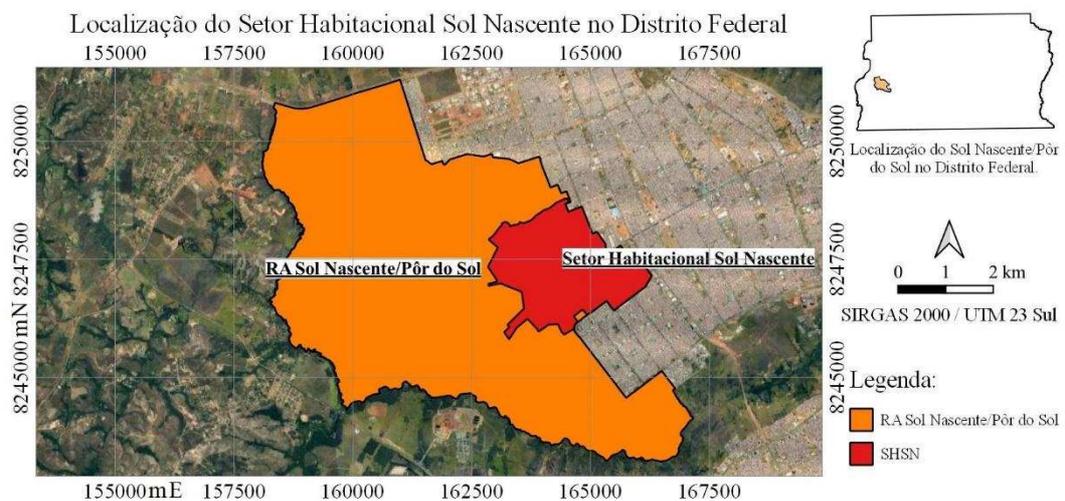
Figura 23: Mapa de divisão do Distrito Federal



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

O Setor Habitacional Sol Nascente (SHSN) está localizado na Região Administrativa XXXII, RA Sol Nascente/Pôr do Sol, Distrito Federal (Figuras 23 e 24), recentemente criada pela Lei nº 6.359 de 14 de agosto de 2019 (DISTRITO FEDERAL, 2019). Situado nos platôs formados pelos vales dos córregos afluentes do Rio Melchior, a região é conhecida como Bordas da Ceilândia em função da quebra de relevo abrupta na direção do Rio Melchior. Confronta-se com o perímetro urbano de Ceilândia Tradicional nos limites Norte, Nordeste, Leste e Sudeste e com a zona rural no Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste (GUIMARÃES, 2019).

Figura 24: Mapa de localização do Sol Nascente/Pôr do Sol no Distrito Federal



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

O Sol Nascente/Pôr do Sol surgiu como um loteamento irregular no fim da década de 90 na região denominada “Bordas da Ceilândia”, em função da ruptura de relevo em forma de escarpas nas áreas próximas aos corpos hídricos. A definição desse local foi motivada pelos desafios relacionados ao tamanho da área (40% do Setor) e da população residente de mais de vinte mil habitantes (GERMAIN, 2009), às características do uso e da ocupação do solo e à sensibilidade ambiental da área ocupada e de seu entorno.

O Trecho 3 envolve as nascentes de córregos que compõem as cabeceiras do Rio Melchior (Unidade Hidrográfica), com sobreposição urbana em Áreas de Preservação Permanente/APP, elevado grau de impermeabilização, ocupação do solo com 97,8% de residências unifamiliares em casas (CODEPLAN, 2018), precariedade na oferta de equipamentos e mobiliários urbanos e logradouros públicos com dimensão de largura insuficiente para os padrões normativos do DF.

Conforme disposto à Lei Complementar Distrital n° 785 de 14 de novembro de 2008, foram criados o Setor Habitacional Sol Nascente e a Área de Regularização de Interesse Social – ARIS Pôr do Sol na Região Administrativa de Ceilândia – RA IX e estabelecidos parâmetros para aprovação de projetos de urbanismo (DISTRITO FEDERAL, 2008).

3.4 Busca dos textos científicos para o suporte metodológico da pesquisa

A revisão bibliográfica foi o primeiro procedimento da metodologia realizado, com o objetivo de buscar fontes atuais de conhecimento no entorno das temáticas abordadas. A partir disso, foi possível posicionar este estudo em relação às demais pesquisas que vêm sendo realizadas, de modo a obter uma melhor clareza a respeito da contribuição para a ciência, no sentido da relevância e da inovação apresentada pelo tema proposto. O desenvolvimento da revisão bibliográfica seguiu alguns passos baseados na metodologia de revisão sistemática proposta por Tranfield, Denyer e Smart (2003), cujo resumo consta da Tabela 2.

Atualmente, as pesquisas para fins de trabalhos acadêmicos são grandemente facilitadas pelo enorme número de endereços eletrônicos de universidades, entidades científicas ou de outras iniciativas acadêmicas, que reúnem textos, artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e produções afins. Todavia, certas fontes de pesquisa possuem quantidade e qualidade superiores já reconhecidas e consolidadas na comunidade acadêmica, motivo pelo qual foram concentradas (não somente, mas prioritariamente) a pesquisa nos seguintes locais:

- Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>): nele foram feitas pesquisas preliminares, com vistas a identificar os principais endereços de universidades públicas ou instituições de ensino estrangeiras de renome, as quais disponibilizam trabalhos que correlacionam geoprocessamento, assentamentos informais e urbanismo.

- Sistema de Bibliotecas UFMG (<https://www.bu.ufmg.br/>): nele foram feitas pesquisas voltadas para a localização de teses e dissertações relacionadas ao Aglomerado da Serra, bem como sua relação com o planejamento urbano.

- Bibliotecas Digitais UnB (<https://bce.unb.br/bibliotecas-digitais/>): nele foram feitas pesquisas buscando dissertações e teses relativas ao planejamento urbano no Setor Habitacional Sol Nascente.

- Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>): nele foram feitas pesquisas para identificar artigos científicos, capítulos de livros e demais publicações que pudessem embasar ou corroborar os estudos desta dissertação.

- Periódicos CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br>): nele foram feitas pesquisas buscando artigos científicos contendo material acerca de assentamentos informais, dados LIDAR, geoprocessamento, todos aplicados ao planejamento urbano.

Com relação às expressões (em português) utilizadas nas buscas, os termos que retornaram os resultados mais numerosos e relevantes foram “SIG”, “geoprocessamento”, “assentamentos informais”, “planejamento urbano” “aglomerado da serra”, “sol nascente/pôr do sol”; combinadas com a conjunção “e”. No caso da língua inglesa, foram usados os termos “GIS”, “*informal settlements*” (assentamentos informais), “*slums*” (favelas), “*urban planning*” (planejamento urbano); combinados com as conjunções “*and*” (e) e “*or*” (ou).

Tabela 2: Resumo de revisão bibliográfica

Período da pesquisa	07/2020 a 09/2020 e 01/2022 a 02/2022
Portais	Google Acadêmico, Sistema de Bibliotecas UFMG, Bibliotecas Digitais UnB, Science Direct, Periódicos CAPES
Idioma	Português e Inglês
Palavras-chave	SIG, geoprocessing, Aglomerado da Serra, Setor Habitacional Sol Nascente (SHSN), GIS, informal settlements, slums, urban planning.
Combinações usadas na busca	SIG or slums or urban planning
	SHSN or informal settlements or geoprocessing
Data das publicações	2018 a 2022
Resultados	3000

Fonte: organizado pelo autor, 2022.

A tese de doutorado proposta por Silva Júnior (2019) foi uma referência de pesquisa que serviu de base para esta dissertação. Para situar a metodologia de desenvolvimento do trabalho, cabe refletir sobre a essência do título da presente pesquisa com as seguintes questões:

- Podem os recursos gratuitos de geoprocessamento ser alternativas viáveis de planejamento ou requalificação urbanísticos de assentamentos informais, ainda que insatisfatórios do ponto de vista de requisitos como detalhamento, resolução e precisão definidos nas geociências?

As hipóteses para o questionamento acima podem ser as seguintes:

- Recursos gratuitos e limitados fornecem resultados igualmente limitados ao estudo proposto;

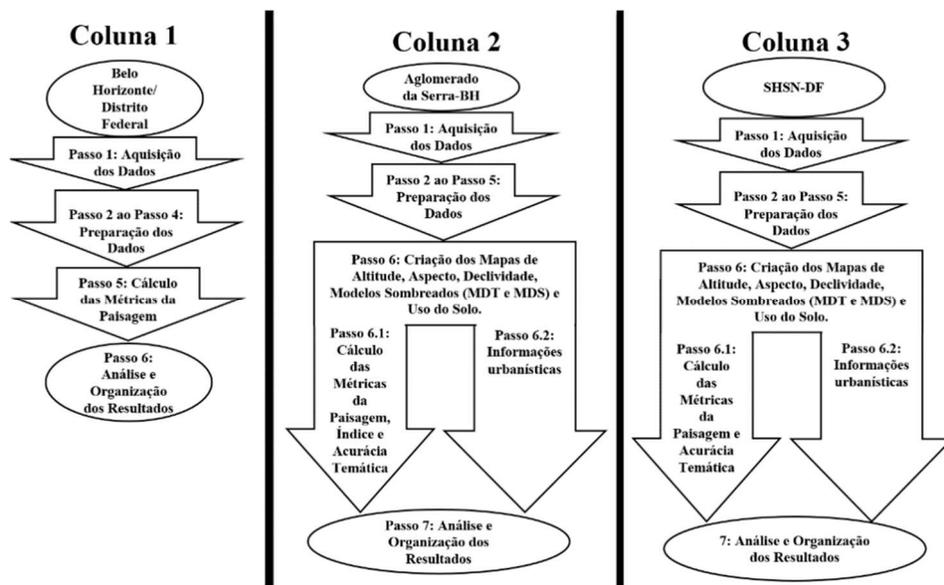
- Recursos, ainda que gratuitos e limitados em termos de geoprocessamento, têm potencial para disponibilizar vasto número de informações relativas ao planejamento urbano.

A metodologia da presente pesquisa é orientada pela avaliação de dados de uso e ocupação do solo e dados provenientes de mapeamentos LIDAR, ambos adquiridos gratuitamente procedentes de métodos de sensoriamento remoto.

3.5 Etapas da metodologia: descrições e detalhamentos

Para uma descrição objetiva do desenvolvimento da pesquisa, na Figura 25 consta o fluxograma dos métodos propostos aplicáveis aos dados e às ferramentas disponíveis. Na sequência os passos essenciais do fluxograma são descritos e detalhados em nível adequado.

Figura 25: Fluxograma da metodologia aplicada na pesquisa



Fonte: organizado pelo autor, 2022.

- Descrição da metodologia aplicada às áreas territoriais completas de Belo Horizonte e do Distrito Federal (corresponde aos passos da Figura 25, Coluna 1):

No Passo 1, os dados de limites municipais em formato Shapefile foram adquiridos no endereço eletrônico do IBGE¹. Os mapas de uso e cobertura da terra foram adquiridos no endereço eletrônico do MapBiomias² para os dados de 2020.

¹ Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>.

² Disponível em: https://storage.googleapis.com/MapBiomias-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil_coverage_1985.tif, para os dados de 1985 e https://storage.googleapis.com/MapBiomias-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil_coverage_2020.tif.

No Passo 2, os contornos dos Shapefiles foram usados para recortar as áreas de interesse dos mapas MapBiomias.

No Passo 3, os dados *Shapefiles* e mapas das áreas de interesse foram reprojatados para o sistema cartográfico SIRGAS 2000, UTM (Universal Transverso de Mercator) 23 Sul, adotado no sistema cartográfico nacional.

No Passo 4, os mapas foram configurados conforme a classificação de uso do solo disponibilizada em tabela de cores do MapBiomias.

No Passo 5, por meio da ferramenta *Fragstats* foram calculadas as métricas da Paisagem “Área da Classe (CA)”, “Porcentagem da Paisagem (PLAND)” e “Número de Fragmentos (NP)”. As métricas, juntamente com as classes escolhidas, podem ajudar no entendimento de como a ocupação do solo se deu em um determinado intervalo de tempo.

No passo 6, os resultados das métricas da paisagem foram organizados em tabelas e figuras (gráficos) para posterior análise.

- Descrição da Metodologia aplicada a uma área territorial reduzida no Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte (corresponde aos passos da Figura 25, Coluna 2):

No Passo 1, os dados em formato Shapefile foram adquiridos no endereço eletrônico da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte³ (Download da camada “Vila e Favela”). Arquivos no padrão *.las* (*laser*) e *.tif* (*Tagged Image File* - Arquivo de Imagem Etiquetado-ortofotos) foram disponibilizados pelo corpo técnico da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Arquivos disponíveis são de levantamentos feitos em 2007 e 2015.

No passo 2, os arquivos laser (*.las*) foram convertidos para o formato raster. Gerados relatórios (Figura 26), com informações sobre as classes de uso e cobertura da terra. Classes 2015: *Unclassified* (Sem Classificação), *Ground* (Solo), *Low Vegetation* (Vegetação Baixa), *Medium Vegetation* (Vegetação Média), *High Vegetation* (Vegetação Alta), *Building* (Edificações), *Road Surface* (Superfície de Pista Asfaltada) e *Overlap* (Sobreposição). A classificação do uso do solo foi feita por meio do reconhecimento LIDAR no terreno. Ao reconhecer padrões com regularidade (um plano vertical ou horizontal, por exemplo), o LIDAR

³ Disponível em: <https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=4&lat=7796893.0925&lon=609250.9075&baselayer=base>.

reconhece essas superfícies como paredes e coberturas, respectivamente. Ao verificar padrões irregulares, o LIDAR reconhece o volume como árvore, por exemplo.

Figura 26: Parte do relatório gerado com informações do arquivo LIDAR-Aglomerado da Serra

```

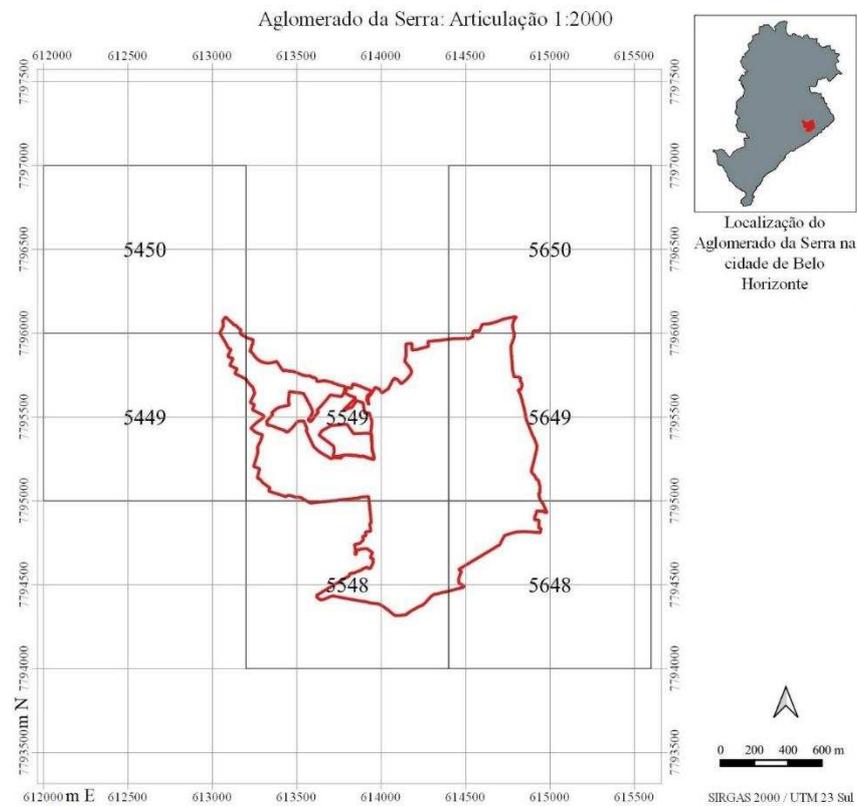
lasinfo report for 'C:\Users\
number of point records: 5485925
histogram of classification of points:
109541 unclassified (1)
189720 ground (2)
1082604 low vegetation (3)
422886 medium vegetation (4)
1353444 high vegetation (5)
1823711 building (6)
407739 road surface (11)
96073 overlap (12)

```

Fonte: organizado pelo autor, 2022.

No passo 3, foram criados *rasters* a partir dos arquivos, *las*, sendo unidos, em seguida, em mosaicos (Figura 27).

Figura 27: Mapa indicativo das articulações das ortofotos e arquivos, *las*, utilizados na composição do mosaico Aglomerado da Serra.



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

No passo 4, os *shapefiles* foram usados para recortar as áreas de interesse dos mosaicos.

No passo 5, os *shapefiles* e *rasters* das áreas de interesse foram reprojetados para o sistema cartográfico SIRGAS 2000, UTM 23 Sul.

No passo 6, foram criados mapas de altitude, aspecto, declividade, modelos sombreados (modelos digitais de terreno e modelos digitais de superfície) e Uso do Solo. Recortadas áreas de interesse das ortofotos de 2007 e 2015.

No passo 6.1, foram calculadas métricas da paisagem (*Fragstats*) e acurácia temática do mapa. Neste caso, as métricas, juntamente com as classes escolhidas, podem ajudar no entendimento de como a ocupação do solo se apresenta, tornando mais visíveis características além de eventuais erros. Para fins de cálculo das métricas, foram descartadas as seguintes classes: *Overlap* (Sobreposição) em razão de sua baixa ocorrência. Não foram calculadas as métricas para o ano de 2007, visto que estes dados apresentam apenas três classes (Classes 2007): *Unclassified* (Sem Classificação), *Ground* (Solo) e *Noise* (Ruído), impossibilitando comparação com as classes de 2015. Para a avaliação da acurácia temática do mapa de uso do solo, foi usada como imagem de referência a ortofoto de 2015.

No passo 6.2, foram apontadas características dos mapas que podem auxiliar em análises urbanísticas, por meio dos mapas de altitude, aspecto, declividade, modelos sombreados, uso do solo e ortofotos.

- Descrição da Metodologia aplicada a uma área territorial reduzida no Setor Habitacional Sol Nascente-SHSN, no Distrito Federal (corresponde aos passos da Figura 25, Coluna 3):

No Passo 1, foram adquiridos *shapefiles* no endereço eletrônico '<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>', da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH), do Governo do Distrito Federal (GDF). Arquivos laser (*.las*) adquiridos diretamente com o corpo técnico da SEDUH (GDF). Arquivos disponíveis são de levantamentos feitos em 2016.

No passo 2, os arquivos laser (*.las*) foram convertidos para o formato raster. Gerados relatórios (Figura 28), com as seguintes informações sobre as classes de uso e cobertura da terra: *Ground* (Solo), *Low Vegetation* (Vegetação Baixa), *Medium Vegetation* (Vegetação Média), *High Vegetation* (Vegetação Alta), *Building* (Edificações).

Figura 28: Parte do relatório gerado com informações do arquivo LIDAR-Sol Nascente/Pôr do Sol

```

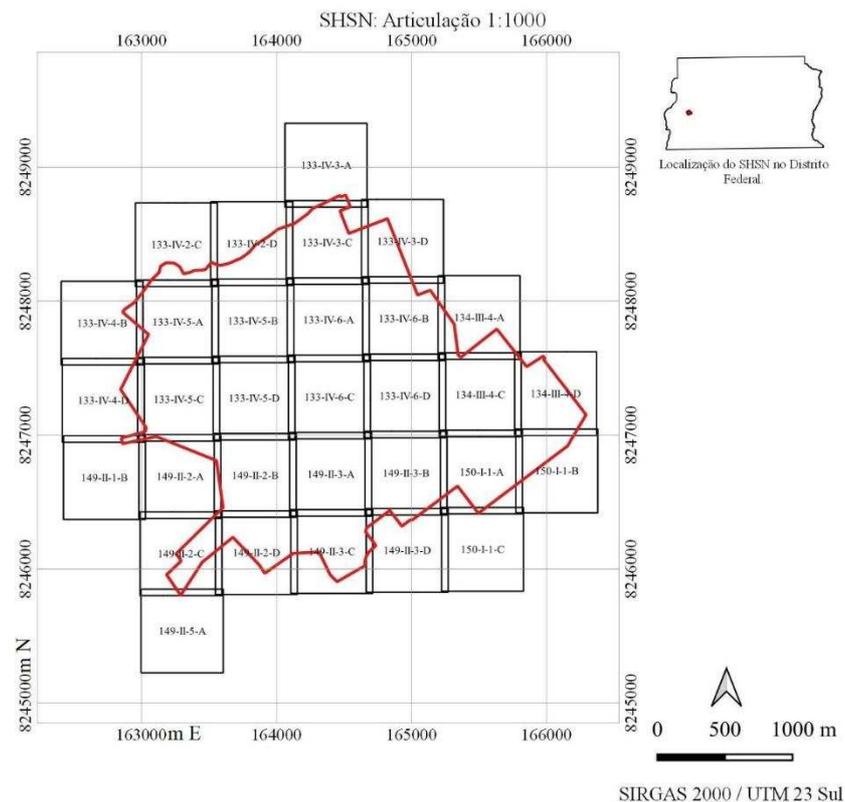
lasinfo report for 'C:\Users\
number of point records: 1378835
histogram of classification of points:
457656 ground (2)
97587 low vegetation (3)
170242 medium vegetation (4)
147118 high vegetation (5)
506232 building (6)

```

Fonte: organizado pelo autor, 2022.

No Passo 3, foi criado mosaico do SHSN, pela união dos arquivos do tipo *raster* gerados a partir dos arquivos laser (*.las*). Na Figura 29, o mosaico foi indicado por meio dos códigos do Sistema Cartográfico do Distrito Federal (SICAD).

Figura 29: Códigos do SICAD referentes ao Setor Habitacional Sol Nascente



Fonte: organizado pelo autor, 2022.

No passo 4, o *shapefile* do Setor Habitacional Sol Nascente foi utilizado para a extração do arquivo *raster* correspondente ao SHSN.

No passo 5, os *shapefiles* e *rasters* das áreas de interesse foram reprojetoados para o sistema cartográfico SIRGAS 2000, UTM 23 Sul.

No passo 6, foram criados mapas de altitude, aspecto, declividade, modelos sombreados (modelos digitais de terreno e modelos digitais de superfície) e Uso do Solo.

No passo 6.1, foram calculadas as seguintes métricas da paisagem: Área da Classe, Porcentagem da Paisagem e o Número de Fragmentos (por meio do software *Fragstats*) bem como a acurácia temática do mapa. Também neste caso, as métricas, juntamente com as classes escolhidas, podem ajudar no entendimento de como a ocupação do solo se apresenta, tornando mais visíveis características além de eventuais erros. Para a avaliação da acurácia temática do mapa de uso do solo, foi usada uma imagem de satélite referente a junho/2016.

Inicialmente, seria feita para o recorte no Distrito Federal (Sol Nascente/Pôr do Sol) uma comparação em dois anos distintos, procedimento análogo ao que foi feito em Belo Horizonte (Aglomerado da Serra e Santana do Cafezal). Entretanto, no caso do DF, os dados LIDAR gratuitos, disponíveis para uma eventual análise, eram do ano de 2015, diferença de cerca de um ano em relação aos dados do Geoportal DF, que são de 2016. Esse curto intervalo proporcionaria um baixo número de alterações nas classes de cobertura da terra. Além do mais, os dados de 2015 têm disponibilidade apenas de MDT. Assim, como os objetivos do trabalho visam demonstrar as potencialidades do uso de ferramentas gratuitas, a intenção era fazer isso para o Distrito Federal.

No passo 6.2, foram apontadas características dos mapas que podem auxiliar em análises urbanísticas, por meio dos mapas de altitude, aspecto, declividade, modelos sombreados e uso do solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo ilustra os resultados alcançados com a aplicação da metodologia apresentada no capítulo 3.

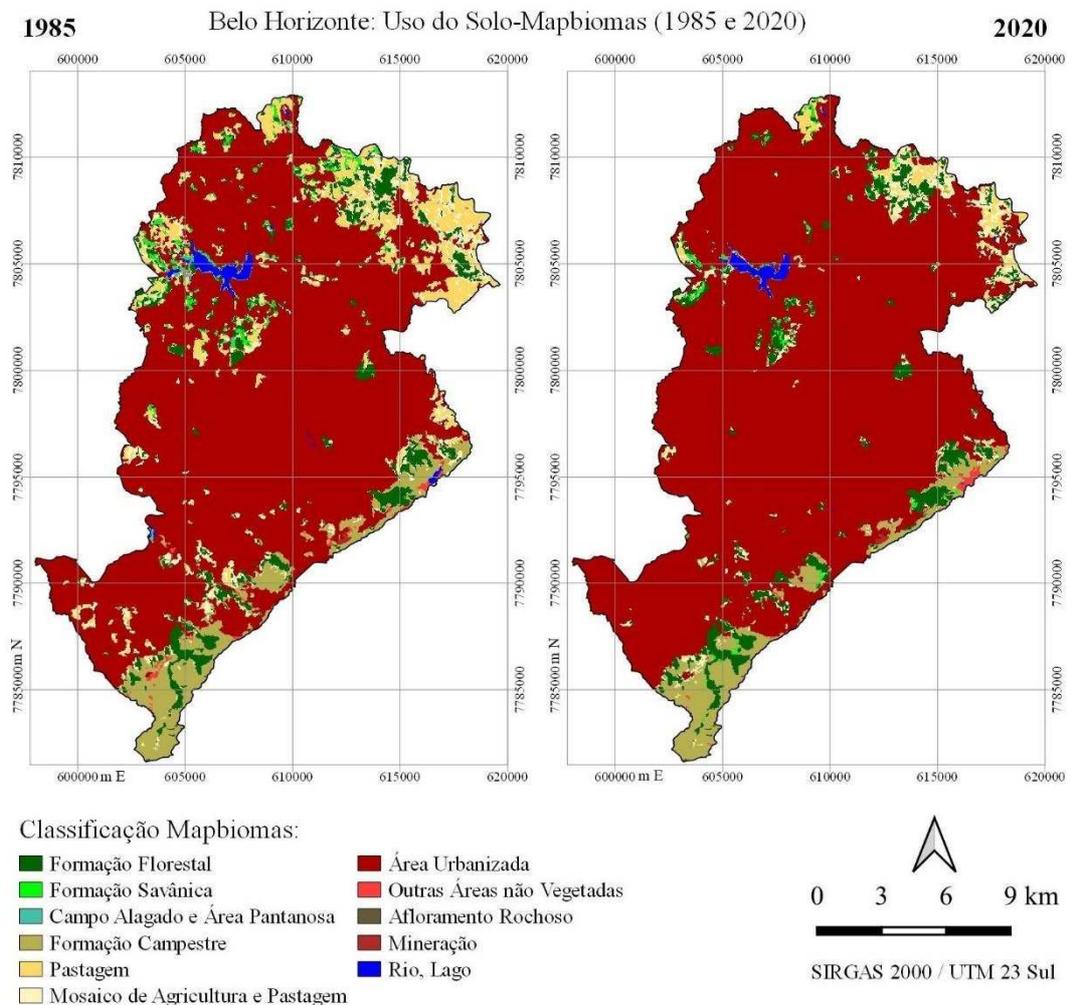
4.1 Métricas da paisagem de Belo Horizonte (Minas Gerais) e do Distrito Federal (MapBiomias)

Inicialmente, cabe ressaltar que a classificação e as análises usando dados do MapBiomias têm utilidade pertinente para aplicação em grandes áreas urbanas, como é o caso da área territorial completa de Belo Horizonte ou Distrito Federal. No entanto, esses dados e análises não são apropriados para uso nas áreas de recortes territoriais menores, com porte semelhante ao Aglomerado da Serra de tecido construtivo muito adensado e altamente irregular

onde se requer dados mais refinados. Por essa razão a pesquisa tem foco em áreas extensas (do porte de municípios) usando dados MapBiomias e também em áreas reduzidas (do porte de assentamentos informais) com uso de dados espaciais mais refinados como levantamentos LIDAR.

Dentre todas as classes de uso e cobertura da terra disponíveis no mapa do MapBiomias, foram selecionadas e analisadas mais detalhadamente as seguintes coberturas: Formação Florestal, Formação Campestre, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Área Urbanizada. A escolha se deu em função do percentual de ocupação/visibilidade dessas classes no mapa (Figura 30 e Tabela 3: Belo Horizonte; e Distrito Federal: Figura 31 e Tabela 4).

Figura 30: Classificação de uso do solo da Cidade de Belo Horizonte conforme dados do MapBiomias



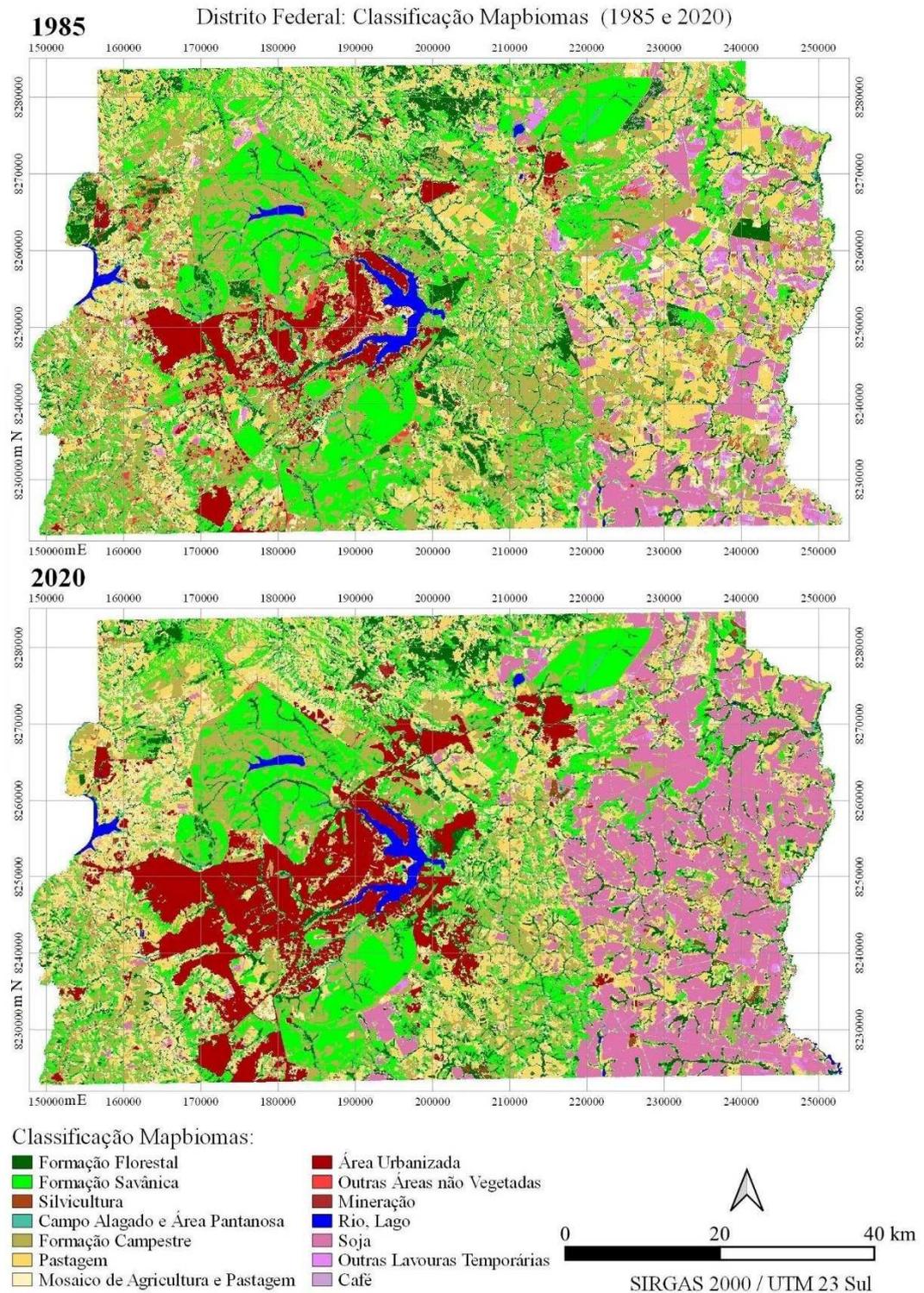
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Tabela 3: Evolução da Área das Classes (CA em km²), Porcentagem da Paisagem (PLAND) e Número de Fragmentos (NP) para o período entre 1985 e 2020

Ano	Número da Classe	3	12	15	21	24
	Nome da Classe	Formação Florestal	Formação Campestre	Pastagem	Mosaico de Agricultura e Pastagem	Área Urbanizada
1985	CA (km ²)	18,38	21,16	23,79	16,39	241,40
2020		16,97	17,16	5,34	10,99	274,95
1985	PLAND (%)	5,55	6,39	7,18	4,95	72,89
2020		5,12	5,18	1,61	3,32	83,03
1985	NP	304	139	330	641	70
2020		188	88	149	357	34

Fonte: organizado pelo autor, 2022.

Figura 31: Classificação do Distrito Federal conforme dados do MapBiomas



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Tabela 4: Evolução da Área das classes (CA), Porcentagem da Paisagem (PLAND) e número de fragmentos (NP) para o período entre 1985 e 2020 (*Software Fragstats*)

Ano	Número da Classe	3	4	12	15	21	24	39
	Nome da Classe	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Pastagem	Mosaico de Agricultura e Pastagem	Área Urbanizada	Soja
1985	CA	510.285,94	1.194.394,84	1.307.043,37	995.844,84	768.153,31	277.284,25	304.941,38
2020		459.606,71	1.063.631,99	850.726,82	873.598,59	706.049,89	636.461,47	952.453,46
1985	PLAND	8,8423	20,6966	22,6486	17,2561	13,3107	4,8048	5,2841
2020		7,9641	18,4307	14,7415	15,1378	12,2345	11,0287	16,5042
1985	NP	7016	13473	9332	8309	21038	884	672
2020		7186	12225	8868	9532	21654	447	1127

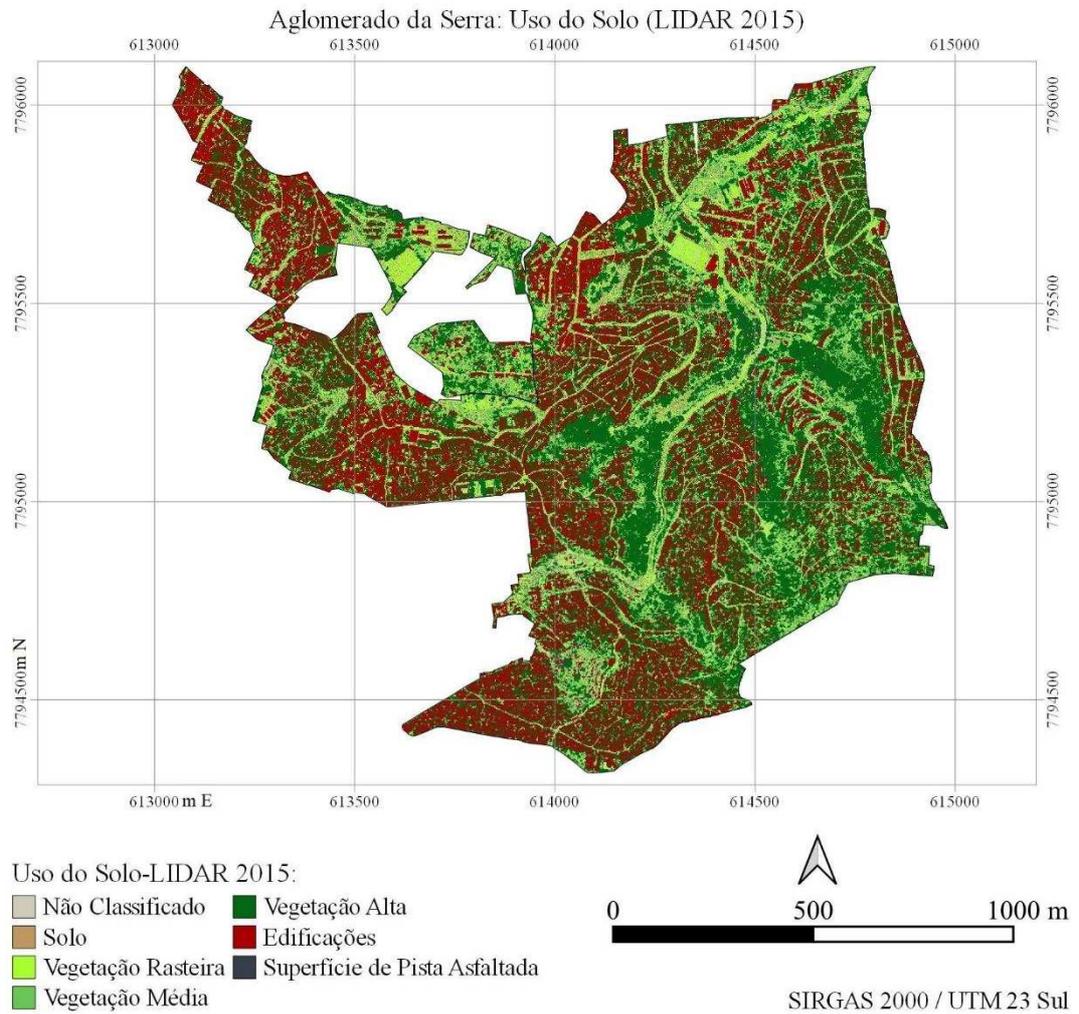
Fonte: organizado pelo autor, 2022.

4.2 Métricas da paisagem do Aglomerado da Serra e do SHSN (LIDAR)

Ressalta-se que a classificação e as análises procedentes dos dados LIDAR não guardam relação com os dados MapBiomas. Enquanto o MapBiomas fornece apenas informações sobre classes de uso do solo, o LIDAR fornece informações sobre os modelos digitais de altimetria, por meio dos quais pode-se extrair dados de altitude, declividade, além da cobertura do solo. O LIDAR apresenta grande utilidade para áreas de vários tamanhos (como o pequeno recorte territorial do Aglomerado da Serra), dada sua alta precisão e resolução espacial fina.

Para o ano de 2015, tem-se a seguinte classificação de uso e cobertura do solo: *Unclassified* (Sem Classificação), *Ground* (Solo), *Low Vegetation* (Vegetação Baixa), *Medium Vegetation* (Vegetação Média), *High Vegetation* (Vegetação Alta), *Building* (Edificações), *Road Surface* (Superfície de Pista Asfaltada), *Overlap* (Sobreposição) e *Noise* (Ruído). Para fins de cálculo das métricas no *Fragstats*, foram descartadas as classes *Overlap* (Sobreposição) e *Noise* (Ruído) devido à sua ocorrência irrelevante. Nas demais classes estão disponíveis muito mais informações, o que possibilita uma análise muito mais apurada da ocupação do solo.

Figura 32: Mapa de uso e ocupação do solo (LIDAR 2015) do Aglomerado da Serra



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Tabela 5: Informações dos mapas de Uso e Cobertura do Solo do Aglomerado da Serra-Ano de 2015

Número da Classe	1	2	3	4	5	6	11
Nome da Classe	Sem Classificação	Solo	Vegetação Rasteira	Vegetação Média	Vegetação Alta	Edificações	Superfície de Pista Asfaltada
CA (km ²)	0,05	0,05	0,23	0,19	0,68	0,50	0,02
PLAND (%)	2,921	2,97	13,3528	10,8627	39,2509	28,5639	1,3593
NP	22734	22146	41513	34113	24817	8340	5535

Fonte: organizado pelo autor, 2022.

Figura 33: Mapa de uso e ocupação do solo (LIDAR 2016) do SHSN



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Tabela 6: Informações dos mapas de Uso e Cobertura do SHSN

Número da Classe	2	3	4	5	6
Nome da Classe	Solo	Vegetação Rasteira	Vegetação Média	Vegetação Alta	Edificações
CA (km ²)	2,53	0,24	0,27	0,68	1,76
PLAND (%)	46,1358	4,3719	5,0149	12,3326	32,1448
NP	23499	35234	35658	8487	2112

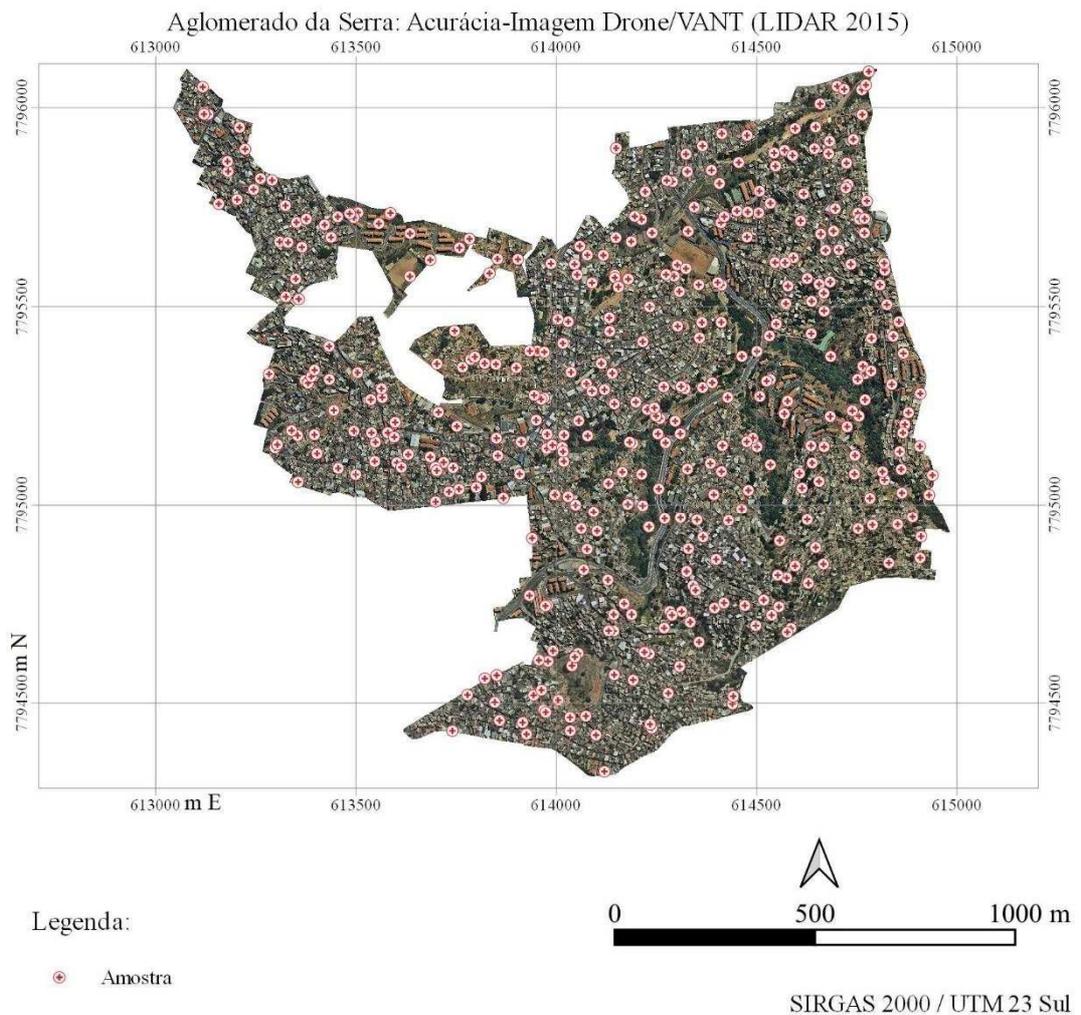
Fonte: organizado pelo autor, 2022.

4.3 Acurácia temática dos mapas (Aglomerado da Serra e SHSN)

A qualidade temática dos mapas gerados foi avaliada por meio da acurácia temática, a qual se propõe a avaliar o nível de concordância entre dados de mapas produzidos por métodos de sensoriamento remoto e dados de referência de qualidade certificada no ambiente real ou de qualidade superior (CONGALTON; GREEN, 2009).

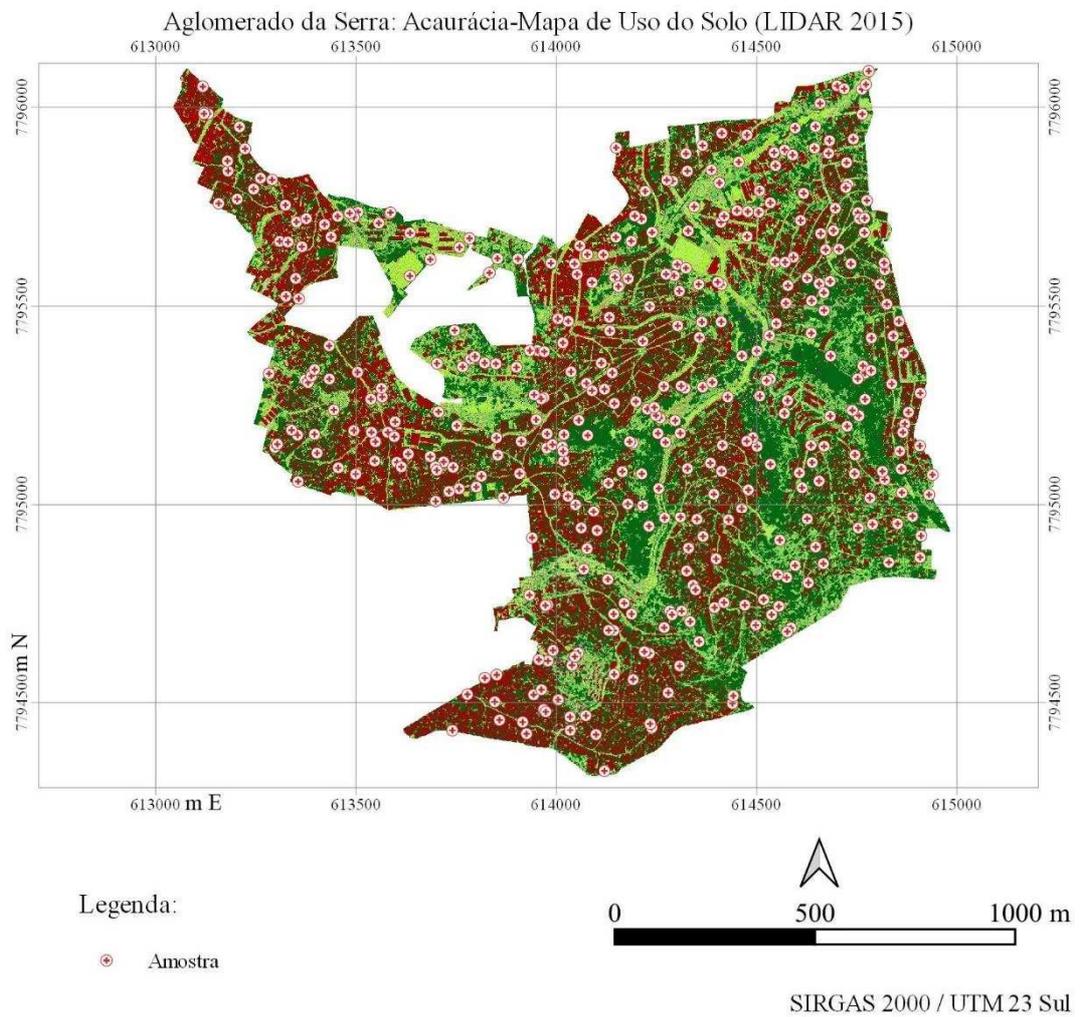
Para os resultados de avaliação da acurácia temática do mapa de classificação do Aglomerado da Serra (Tabela 7) foi utilizada uma ortofoto de 2015 como referência (Figura 36). As classes constantes das tabelas são as seguintes: 1 (Não Classificado); 2 (Solo); 3 (Vegetação Rasteira); 4 (Vegetação Média); 5 (Vegetação Alta); 6 (Edificações); 11 (Superfície de Pista Asfaltada).

Figura 34: Localização das amostras para a avaliação da acurácia temática (Ortofoto 2015)



Fonte: Organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 35: Localização das amostras para a avaliação da acurácia temática (mapa de uso do solo dos dados LIDAR 2015)



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Tabela 7: Matriz de Erro (Matriz de Confusão) Aglomerado da Serra

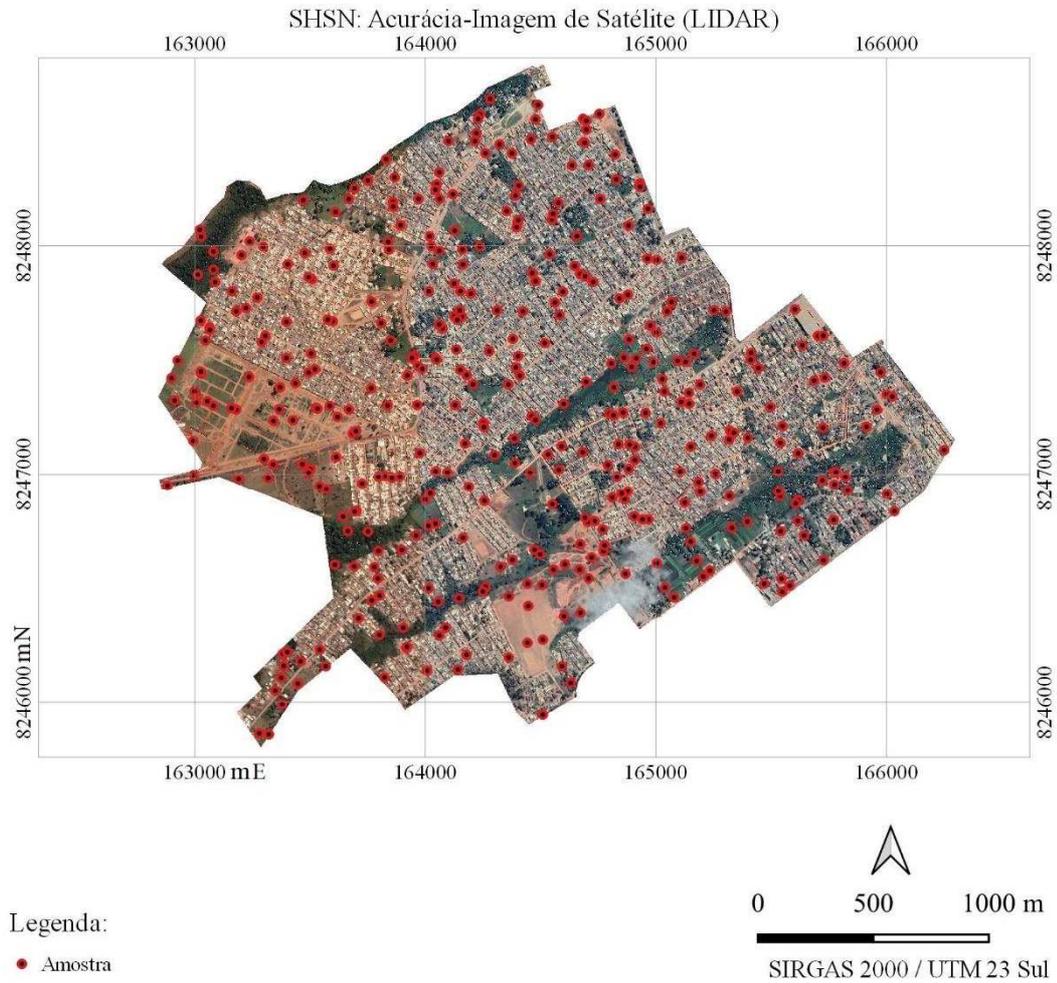
		Valores Classificados							Total	Acurácia do Usuário	Área Total da Classe (m ²)
		Não classificado	Solo	Vegetação Rasteira	Vegetação Média	Vegetação Alta	Edificações	Superfície de Pista Asfaltada			
Valores de Referência	Não classificado	1	5	0	0	0	1	5	12	0,08333	51289
	Solo	0	6	1	0	1	2	2	12	0,5	52149
	Vegetação Rasteira	2	14	8	4	1	17	7	53	0,15094	234454
	Vegetação Média	0	8	11	3	2	10	9	43	0,06977	190733
	Vegetação Alta	0	6	15	27	31	70	8	157	0,19745	689186
	Edificações	1	3	1	2	0	106	1	114	0,92982	501538
	Superfície de pista Asfaltada	0	0	0	0	0	5	0	5	0	23867
Total		4	42	36	36	35	211	32	396		1743216
Acurácia do Produtor		0,25000	0,14286	0,22222	0,08333	0,88571	0,50237	0		0,39141	

Fonte: organizado pelo autor, 2022.

A Tabela 8 mostra os resultados da avaliação da acurácia temática do mapa de classificação do SHSN onde foi utilizada uma imagem de satélite de junho de 2016 como referência, o mapa temático, que foi gerado a partir de arquivo *.las* (dados laser obtidos pelo LIDAR) coletado em 2016, foi avaliado tendo como referência imagem mais próxima possível

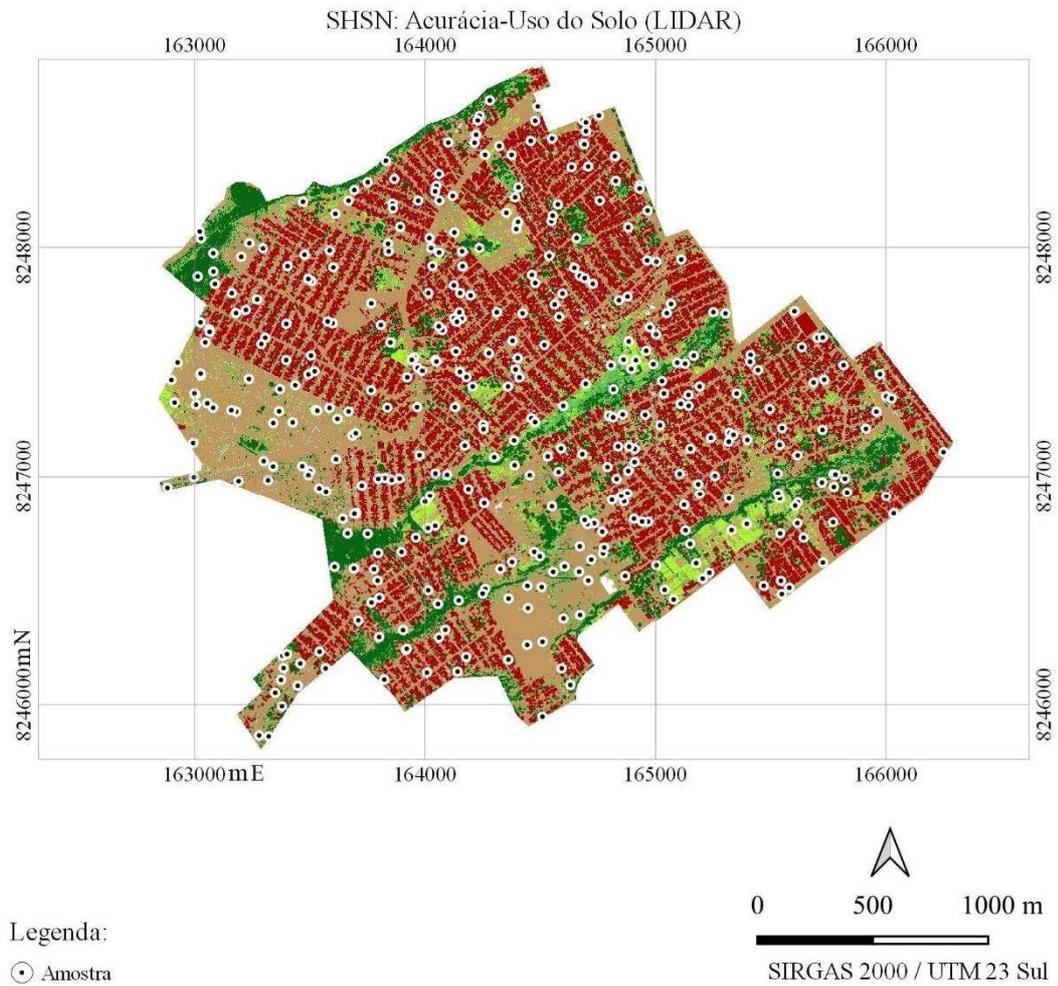
à realidade da época. As classes constantes das tabelas são as seguintes: 2 (Solo); 3 (Vegetação Rasteira); 4 (Vegetação Média); 5 (Vegetação Alta); 6 (Edificações).

Figura 36:Localização das amostras para a avaliação da acurácia temática de imagem de satélite (06/2016)



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 37: Localização das amostras para a avaliação da acurácia temática de mapa de uso do solo (Geoportal 2016)



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Tabela 8: Matriz de Erro (Matriz de Confusão) SHSN

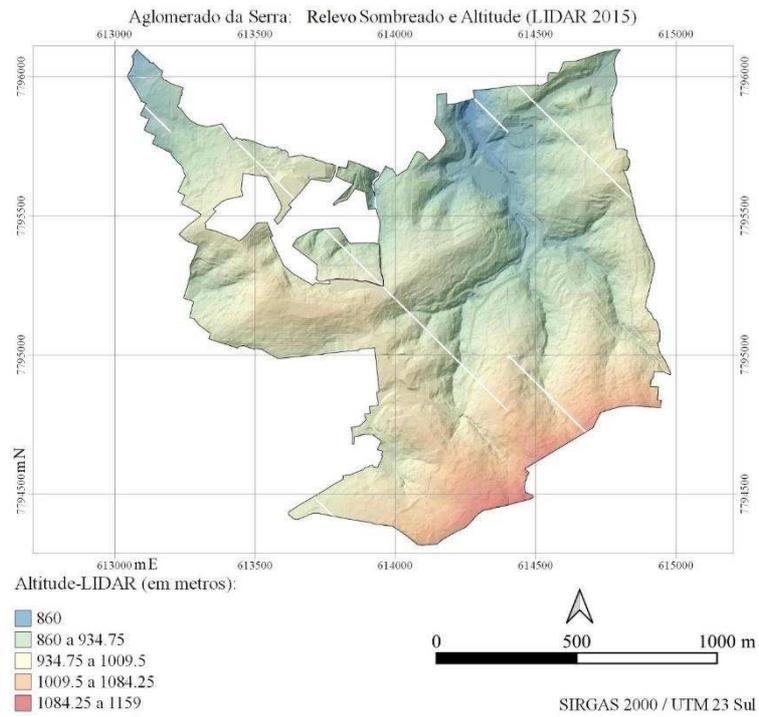
		Valores Classificados						Acurácia do Usuário	Área Total da Classe (m ²)
		Solo	Vegetação Rasteira	Vegetação Média	Vegetação Alta	Edificações	Total		
Valores de Referência	Solo	145	11	2	1	24	183	0,79235	2531676,00
	Vegetação Rasteira	2	9	2	0	4	17	0,52941	239903,00
	Vegetação Média	8	3	5	1	3	20	0,25	275190,00
	Vegetação Alta	3	2	11	30	3	49	0,61224	676744,00
	Edificações	2	0	0	0	125	127	0,98425	1763926,00
	Total	160	25	20	32	159	396		5487439,00
	Acurácia do Produtor	0,90625	0,36000	0,25000	0,93750	0,78616		0,79293	

Fonte: organizado pelo autor, 2022.

4.4 Análises Urbanísticas (Aglomerado da Serra e SHSN)

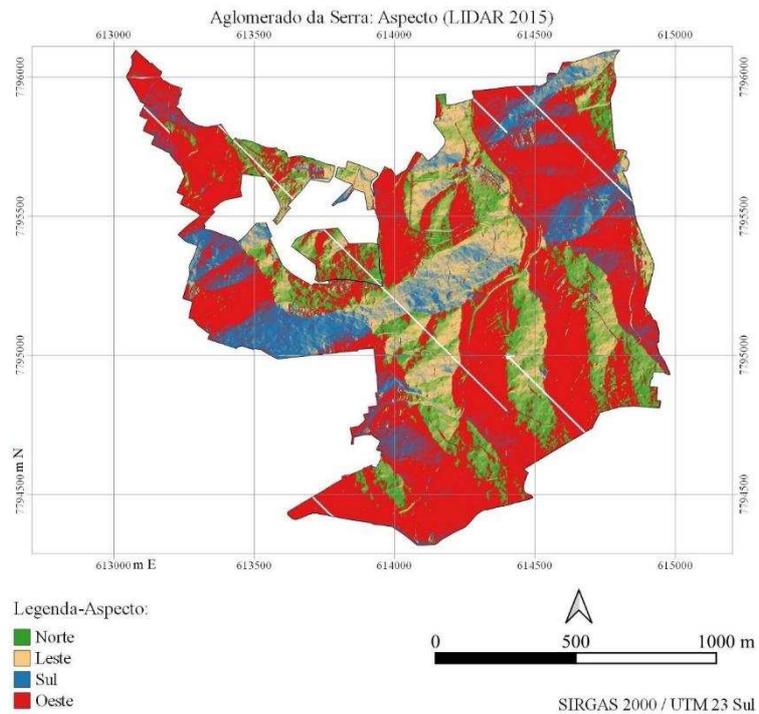
Nas Figuras 38 até 51, a seguir, são apresentados resultados que envolvem análises urbanísticas. As discussões, conclusões e recomendações importantes envolvendo esses resultados são abordadas com mais detalhes no capítulo 5.

Figura 38: Mapa de Altitude e Relevo Sombreado do Aglomerado da Serra



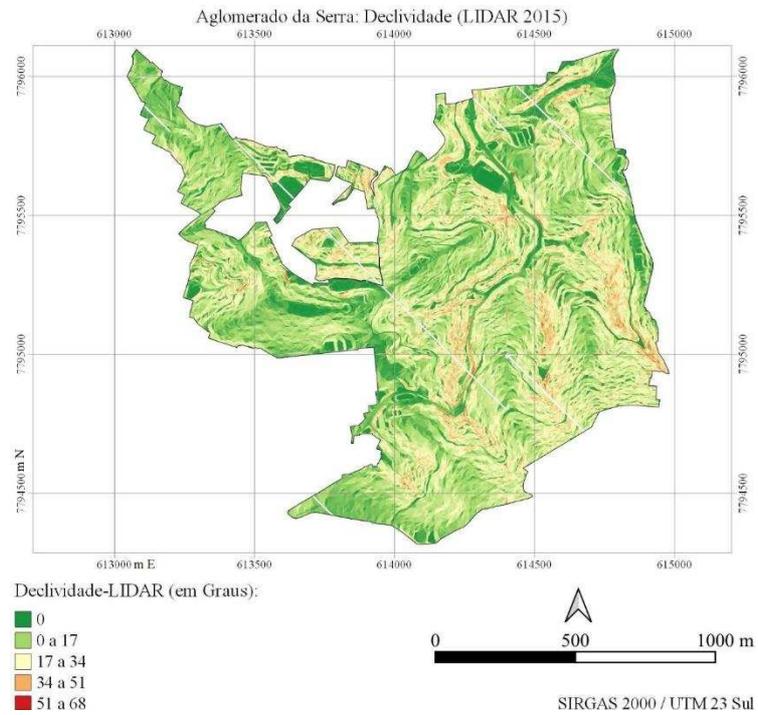
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 39: Mapa de Aspecto do Aglomerado da Serra



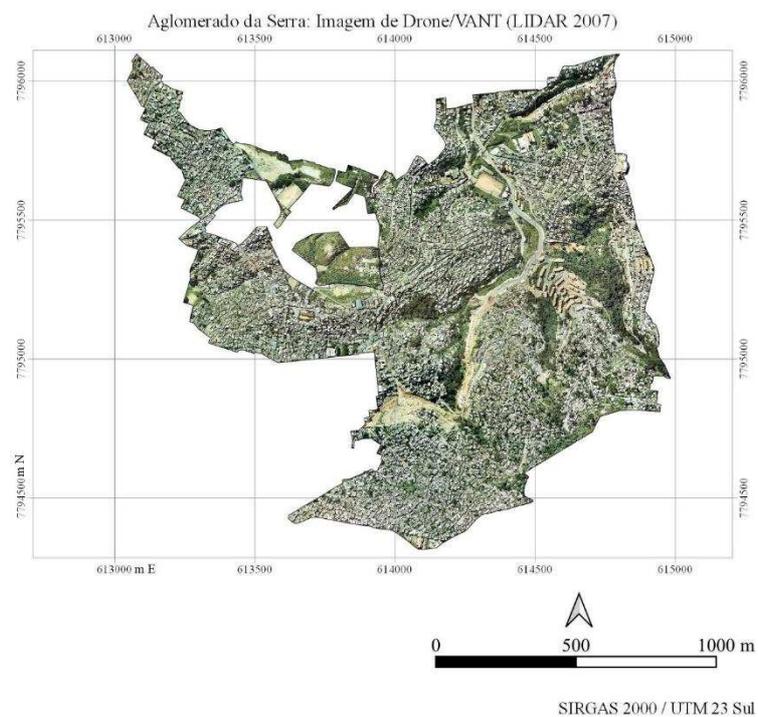
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 40: Mapa de Declividade do Aglomerado da Serra



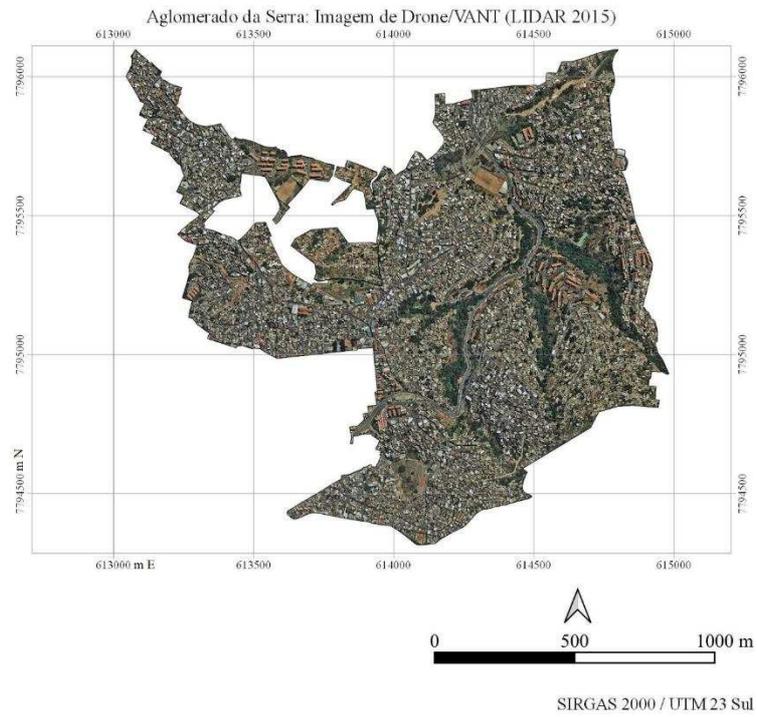
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 41: Ortofoto do Aglomerado da Serra-2007



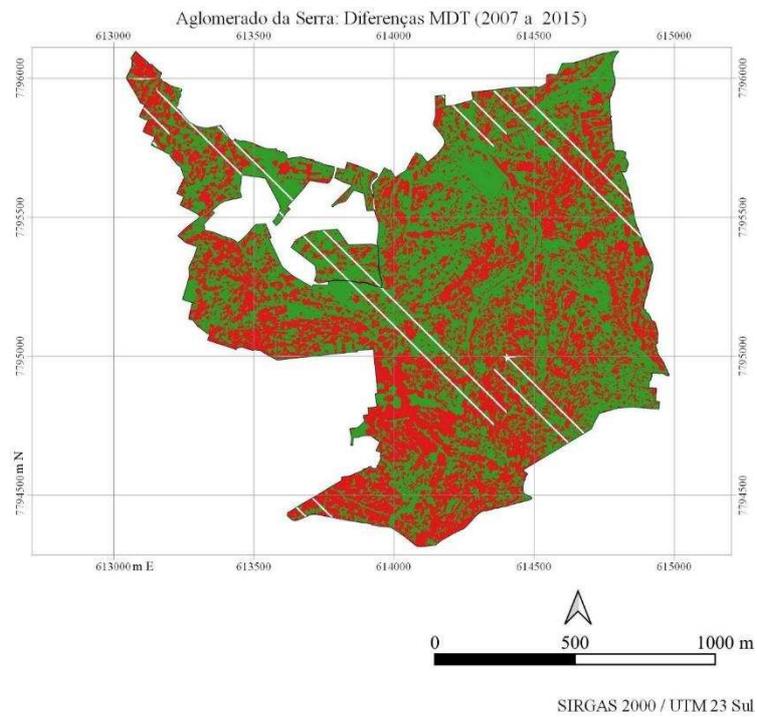
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 42: Ortofoto do Aglomerado da Serra-2015



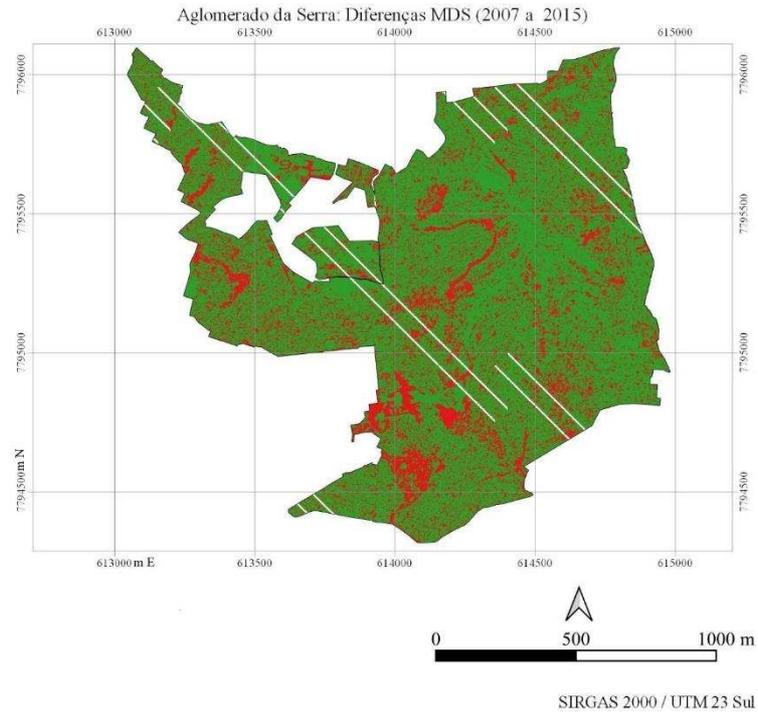
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 43: Mapa de elevações e depressões do terreno entre 2007 e 2015 (Aglomerado da Serra)



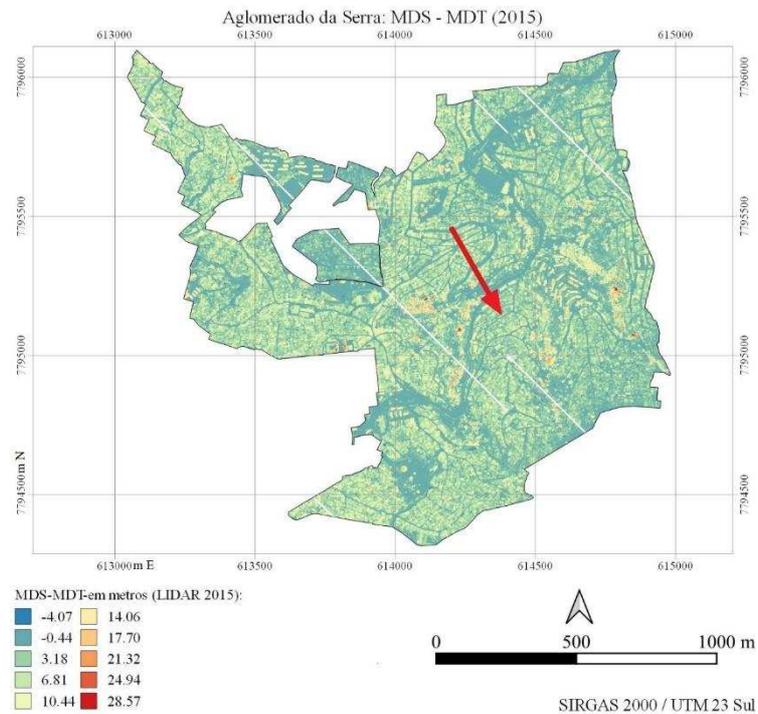
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 44: Mapa de elevações e depressões da superfície entre 2007 e 2015 (Aglomerado da Serra)



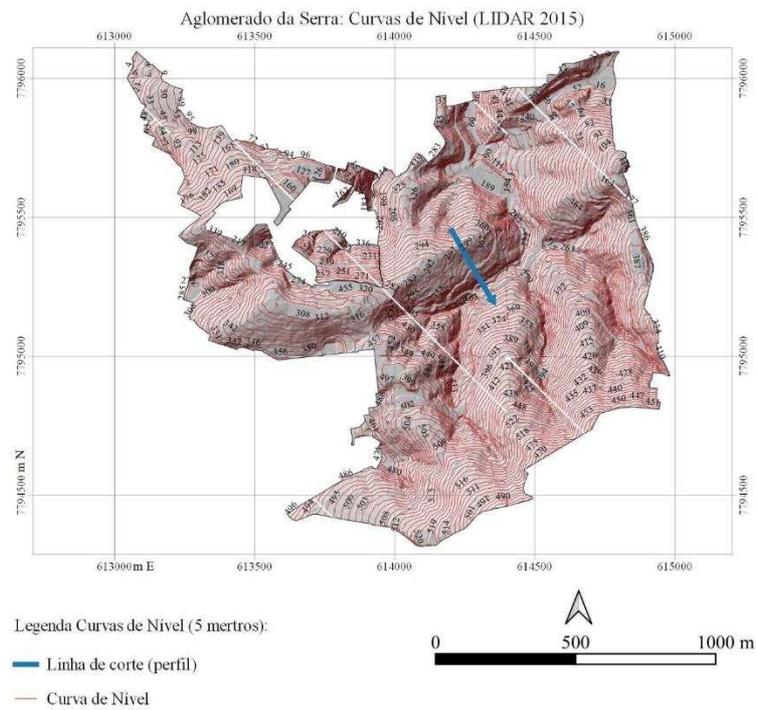
Fonte: organizado pelo autor, 2022, (Coordenadas UTM).

Figura 45: Mapa de Altitudes do MDS menos altitudes do MDT



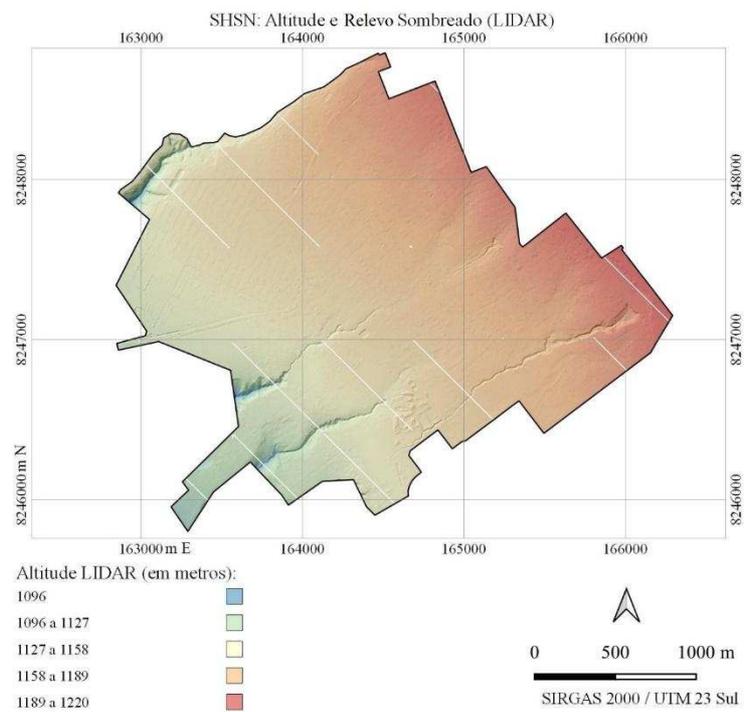
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 46: Mapa de Relevo Sombreado com Curvas de Nível sobrepostas



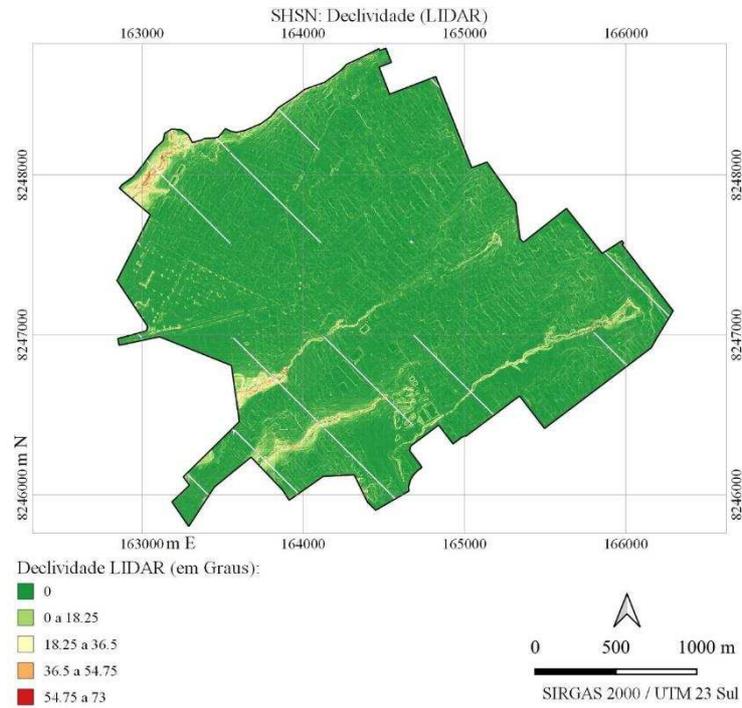
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 47: Mapa de Altitude e Relevo Sombreado do SHSN



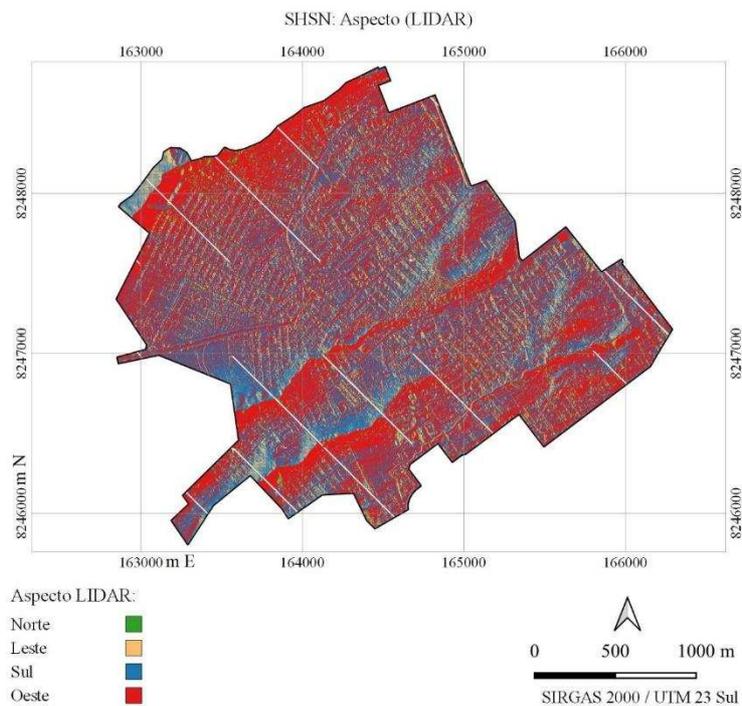
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 48: Mapa de Declividade do SHSN



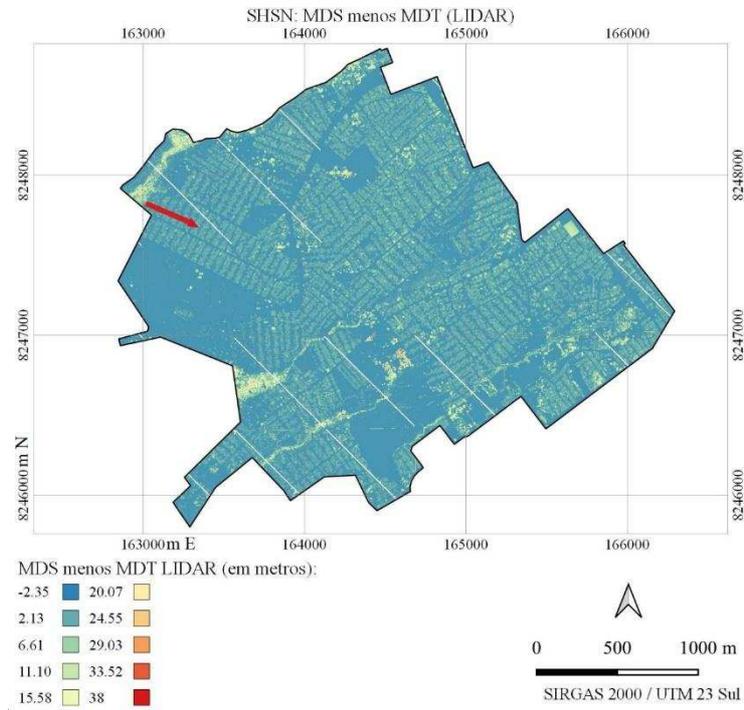
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 49: Mapa de Aspecto do SHSN



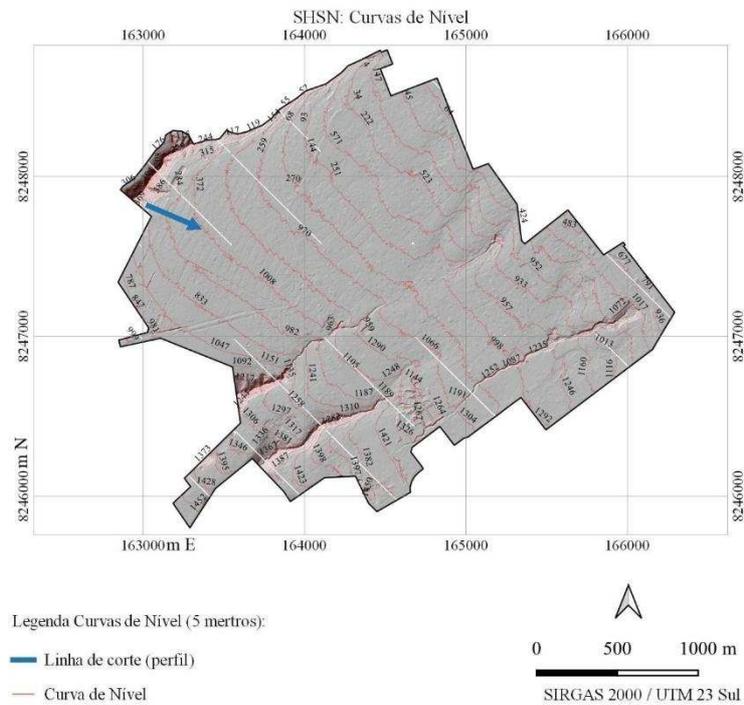
Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 50: Mapa de Altitudes do MDS menos altitudes do MDT



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Figura 51: Mapa de Relevo Sombreado com Curvas de Nível sobrepostas



Fonte: organizado pelo autor, 2022, (Coordenadas UTM).

5 SÍNTESE DAS DISCUSSÕES, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, são apresentadas as sínteses das discussões mais importantes, as conclusões e recomendações relativas ao escopo da pesquisa complementadas com ponderações sobre se os resultados alcançados atenderam ou corroboraram os objetivos propostos.

5.1 Métricas da paisagem em Belo Horizonte e no Distrito Federal com o uso do *Fragstats*:

Nos recortes correspondentes a toda extensão do município de Belo Horizonte e ao território do Distrito Federal, mesmo sendo a resolução espacial dos dados MapBiomas de apenas 30 metros, foi possível extrair e organizar informações que fornecem um panorama razoável acerca das diversas classes constituintes das áreas de estudo, para o intervalo de tempo analisado.

Em Belo Horizonte (Figura 30 e Tabela 3), destaca-se que, em 1985, já havia predominância da classe “Área Urbanizada” (aproximadamente 73%), que passou a ser de 83%, em 2020. No mesmo período, o Mosaico de Agricultura e Pastagem perdeu cerca de 33% de sua área ocupada. A classe “Pastagens”, entretanto, teve uma perda mais significativa, de aproximadamente 77,5%. Curiosamente, a classe “Formação Florestal” teve uma redução baixa na área de cobertura em relação ao espaço ocupado anteriormente. Percebe-se que uma das poucas áreas que permaneceu inalterada foi a área sul da cidade. Mais uma vez, com relação às regiões urbanizadas, o número de fragmentos diminuiu no período avaliado, visto que as ocupações urbanas, ao crescerem rapidamente e se encontrarem no processo, se transformaram em uma só ocupação e, por conseguinte, em um só fragmento.

No caso do Distrito Federal (Figura 31 e Tabela 4), chama a atenção o salto entre 1985 e 2020, da área ocupada pelas plantações de soja, (de 304.941,38 m² para 952.453,46 m², ou seja, a área foi triplicada) bem como o crescimento da Área Urbana (de 277.284,25 m² para 636.461,47 m², a área foi dobrada). O número de fragmentos das áreas urbanas caiu pela metade, indicando que áreas menores cresceram e se uniram a outras. No caso da soja, além do aumento das áreas ocupadas, houve também o aumento no número de fragmentos. No caso das demais classes de uso e cobertura da terra, houve pouca alteração na área ocupada e no número de fragmentos.

Observa-se que o número de fragmentos de áreas urbanizadas, diminuiu no período, devido ao fato de duas ou mais ocupações urbanas, ao crescerem e se encontrarem, se transformarem em uma só ocupação. Lembrando que um pixel de 30m x 30m (900 m²) é considerado um fragmento. Se esse pixel crescer e se encontrar com um fragmento de 50 km², por exemplo, são dois fragmentos se encontrando e tornando-se um só. Ou seja, a diminuição do número de fragmentos não significa, necessariamente, retrocesso na área da classe. No caso da classe Pastagem, o número de fragmentos caiu pela metade, e esta classe quase desapareceu. As áreas urbanizadas, também tiveram seu número de fragmentos reduzido quase à metade, porém houve expansão em sua área de cobertura superficial.

Há predominância da Área Urbanizada em relação às demais classes, mostrando, porém, que seu crescimento foi pequeno em relação a 1985. A Classe “Pastagem” teve diminuição considerável, passando de 23,79% para apenas 5,34%.

As métricas da paisagem utilizadas nesta pesquisa demonstraram grande potencial no fornecimento de informações, quando aplicadas em áreas territoriais do porte de um município como Belo Horizonte e Distrito Federal, ainda que os dados utilizados sejam gratuitos e de resolução pior (30 metros).

Com relação à classificação de uso do solo, observa-se a presença de várias classes de cobertura que são comuns tanto em Belo Horizonte quanto no Distrito Federal. Conforme Figura 52, são elas: Formação Florestal, Formação Savânica, Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Área Urbanizada, Outras Áreas Não Vegetadas, Mineração, Rio e Lago.

Figura 52: Classes do MapBiomas presentes tanto em Belo Horizonte quanto no Distrito Federal

Classificação Mapbiomas DF		Classificação Mapbiomas Belo Horizonte	
■ Formação Florestal	■ Área Urbanizada	■ Formação Florestal	■ Área Urbanizada
■ Formação Savânica	■ Outras Áreas não Vegetadas	■ Formação Savânica	■ Outras Áreas não Vegetadas
■ Silvicultura	■ Mineração	■ Campo Alagado e Área Pantanosa	■ Afloramento Rochoso
■ Campo Alagado e Área Pantanosa	■ Rio, Lago	■ Formação Campestre	■ Mineração
■ Formação Campestre	■ Soja	■ Pastagem	■ Rio, Lago
■ Pastagem	■ Outras Lavouras Temporárias	■ Mosaico de Agricultura e Pastagem	
■ Mosaico de Agricultura e Pastagem	■ Café		

Fonte: organizado pelo autor, 2022.

5.2 Métricas da paisagem no Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte e no SHSN, no Distrito Federal com o uso do *Fragstats*:

No Aglomerado da Serra uma análise comparativa entre os anos de 2007 e 2015 não foi possível, visto que para o ano de 2007, os dados LIDAR apresentam apenas três classes,

enquanto para 2015, os dados LIDAR forneceram nove classes. Assim a análise foi concentrada apenas nas métricas da paisagem para o ano de 2015 (Figura 32 e Tabela 5). Há um predomínio das classes Edificações e Vegetação Alta, com 28,56% e 39,25%, respectivamente. Já o solo sem nenhuma ocupação corresponde a 2,97% da área total. A classe com maior número de fragmentos é a de Vegetação Rasteira, com um total de 41.513, que estão espalhados por toda a área do aglomerado. Verificou-se que no mapa de uso do solo, certas classes ocupam, em demasia, o lugar de outras, prejudicando a precisão temática deste mapa, fato a ser mais explorado nas conclusões da acurácia temática do mapa correspondente.

Com relação ao SHSN, após a análise dos dados LIDAR por meio do *Fragstats*, é possível destacar que há predominância da classe “Solo” seguido pela classe Edificações (46,13% e 32,14%, respectivamente). Vale destacar, entretanto, que essa predominância é superestimada, pois os arquivos .las (dados LIDAR), além de desconsiderarem a camada asfáltica, incluíram seus dados na classe “Solo”. Além do mais, o solo desocupado possui 23.499 fragmentos, o que mostra sua pulverização na região, ao contrário das edificações, que têm poucos fragmentos, porém de maior tamanho e mais concentrados. (Figura 33 e Tabela 6).

Tanto no Aglomerado da Serra quanto no SHSN, mesmo com a utilização de dados de alta precisão (LIDAR com resolução de 1 metro), os resultados obtidos tiveram qualidade questionável e prejudicada, em razão dos seguintes fatores: inexistência de dados gratuitos e de alta precisão de vários períodos sequenciais, fato que impossibilita a criação e o estudo de séries históricas; erros de classificação presentes nas métricas obtidas, pelos quais foram atribuídas áreas de extensão demasiado diferentes do que são na realidade.

Recomenda-se que os órgãos públicos executem, rotineiramente em intervalos temporais adequados, coleta e disponibilização de dados LIDAR, com vistas a gerar informações para observar as mudanças de MDT e MDS em intervalos menores de tempo, atendendo aos interesses tanto do poder público quanto da sociedade.

Depreende-se, portanto, que para estudos análogos, em menores áreas, o uso de informações com custos associados pode, além de fornecer informações mais precisas, fornecer dados mais recentes e mais refinados, agregando assim maior valor ao resultado final do trabalho.

5.3 Acurácia temática dos mapas:

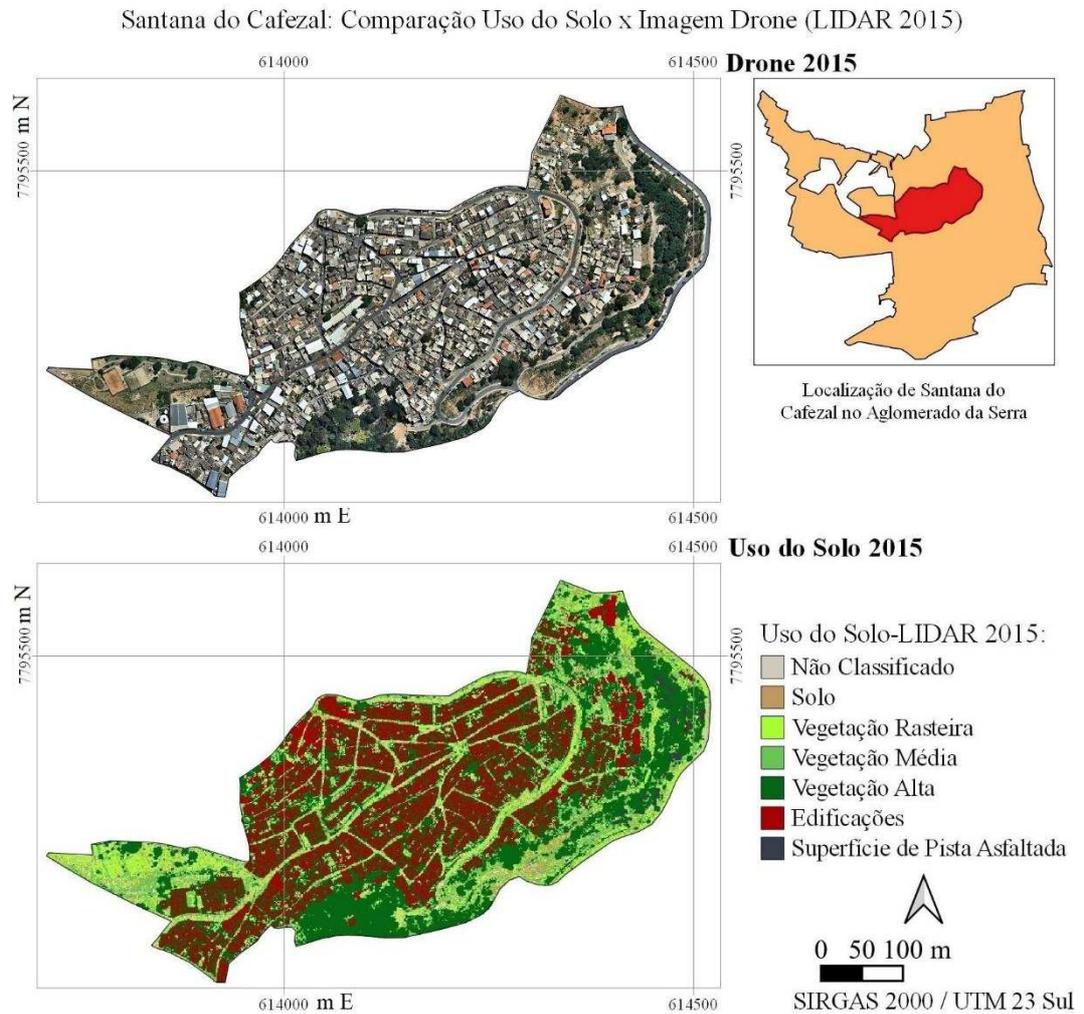
Para a avaliação do mapa de uso do solo proveniente do levantamento LIDAR do Aglomerado da Serra, foi utilizada como referência a ortofoto do ano de 2015. Foram classificadas 396 amostras, cujos pontos estão representados na Figura 34 (ortofoto 2015) e na Figura 35 (mapa de uso do solo LIDAR 2015). O erro padrão geral esperado usado foi 0,005. A acurácia temática global obtida foi de 0,39 (39%). Como citado anteriormente, as classes presentes nesse mapa não coincidiram de forma esperada com a cobertura do solo presente na ortofoto correspondente.

Acurácia Temática do mapa de Santana do Cafezal

Para uma análise mais pontual da classificação do uso do solo com base nos dados LIDAR, foi observado um dos componentes territoriais do Aglomerado da Serra, Santana do Cafezal para o ano de 2015 (Figura 53), em função da falha observada na classificação fornecida no LIDAR.

É possível verificar que no mapa de classes, a área que deveria corresponder ao asfalto, por exemplo, apresenta predominância de tons esverdeados, não correspondendo, portanto, à realidade e influenciando desfavoravelmente na acurácia temática global do mapa. Esse fato reforça, junto com os valores da Tabela 7 (Matriz de Confusão), o baixo valor da acurácia temática global.

Figura 53: Santana do Cafezal: Comparação entre o Uso do Solo e Imagem de Drone (2015)



Fonte: Organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

Acurácia Temática do mapa do SHSN

Foram classificadas 396 amostras, cujos pontos estão representados na Figura 36 (Imagem de sensor de julho de 2016, disponibilizado pelo Google) e Figura 37 (Mapa de uso do solo extraído de dados LIDAR, captados em 2016). O erro padrão geral esperado adotado é 0,005. A acurácia temática global é de 0,79 (79%). Em oposição, no caso do Sol Nascente/Pôr do Sol, acurácia temática global foi mais elevada de 0.59 (59%), mesmo com a inexistência da classe “Asfalto”.

A Figura 54 corresponde a um recorte da área analisada do SHSN. É possível observar que, dentre as classes do mapa, não há superfície asfáltica ou similar. Essa classe não consta do arquivo *.las* (dados laser obtidos pelo LIDAR) avaliado, a despeito da presença de asfalto tanto no SHSN, setor mais recente (inserido no polígono azul), quanto no pequeno trecho correspondente à Ceilândia, Região Administrativa IX, área já consolidada vizinha ao SHSN (delimitado pelo polígono verde).

Figura 54: Sol Nascente/Pôr do Sol: Comparação entre o Uso do Solo e Imagem de Drone (2015

Sol Nascente/Pôr do Sol: Comparação Uso do Solo x Google Earth 2016



Fonte: organizado pelo autor, 2022 (Coordenadas UTM).

5.4 Análises urbanísticas (aspectos gerais)

Mapas de Altitude:

Com uma variação de aproximadamente 300 metros, verifica-se, no Aglomerado da Serra, que as altitudes, vão aumentando no sentido aproximado Norte-Sul (Figura 38). As mais

baixas altitudes encontram-se a Noroeste e a Nordeste, enquanto as mais elevadas estão a Sudeste e a Sul. Com variação menor, cerca de 124 metros, as altitudes no SHSN crescem no sentido Sudoeste-Nordeste, conforme Figura 47.

Mapas de Aspecto:

No mapa do Aglomerado da Serra (Figura 39), consta a predominância de áreas orientadas para o poente, havendo equivalência nas áreas distribuídas entre Norte, Sul e Leste.

No SHSN, de modo similar ao Aglomerado da Serra, há prevalência de áreas inclinadas para Oeste, porém com grande ocorrência de áreas inclinadas para Sul. Percebe-se também que o nível de precisão das informações coletadas permitiu observar a ocupação do solo de modo mais evidente, visto que o modo como ocorreu, alterou o sentido de inclinação das áreas ocupadas, sendo possível distinguir, por exemplo, o contorno ou formato de ruas e quadras (Figura 49).

Mapas de Declividade:

Há predominância de inclinações entre 17° e 34° no Aglomerado da Serra (Figura 40), o que caracteriza o local como de considerável dificuldade em termos de ocupação, além de nítida complexidade para locomoção de seus moradores.

Em oposição, o SHSN dispõe de prevalência de inclinações próximas a 0° , fato que corrobora com as características do relevo do Distrito Federal, o qual é majoritariamente plano e que favorece seu crescimento (Figura 48).

Mapas de Relevo Sombreado:

O Aglomerado da Serra (Figura 38), em sua textura visual, apresenta terreno demasiado e predominantemente acidentado, característica que torna eventuais ocupações residuais ou mesmo requalificação urbana, tarefa de grande complexidade a urbanistas e demais profissionais, tanto pelo relevo quanto pela ocupação sem critério já existente.

O relevo sombreado do SHSN mostra configuração plana bem definida, ao longo de quase toda sua extensão, conforme Figura 47.

Mapas de Curvas de Nível:

Aglomerado da Serra: a grande proximidade entre as curvas de nível ajuda na compreensão de como é o formato acidentado de seu terreno (Figura 46).

Em oposição, no SHSN, a equidistância regular de suas curvas de nível, mostra a configuração mais plana da região (Figura 51).

Imagens de satélites e de drones:

As imagens são de grande importância por mostrarem como acontece a realidade das ocupações em ambas as localidades, além de terem servido de base para o cálculo de acurácia temática dos mapas de classes.

Na representação das ortofotos do Aglomerado da Serra de 2007 (Figura 41) e de 2015 (Figura 42) é possível observar alterações temporais na região.

No SHSN, em função da indisponibilidade de uma série histórica, apresentou-se apenas a imagem do setor, para o mês de junho de 2016 (Figura 36).

5.5 Análises urbanísticas (aspectos pontuais de interesses singulares)

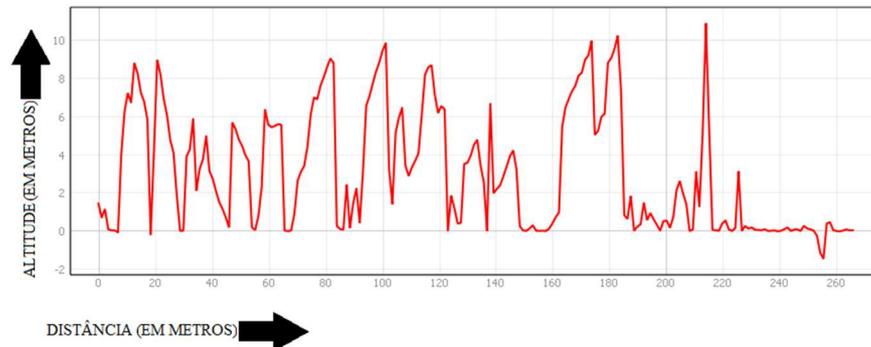
Aglomerado da Serra:

Tem-se comparações elaboradas entre os MDT's de 2007 e de 2015 (Figura 43) e entre os MDS's de 2007 e de 2015 (Figura 44). Em vermelho, estão as áreas que sofreram algum tipo de rebaixamento e, em verde, estão as áreas que foram erigidas. No caso da comparação de MDT's, as áreas em vermelho mostram possíveis escavações, como, por exemplo, para a abertura ou alargamento das pistas de rolamento. Já os fragmentos verdes podem indicar o crescimento de fundações das edificações, por exemplo. Nas comparações dos MDS's, as áreas em verde indicam o crescimento vertical das edificações e da vegetação, por exemplo. Na área mais ao sul, as fragmentações vermelhas indicam que as espécies vegetais mais altas foram suprimidas, por exemplo.

Observa-se, na Figura 45, um mapa com volumes presentes na superfície, que são representados sem a interferência das altitudes do terreno. Ou seja, tem-se as altitudes do modelo digital de superfície menos as altitudes do modelo digital do terreno, gerando-se assim um modelo de alturas dos objetos presentes no terreno. Há ainda a representação de uma linha em seta na cor vermelha, com 260 metros de comprimento, indicando um corte no sentido aproximado noroeste/sudeste. Na Figura 55, tem-se a representação do perfil desse corte, indicando o modo como os volumes ou objetos da superfície estariam dispostos entre si em um terreno plano. Por meio dessas representações é possível observar as alturas absolutas entre edificações, averiguar se há indícios de aumento na altura das edificações que extrapolariam a

altura máxima permitida em lei (quando for o caso), além de auxiliar na atualização de valores de IPTU cobrados.

Figura 55: Gráfico ilustrando Altitudes do MDS menos altitudes do MDT



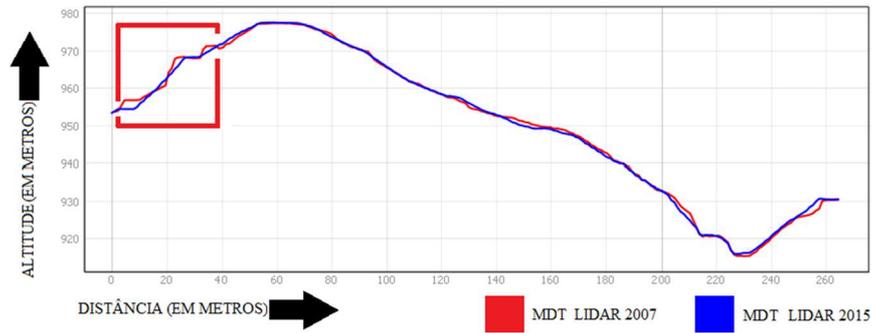
Fonte: organizado pelo autor, 2022.

Na Figura 46, há representação da planta das curvas de nível da área de estudo. Nela, observa-se uma linha em seta na cor vermelha, no sentido aproximado noroeste/sudeste. Essa seta indica o sentido de corte, com comprimento de 260 metros, feito em trecho do local avaliado (Figuras 56, 57 e 58).

Na Figura 56, consta representação da relação entre os perfis dos modelos digitais de terreno nos anos de 2007 (linha vermelha) e de 2015 (linha azul). O objetivo desta análise foi observar as mudanças indicadas no perfil do terreno, escavações, depressões ou aterro no local. O retângulo em vermelho destaca a diferença mais visível no corte apresentado, podendo ter sido decorrente de obra de algum corte no terreno. Já na Figura 57 há representação da relação de perfis dos modelos digitais de superfície para os anos de 2007 (linha vermelha) e 2015 (linha azul).

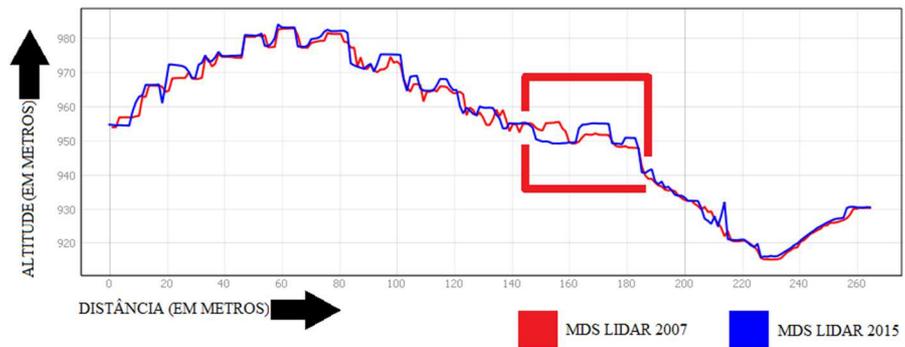
Observou-se grande variação de altitude tanto para mais quanto para menos, indicando crescimento de vegetação e supressão ou crescimento de edificações. Entre 140 metros e 180 metros de distância, a cerca de 950 metros de altitude, vê-se essas variações, em um formato mais acentuado. Na Figura 58, tem-se a imagem do mesmo local em 2007 e 2015 e com auxílio de uma imagem de satélite recente (Figura xx), mostra-se a retirada de edificações para o alargamento da rua principal, destacando a diferença no intervalo de tempo estudado, mostrando as mudanças nas edificações, leitos carroçáveis e locais de circulação de pedestres ao longo do tempo.

Figura 56: Gráfico com sobreposição do MDT 2007 e MDT 2015 de trecho do Aglomerado da Serra



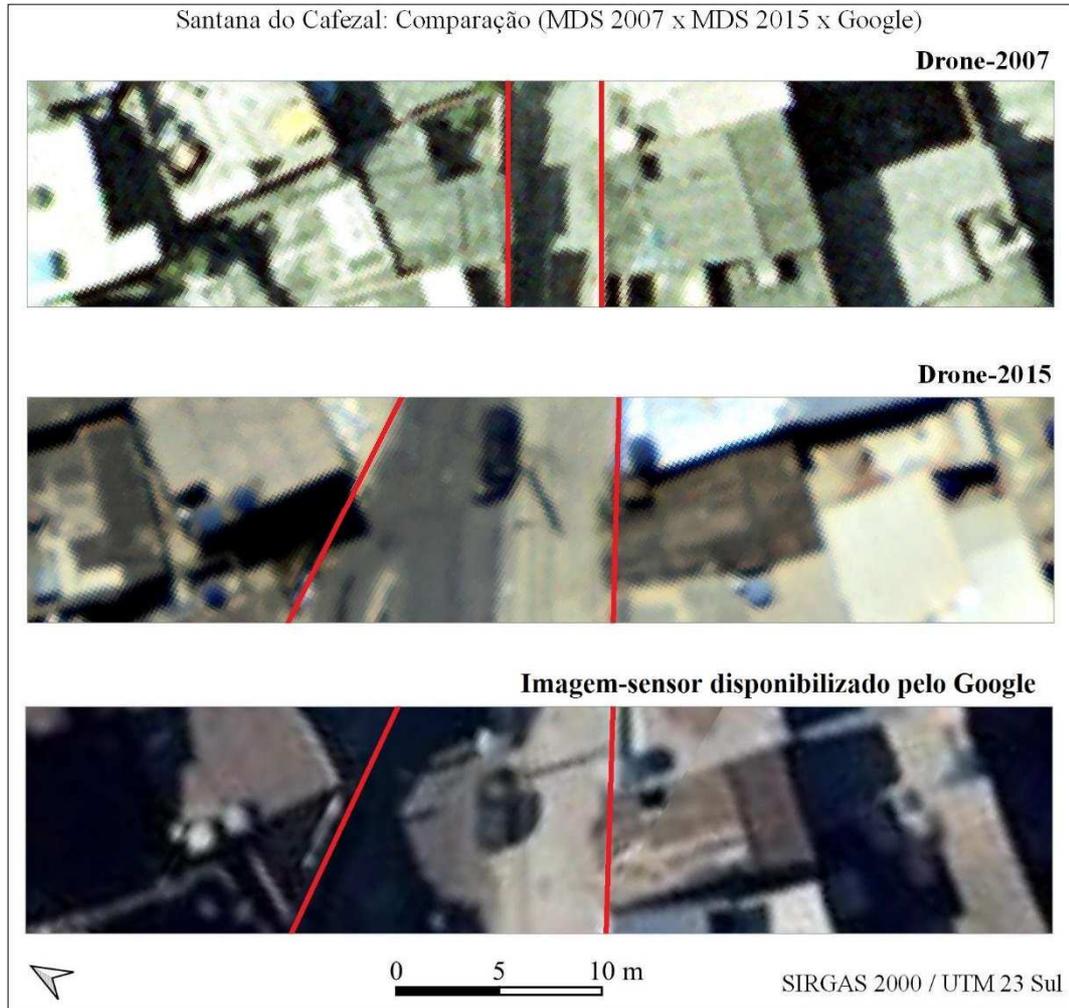
Fonte: organizado pelo autor, 2022.

Figura 57: Gráfico com sobreposição do MDS 2007 e MDS 2015 de trecho do Aglomerado da Serra



Fonte: organizado pelo autor, 2022.

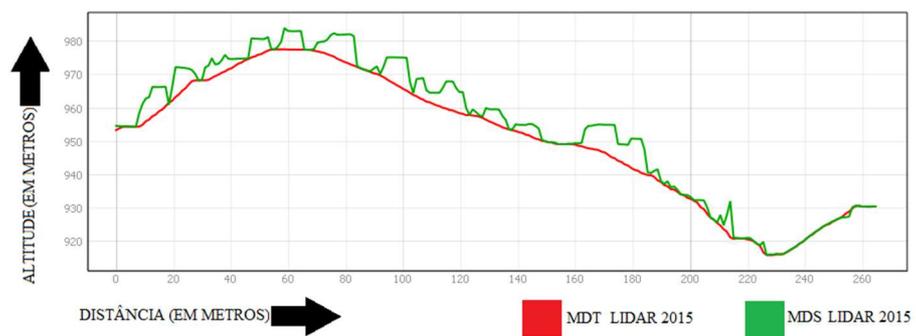
Figura 58: Comparação de imagens mostrando diferenças na superfície (Aglomerado da Serra)



Fonte: PBH e Sensor disponibilizado pelo Google Satellite (organizado pelo autor, 2022).

Na Figura 59, é ilustrada a relação entre o MDS e o MDT do trecho recortado. É possível observar o comportamento dos volumes da superfície em relação ao terreno.

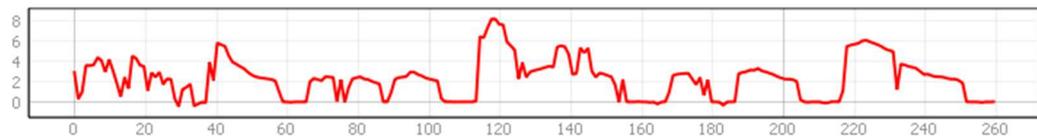
Figura 59: Relação entre o MDS e o MDT (Aglomerado da Serra-2015)



SHSN:

Tem-se, na Figura 50, mapa com volumes presentes na superfície, que são representados sem a influência das altitudes do terreno. A exemplo da representação elaborada para o Aglomerado da Serra, tem-se as altitudes do modelo digital de superfície menos as altitudes do modelo digital do terreno. Trata-se, portanto, de um modelo digital de alturas absolutas dos objetos presentes no terreno. No mesmo mapa, tem-se representação de seta na cor vermelha, com 260 metros de comprimento, indicando corte no sentido aproximado noroeste/sudeste. Na Figura 60, mostra-se a representação do perfil desse corte, o modo como os volumes da superfície estaria disposto entre si em um terreno plano.

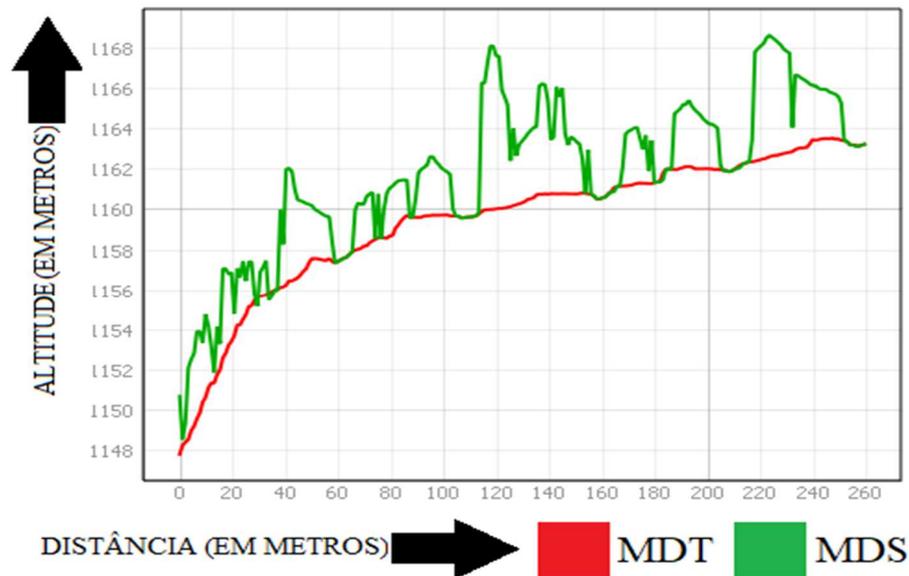
Figura 60: Gráfico ilustrando Altitudes do MDS menos altitudes do MDT



Fonte: organizado pelo autor, 2022.

Na Figura 51, tem-se representação da planta das curvas de nível da área de estudo. Nela, é possível observar uma linha em seta na cor azul, no sentido aproximado noroeste/sudeste. Essa seta indica o sentido de corte, com comprimento de 320 metros, feito em parte do local avaliado, conforme Figura 61. Com essas duas representações, observa-se o formato do terreno, suas depressões, elevações, divisores e recolhedores de águas, relação entre as edificações vegetação e demais volumes em relação ao terreno.

Figura 61: Relação entre o MDS e o MDT



Fonte: organizado pelo autor, 2022.

5.6 Conquistas efetivas

Com relação aos objetivos estabelecidos para a presente pesquisa, cuja principal meta foi analisar a viabilidade da utilização de alguns desses recursos e dados de geoprocessamento, de disponibilidade gratuita, quando aplicados a análises urbanísticas, a pesquisa teve êxito ao demonstrar os seguintes aspectos:

Contribuição do *Software Fragstats*

O uso do *Fragstats*, ferramenta criada e usada para análises de caráter ambiental, teve seu uso direcionado na presente pesquisa para o cálculo de três métricas específicas (Área da Classe - CA; Porcentagem da Paisagem - PLAND e Número de Fragmentos - NP), as quais se mostraram eficientes, considerando-se a rapidez na produção dos resultados, sua gratuidade e seu bom desempenho com dados de alta precisão, como os provenientes do LIDAR. Seu uso, porém, foi limitado pela própria natureza dos dados e objetivos da pesquisa, predominantemente urbanísticos. Por isso, seu uso é recomendado, porém existem restrições.

Ficou demonstrado que o uso de ferramenta de geoprocessamento *Fragstats*, mesmo tendo sido desenvolvida para análises de caráter ambiental, pode, por meio de três de suas métricas (Área da Classe, Número de Fragmentos e Porcentagem da Paisagem) fornecer informações relevantes à pesquisa proposta, ao calcular as áreas e a porcentagem de cada uma das classes escolhidas possibilitando assim comparações entre a mesma classe e entre classes distintas ao longo do tempo. Outro tipo de dado de grande valia entregue pelo *Fragstats* foi a quantidade de fragmentos das classes, que permitiu verificar como foi o crescimento de áreas urbanas.

Contribuição do *Software* QGIS

Esse SIG foi utilizado para gerar os mapas e outras informações aplicadas à pesquisa, como a conversão de arquivo laser (.las) em rasters. Apesar de ser um SIG gratuito, forneceu as bases necessárias à execução do trabalho, por meio de ferramentas presentes no SIG e Plugins desenvolvidos por colaboradores(as).

Contribuição dos dados LIDAR:

Entre as diferentes tecnologias existentes para melhorar a qualidade de vida urbana, as provenientes do LIDAR merecem ser exploradas, especialmente para as favelas ainda não mapeadas. A área construída calculada utilizando alturas em comparação com uma pesquisa de referência permite monitorar o crescimento, especialmente a densidade construída que cresce diretamente afetada por verticalização. A tecnologia LIDAR pode combinar alta resolução e verticalização precisa com nível de detalhe suficiente solicitado neste acordo de tipomorfologia (RIBEIRO, 2019). Os resultados aqui apresentados contribuem para auxiliar os tomadores de decisão e planejadores na descrição do crescimento da área construída da favela quantitativamente. (RIBEIRO *et al*, 2016).

No que se refere à aplicação de recursos do geoprocessamento de alta precisão, em escalas maiores em locais específicos de Belo Horizonte e do Distrito Federal, os dados LIDAR, sem dúvidas, conferiram maior nível de precisão às análises realizadas. Porém, sua classificação, no caso do Aglomerado da Serra, apresentou erros, como demonstrado no trabalho, atribuindo pixels de classes distintas daquelas que, de fato, existem no local. Outro ponto negativo foi a ausência de dados para anos anteriores e posteriores aos analisados. Para o SHSN, a classificação se mostrou mais precisa, devendo ser ressaltado, entretanto, a ausência

de classe corresponde a superfície asfaltada. Esses dados devem ser captados em menor intervalo de tempo, com uma classificação mais precisa.

Mesmo com todas as limitações apresentadas ao longo da pesquisa, os softwares e arquivos de dados utilizados possibilitaram a geração de muitas informações urbanísticas que, se devidamente combinados, podem dar suporte a projetos e pesquisas relacionados a requalificações de assentamentos informais ou concepção de conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda, erigidos pelo estado ou por esquema de mutirão, como no caso do Usina CTAH (Centro de Trabalhos para o Ambiente Habitado). O Usina é um escritório de arquitetura e assessoria técnica voltado a movimentos populares, fundado em 1990, que tem como premissa a articulação processos que agreguem a capacidade de planejar, projetar e erigir, em esquema de mutirão, habitações populares. Ele já participou de projeto e da execução de cerca de 5.000 unidades habitacionais, escolas, centros comunitários e creches em vários dos principais estados do Brasil. Também auxiliou no desenvolvimento de planos urbanísticos, projetos de urbanização de favelas e na formação e organização de cooperativas de trabalho. (VILAÇA; CONSTANTE, 2015).

5.7 Avaliação Geral dos recursos de geoprocessamento

A aplicação do geoprocessamento no Aglomerado da Serra e no Sol Nascente/Pôr do Sol demonstrou, ao mesmo tempo a boa capacidade de análise dessas ferramentas e a indisponibilidade de algumas informações que permitiriam uma pesquisa mais refinada e que produziriam resultados mais precisos. Entretanto, é inegável que o poder público, nos últimos anos, tem aumentado cada vez mais a disponibilidade e a qualidade das informações urbanísticas e de geoprocessamento, tornando-as mais acessíveis à população em geral. Ainda assim, a sugestão é de que levantamentos de alta precisão sejam elaborados no menor intervalo possível de tempo para que as mudanças no tecido urbano sejam notadas e estudadas de forma mais célere e para que os planejadores tenham mais dados gratuitos à disposição. Enquanto o uso dos dados gratuitos na pesquisa foi controverso, os softwares livres tiveram desempenho satisfatório, sendo seu uso altamente recomendável.

O benefício do uso do geoprocessamento como ferramenta para análise de estudos urbanísticos ficou claro na pesquisa, em que pese as limitações encontradas. Essa ferramenta pode ajudar na criação de soluções para problemas aparentemente recorrentes, presentes em ocupações irregulares, proporcionando dignidade a uma grande parcela da população residente

nesses locais. O bom planejamento urbano pode transformar os assentamentos em locais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, diminuindo a pobreza e as desigualdades (ONU, 2015).

5.8 Recurso de geoprocessamento e Análises Urbanísticas

A aplicação dessas ferramentas nos dados de ambas as localidades de origem informal demonstrou quão importante é uso desses recursos aos estudos urbanísticos para áreas com essas características. Certamente, não há como ignorar o fato de que a inexistência de uma quantidade maior de dados impossibilita um maior número de comparações. Porém, é notório o esforço do poder público na produção de material de modo a fornecer à sociedade informações mais claras sobre o território, como demonstrado tanto no GeoPortal (GDF) quanto no BHGeo (PBH).

É possível a extração de informações e análises, ambas direcionadas ao planejamento urbano, em que pese as limitações identificadas nos dados relativos às métricas da paisagem e acurácia temática dos mapas. Ainda assim, para fins urbanísticos, recomenda-se parcimônia no uso das informações de uso do solo, em especial, de ocupações urbanas, que os mapas gerados sejam utilizados em avaliações preliminares.

Em suma, existem benefícios associados ao uso do geoprocessamento como ferramenta para análise de estudos urbanísticos, mesmo com as limitações encontradas. Tais recursos permitem criação de soluções a problemas recorrentes, presentes em ocupações irregulares, proporcionando dignidade a uma grande parcela da população residente nesses locais, na medida em podem transformar os assentamentos em locais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, diminuindo a pobreza e as desigualdades.

5.9 Agenda 2030

O uso do geoprocessamento pode apontar caminhos para se alcançar algumas das possíveis soluções urbanísticas para problemas demasiado complexos ocasionados e que afetam as ocupações irregulares, com diagnósticos, prognósticos e propostas, de modo a manter e devolver a dignidade à grande parcela da população residente nessas localidades, em concordância com os objetivos estabelecidos na Agenda 2030, da ONU.

O planejamento urbano torna os assentamentos mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, ao garantir o acesso à habitação segura, adequada e a preço acessível, e acesso aos serviços básicos, urbanizando as favelas. Pode aumentar também a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados, proporcionando ainda acesso a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes (ONU, 2015).

Em apoio a essas ODS, tem-se também o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-HABITAT), que é uma agência especial da ONU cujo objetivo é promover cidades mais sociais e ambientalmente sustentáveis, para que seus ocupantes tenham habitações adequadas, em outros termos, uma melhor qualidade de vida para todos em um mundo em urbanização (ONU, 2002).

Considerando, portanto, os benefícios provenientes da aplicação do planejamento urbano aliado ao geoprocessamento, os resultados desta parceria podem reduzir as desigualdades ao se promover inclusão social, com mobilidade mais facilmente ordenada, segura, regular para as pessoas, inclusive por meio da implementação de políticas de migração planejadas e bem geridas (ONU, 2015), se usados em estudos para a concepção de conjunto habitacionais, com acessibilidade, espaços de convivência, verdes e sustentáveis, conjuntos esses com função social. Há também a possibilidade de uso do geoprocessamento no mapeamento do crescimento vertical e horizontal, ou seja, da densidade e tipomorfologia dos aglomerados subnormais.

Como algumas sugestões das intervenções que podem ser avaliadas com auxílio do geoprocessamento pode-se citar o planejamento do trânsito na região, em estudos sobre larguras de pistas de rolamento, por meio de MDSs. Outra sugestão trata da altura das edificações. Informações dessa natureza podem auxiliar na observância da manutenção ou alteração das alturas máximas das edificações, tanto para fins do cumprimento do disposto em códigos de edificações quanto para ajustes de cobranças em cálculos de IPTU. Sugere-se também a aplicação desses recursos em estudos de áreas passíveis de inundações ou deslizamentos.

Foi notada a ocorrência de alguns poucos dados classificados como ruídos nos mapas gerados por meio do MDE. Essa é uma ocorrência representada nas imagens pelas linhas brancas em diagonal, que não possuem dados. Entretanto, os ruídos (ausência de dados) não causaram impacto relevante nas análises feitas nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANELLI, Renato. A cidade contemporânea: uma conversa com Joaquim Guedes. **Arquitextos**, n. 099.02. São Paulo, Portal Vitruvius, ago. 2008 <www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq099/arq099_02.asp>. Acesso em: 08 out. 2020.
- ANTROP, M. Background concepts for integrated landscape analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 77, p. 17–28, 2000.
- ARCHER, R. S. **Measuring and Monitoring Long Term Disaster Recovery Using Remote Sensing**: a case study of post Katrina New Orleans. 2013. 205 (Tese). Geography, University of California, Santa Barbara, 2013.
- BELO HORIZONTE. **Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019**. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Belo Horizonte: Câmara Municipal, [2022]. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-legislacao/lei/11181/2019>. Acesso em: 10 set. 2021.
- BELO HORIZONTE. **Vilas e Favelas. Prefeitura de Belo Horizonte** (2021). Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte. 2021. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/urbel/vilas-e-favelas>. Acesso em: 15 dez. de 2021
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 10 set. 2021.
- BRASIL. **Lei Complementar nº 803, de 25 de abril de 2009**. Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal — PDOT e dá outras providências. Brasília-DF: Poder Executivo. Sistema Integrado de Normas Jurídicas do DF. [2022]. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/60298/Lei_Complementar_803_25_04_2009.html. Acesso em: 02 out. 2021.
- BRASIL. **Lei Complementar nº 854, de 15 de outubro de 2012**. Atualiza a Lei Complementar nº 803, de 25 de abril de 2009, que aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT e dá outras providências. Tribunal de Contas, DF: Sistema Integrado de Normas Jurídicas do Distrito Federal, [2022]. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/72806/Lei_Complementar_854_15_10_2012.html. Acesso em: 10 fev. 2022.
- BRASIL. **Lei complementar nº 785, de 14 de novembro de 2008**. Cria o Setor Habitacional Sol Nascente e a Área de Regularização de Interesse Social – ARIS Pôr do Sol na Região Administrativa de Ceilândia – RA IX e estabelece parâmetros para aprovação de projetos de urbanismo. Lei complementar nº 785, de 14 de novembro de 2008, Brasília: Sinj-DF, ano 2008, 14 nov. 2008. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/59079/Lei_Complementar_785_14_11_2008.html. Acesso em: 10 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16766.htm. Acesso em: 10 set. 2021.

CASA ABRIL. **Como distribuir os espaços internos em relação ao Sol?** (2013), il. Disponível em: <https://casa.abril.com.br/casas-apartamentos/como-distribuir-os-espacos-internos-em-relacao-ao-sol/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

CAVALCANTI, Rafaela Campos; NETO, José de Sousa Brandão. **O Projeto Urbano Contemporâneo: competição global e coesão sócio-espacial**. 2008. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

CAVENAGHI, T. Paula; LIMA, Mariana. **Plano Diretor: como a geotecnologia tem facilitado a gestão dos municípios**. MundoGeo, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/plano-diretor-como-a-geotecnologia-tem-facilitado-a-gestao-dos-municipios>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

COLAVITE, Ana Paula; PASSOS, Messias M. Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, p.1547 – 1559, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2212>. Acesso em: 20 mar. 2022.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 2009.

COUTO, P. Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em Fragstats. **Investigação Operacional**, v.24, n.1, p.109-137, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262740241_Analise_factorial_aplicada_a_metricas_da_paisagem_definidas_em_FRAGSTATS. Acesso em: 20 jan. 2021.

DA ROCHA, N. A.; BORGES, J. L. C.; MOURA, A. C. M. Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**. 2016; 7(1): 23-34. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v7i1.8644222>.

DISTRITO FEDERAL. CODEPLAN. PDAD/CEILÂNDIA– 2018. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio**. Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2015. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/wpcontent/uploads/2019/05/Ceil%C3%A2ndia.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

DORETTO, E. S.; MONTANHA, P. N. Geoprocessamento para Controle das Políticas Públicas. **Mundo Geo**, Curitiba. PR, nov 2006.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. ISBN 0521474620.

FUJACO, M. A. G; LEITE, M. G. P; MESSIAS, M. C. T. B. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 695-701, out./dez.

2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0370-44672010000400016>. Acesso em: 09 out. 2021.

GIBSON, L.; ADELEKE, A.; HADDEN, R.; RUSH, D. Spatial metrics from LiDAR roof mapping for fire spread risk assessment of informal settlements in Cape Town, South Africa. **Fire Safety Journal**, n.120, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379711220300278>. Acesso em: 08 out. 2022.

GUIMARÃES, Luiz Guilherme Arantes. **Estratégias de infraestrutura verde aplicadas à drenagem urbana em áreas densamente ocupadas: o caso do trecho 3 do setor habitacional sol nascente, distrito federal**. 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2019.

HEPINSTALL-CYMERMAN, J.; COE, S.; HUTYRA, L. R. Urban growth patterns and growth management boundaries in the Central Puget Sound, Washington, 1986–2007. **Urban Ecosystems**, v. 16, p. 109-129, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0206-3>.

HEROLD, M.; SCEPAN, J.; CLARKE, K. C. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. **Environment and Planning A**, v. 34, n. 8, p. 1443-1458, 2002. ISSN 0308-518X, 1472-3409.

HOFFMANN, R.; MIGUEL, Renato A. D. C.; PEDROSO, Daiane Cristina. A importância do planejamento urbano e da gestão ambiental para o crescimento ordenado das cidades. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, V. 3, No. 3, Dezembro, 2011. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/11301/209209209313>. Acesso em: 11 mar. 2022.

HOLMGREN, J. **Estimation of forest variables using airborne laser scanning**. Tese Phd, Acta Universitatis. Agriculturae Sueciae, Silvestria, 278. Umeå, Suécia, 2003.

LANDIS, J. R; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Internacional Biometrics Society**, v.33, n. 1. p. 159-174, 1977.

LEMMENS, M. The fierce rise of airborne Lidar. **Gim International-The World Wide Magazine for Geonatics**, n. 1, v. 31, p. 16-19, 2017. Disponível em: <https://www.gim-international.com/files/eb6a4d1d15c12b38b30c2c7d9c223528.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

LIMA, Rodrigo Pereira. **Avaliação do uso de modelos digitais de terreno nos estudos de simulação de ruptura de barragens**. 2020. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2020.

LIU, X. *et al.* A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. **Landscape Ecology**. v. 25, n. 5, p. 671-682, 2010. ISSN 0921-2973, 1572-9761.

MCGARIGAL, Kevin. **Fragstats help: versão 4.2: computer software program produced by the author at the University of Massachusetts**. Massachusetts: Amherst; 2015. 182 p.

MEDEIROS, V; HOLANDA, F.; BARROS, A. **O labirinto das cidades brasileiras:** heranças urbanísticas e configuração espacial. IPEA, n.1601, Brasília, mar. 2011.

MELO, Cíntia Freitas. **Aspectos da teoria derivacionista do estado na produção capitalista do espaço urbano:** um estudo sobre o Programa Vila Viva no Aglomerado Da Serra. Belo Horizonte. 2016. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2016.

MELO, Izabel Dias de Oliveira Melo. **O espaço da política e as políticas do espaço:** tensões entre o programa de urbanização de favelas "Vila Viva" e as práticas cotidianas no Aglomerado da Serra em Belo Horizonte. 2009. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2009.

MIKHAILOV, A.; REICHERT, F. M. Influência da capacidade absorptiva sobre inovação: uma revisão sistemática de literatura. **Revista de Administração Mackenzie**, v.20, n.6. doi:10.1590/1678-6971/eRAMD190033.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. 9 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

MOURA, Débora Andrade Gomes. **A ilusão da formalidade [manuscrito]:** a consolidação de padrões e suas contradições em prédios habitacionais no Aglomerado da Serra, Belo Horizonte. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Escola de Arquitetura. Universidade Federal de Minas Gerais.

NASCIMENTO, D. R., IOP, E., FERREIRA, A. S. Promoção da cultura na cidade marginal: desenvolvimento humano na comunidade Sol Nascente (DF). **Technology Science**, v.3, n.1, p.1-11, 2021. Disponível em: <http://www.sapientiae.com.br/index.php/technologysciences/article/view/CBPC2674-6425.2021.001.0001/82> Acesso em: 30 fev. 2022.

NESIMI, Mariana dos Santos; BOTELHO, Maurilio Lima. Das favelas às prisões: transformações na segregação urbana no rio de janeiro. **Revista Continentes**, [S.l.], n. 16, p. 285-315, jun. 2020. ISSN 2317-8825. Disponível em: <http://www.revistacontinentes.com.br/continentes/index.php/continentes/article/view/242>. Acesso em: 01 nov. 2021.

OBTENCIÓN Datos Lidar. In: **Inproaudit: Innovative projects**. Spain, 2022. Disponível em: <http://inproaudit.com/obtener-datos-lidar.php>. Acesso em: 12 abr. 2022.

ORESTE, T. A. M.; LOPES, E. B. Geoprocessamento: análise de dados cartográficos-planejamento e desenvolvimento urbano. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 18, 2015. Disponível em <https://doi.org/10.17271/2318847231820151023>. Acesso em: 10 out. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 02 fev. 2022.

PROGRAMA Cidades Sustentáveis. **Guia de Introdução ao Planejamento Urbano Integrado**. Brasília, DF, 2019. 126 p. Disponível em:

<https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/link/guia-planejamento-integrado.pdf>. Acesso em: 24 set. 2021.

RENSLOW, M. S. **Manual of Airborne Topographic LiDAR-Bethesda**. Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2012.

RIBEIRO, S. C. L.; JARZABEK-RYCHARD, M. ; CINTRA, J. P. ; MAAS, H.-G. Describing the vertical structure of informal settlements on the basis of LIDAR data: a case study for favelas (slums) in Sao Paulo city. **ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. IV-2/W5, p. 437-444, 2019.

RIBEIRO, Silvio César Lima. **O uso do Lidar aerotransportado para obtenção de métricas de ocupação em assentamentos precários**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/T.3.2019.tde-21102019-123737. Acesso em: 12 out. 2021.

RIBEIRO, Silvio Cesar Lima; DANIEL, Marcelo Nakano; ABIKO, Alex. Zeis maps: comparing areas to be earmarked exclusively for social housing in São Paulo city. **Land Use Policy**, v. 58, p. 445-455, 2016.

RICHARDS, D. R., PASSY, P., OH, R. R. Y. Impacts of population density and wealth on the quantity and structure of urban green space in tropical Southeast Asia. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, 2017, p. 553-560. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204616301839>. Acesso em: 12 ago. 2020.

ROY, D; *et al.* The emergence of slums: A contemporary view on simulation models. **Environmental Modelling & Software**. n. 59, p. 76-90, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815214001352>. Acesso em: 12 nov. 2021.

SANTOS, C.C. P. *et al.* O uso de geotecnologias para planejamento urbano de áreas de risco associados a dinâmica fluvial no perímetro urbano da capital Mato-Grossense Cuiabá. **Anais... CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL**, 9, São Paulo, abril, 2021. Disponível em: <<https://pluris2020.faac.unesp.br/Paper708.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

SANTOS, P.; SANTOS, A.; BATISTA, B. Ruas completas no Brasil promovendo uma mudança de paradigma. **WRI BRASIL**. Disponível em <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/07/afinal-o-que-sao-ruas-completas>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SCHNEIDER, A.; WOODCOCK, C. E. Compact, dispersed, fragmented, extensive?: a comparison of urban growth in twenty-five global cities using remotely sensed data, pattern metrics and census information. **Urban Studies**, v. 45, n.3, p. 659-692, 2008.

SHEENA, A D, C. UDHAYAKUMAR. Lidar-ALTM and Its Application for Urban Planning and Infrastructure by Developing 3D City Model. **SSRG International Journal of Civil Engineering**, v.3, n.1. p. 28-33, 2016. Disponível em: <http://www.internationaljournalssrg.org/IJCE/paper-details?Id=86>. Acesso em: 10 out. 2022.

SILVA JUNIOR, Eleudo Esteves de Araujo. **Geotecnologias e planejamento urbano: proposta metodológica e avaliação de dados obtidos por aeronaves remotamente pilotadas (RPA) como contribuição à cartografia geotécnica.** 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2019.

SILVA, G. A. B.; DAVID, P. L. D.; BIANCHI, G. A utilização do SIG para o planejamento urbano. **Revista Científica**, ANP Brasil, v. 10, n. 21, p. 79-89, 2017.

SILVA, H. J. Utilização de ferramentas SIG como subsidio ao ordenamento territorial—estudo de caso do Ribeirão do Feijão, São Carlos—SP. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 7, n. 1, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/57976>. Acesso em: 10 ago. 2020.

SILVA, L., *et al.* Um panorama da aplicabilidade do geoprocessamento no planejamento urbano brasileiro: análise dos últimos 10 anos a partir de publicações em periódicos nacionais. **RECITAL - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara**, v. 3, n. 3, set./dez. 2021. ISSN: 2674-9270. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital/article/view/200>. Acesso em: 3 mar. 2022.

SUN, W. **A gis-based integrated approach to explore land-use/cover change dynamics in South-Central Indiana.** 2006. 252 (Tese). Department of Geography, Indiana University, Indiana, 2006.

TEMBA, P; MAILLARD, P. Ajustamento em bloco de faixas do laser scanner aerotransportado (ALS). **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 66/1: 87-103, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43898>. 3 set. 2021.

TERRAPLANAGEM, construção em terreno com desnível. [s.l.]: Entenda antes: o mundo da construção. 2019. Disponível em: <https://entendaantes.com.br/construcao-em-terreno-com-desnivel-etapa-de-terraplanagem-entenda-antes/>. Acesso em: 20 out. 2021.

TOPOCART, T. E. A. **Relatório Técnico.** Serviços de Produção de um Conjunto de Dados e Informações Geográficas e Base de Aerolevantamentos. Belo Horizonte: Topografia Engenharia e Aerolevantamentos S/S Ltda., 2017. 102 p.

UNITED NATIONS. **Resolution adopted by the General Assembly:** [on the report of the Second Committee (A/56/565): Strengthening the mandate and status of the Commission on Human Settlements and the status, role and functions of the United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). United Nations. 2002. Disponível em: https://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/2070_46506_gae.pdf. Acesso em: 02 jan. 2022.

VERMA, R.; GARG, P. K. Analysis of Spatio-temporal urban dynamics in 11 smart cities of Uttar Pradesh, India. The International Archives of the Photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume XLVI-4/W5-2021. The 6th International Conference on Smart City Applications, 27–29 October 2021, Karabuk University, Virtual Safranbolu, Turkey. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357303285_analysis_of_spatio-

temporal_urban_dynamics_in_11_smart_cities_of_uttar_pradesh_india. Acesso em: 02 jan. 2022.

VILAÇA, Ícaro; CONSTANTE, Paula. (Orgs.). **Usina: entre o projeto e o canteiro**. São Paulo: Edições Aurora, 2015. Disponível em: <<https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2017/04/LivroGrupoUsina.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. *In: O Processo de Urbanização no Brasil: falas e façanhas*. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1999. p.171.

WEHR A.; LOHR, U. Airborne Laser Scanning: an introduction and overview. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 54, n.4, p. 68-82. 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271699000118>. Acesso em: 01 out. 2021.

WEVER, C.; LINDENGERGER, J. **Experience of 10 years of Laser Scanning**. Schriftenreihe des Institute für Photogrammetrie der Universität Stuttgart, p. 125-132, 1999.

ZHANG, S. **Land Use/ Land Cover change in Orange County, North Carolina from 1955 to 2001**. 2010. 76f. (Dissertação). Department of Geography, University of North Carolina, Chapel Hill. 2010.