



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE LOCAIS DE
ENTREGA VOLUNTÁRIA (LEVs) DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM BELO
HORIZONTE POR MEIO DE GEOPROCESSAMENTO**

Lucas Fernandes de Oliveira

Belo Horizonte

2020

Lucas Fernandes de Oliveira

**CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE LOCAIS DE
ENTREGA VOLUNTÁRIA (LEVs) DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM BELO
HORIZONTE POR MEIO DE GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientador: Professor Dr. Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho

Belo Horizonte

2020

LUCAS FERNANDES DE OLIVEIRA

CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE LOCAIS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA (LEVs) DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM BELO HORIZONTE POR MEIO DE GEOPROCESSAMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

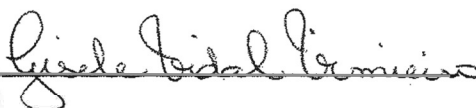
Aprovado em 27 de Novembro de 2020

Banca examinadora:



Prof. Dr Carlos Wagner G Andrade Coelho – Presidente da Banca Examinadora
CEFET-MG – Orientador

Prof Dra, Gisele Vidal Vimiciro
CEFET-MG



Ana Paula Assunção
MBA . Administração Pública. SLU- PBH



Ana Paula da Costa Assunção - Mat: 11310-2
Chefe do Departamento de Políticas Sociais e Mobilização
DPSM/SLU

AGRADECIMENTOS

Agradeço à toda minha família, meus pais Beto e Beatriz, meus irmãos Gabriel, Pedro Henrique e Rafael, que sempre me apoiaram não só durante o período da universidade, mas sim em toda a minha vida, e sempre me mostraram com muito amor, esforço e dedicação o caminho certo para todas as escolhas da vida. Também agradeço minhas cunhadas e cunhado, minhas sobrinhas Luísa e Larissa, meus tios, tias, primos e primas, minha avó Marta. E, como é impossível deixar de lembrar do meu avô Mário, minha avó Clélia e meu avô Enéas.

Agradeço à minha noiva Fernanda, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, entendendo todos meus momentos de ausência e sempre sendo meu porto seguro para momentos difíceis. Agradeço aos meus grandes amigos do Dibas: Matheus, Gustavo, Renatinho, Bárbara, Penico. Que são grandes parceiros de vida e sei que sempre estarão comigo para qualquer situação.

Agradeço meu orientador, professor Carlos Wagner, a todos meus amigos, colegas, professores e funcionários do CEFET, que é um lugar muito especial e que todas as pessoas que passaram por ali, fizeram diferença na minha vida. Principalmente, ao Arthur, por grandes histórias vividas, conversas, viagens e ajudas. E também a Malu, sendo muito prestativa e essencial para o sucesso deste trabalho. Agradeço às minhas amigadas que fiz no meio profissional. À todos do IGAM e da Cidade Administrativa, onde fui muito feliz e aprendi muito. Agradeço principalmente ao meu amigo Albert, que foi essencial para meu crescimento profissional. Agradeço também aos meus amigos da Trust, onde tenho o prazer de trabalhar com profissionais incríveis, com os quais me espelho e aprendo diariamente. Em especial à Ana, que desde 2018 é uma grande referência pra mim.

Agradeço aos meus amigos Gabriel Aboni e Clenilson, meus grandes parceiros de Newton Paiva. Agradeço aos profissionais da SLU, que me receberam com muita prontidão e foram muito importantes para o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço a Deus, que sempre me deu saúde e me cercou de pessoas incríveis, pois sem elas, isso aqui não estaria acontecendo. "Tudo está, ao alcance de quem quer lutar, pra conseguir"

RESUMO

OLIVEIRA, Lucas Fernandes de. **Classificação de Áreas Aptas à Instalação de Locais de Entrega Voluntária (LEVs) de Resíduos Sólidos em Belo Horizonte Por Meio de Geoprocessamento**. 2020. 35f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

A crescente geração de resíduos sólidos em meios urbanos, juntamente com a necessidade de sua disposição final se colocam entre os grandes problemas ambientais atualmente. Dentre as alternativas para a destinação final destacam-se: aterros sanitários e reciclagem, que atende princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Em Belo Horizonte, o serviço de coleta de resíduos recicláveis acontece desde 1997, nas modalidades porta a porta e ponto a ponto. Este último, por meio dos Locais de Entrega Voluntária (LEVs), importante instrumento para absorver as demandas da população. Diante deste cenário, o presente trabalho mapeou áreas com potencial de receberem novos LEVs em Belo Horizonte, levando em consideração o histórico de remoção, e também seus motivos. Primeiramente, tratou-se os dados da série histórica, de 2010 a 2019, dos LEVs em Belo Horizonte, atentando para fatores que contribuíram para a retirada. Por meio de ferramentas de análise espacial, foram consideradas: áreas sujeitas a inundações, bairros já contemplados com coleta seletiva porta a porta, histórico de retirada dos pontos e pontos atuais em 2020, para determinar as zonas restritas, ou seja, que não foram classificadas como a aptas a receberem um novo equipamento. A partir disso, foram abordados ainda, dois fatores que potencializam a utilização dos LEVs por parte da população: bairros com população acima da média de Belo Horizonte e áreas destinadas a ocupação residencial e ambiental pelo Zoneamento Urbano da cidade, onde estes foram categorizados e atribuídos pesos para cada categoria. Por meio da álgebra de mapas, foi possível determinar, dentre uma escala de zero a seis, quais áreas são mais aptas para receber novos equipamentos de coleta seletiva. Uma área de 52,05 km², representando 15,7% do território total da cidade, foi classificada o melhor cenário, que seria o melhor espaço para o recebimento de um novo equipamento.

Palavras-chave: Coleta Seletiva. Locais de Entrega Voluntária. Análise Espacial.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Lucas Fernandes de. **Classification of Suitable Areas for the Installation of Voluntary Delivery Locations (LEVs) for Solid Waste in Belo Horizonte Through Geoprocessing**. 2020. 35p. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

The increasing generation of solid waste in urban centers, combined with adequate final disposal are among major environmental problems nowadays. Some techniques for final disposal are landfills, recycling, and composting. Still, landfill is the alternative most adopted and indicated by the National Solid Waste Policy, however, due to the lack of proper areas for its construction, other methods of waste disposal have been adopted, such as recycling. In Belo Horizonte, the recyclable waste collection service has been taking place since 1997, on a door-to-door and delivery points. The latter, through the Voluntary Delivery Points (LEVs), which is an essential service to support the population's demand. Given this scenario, the present work will present potential areas for the installation of LEVs in Belo Horizonte, considering the history of removal and relocation and the justification reported. First, the data from the historical series, from 2010 to 2019, of the LEVs in Belo Horizonte were treated, considering mainly, all the factors that contributed to their removal. Then, using geoprocessing and spatial analysis tools such as subtracting areas, utilizing areas subject to flooding, neighborhoods already covered by other selective collection modalities, history of withdrawal of points and points existing in November 2020, to determine restricted areas for installing new equipment. From that, two factors were considered that could improve the usage of LEVs by the population: neighborhoods with a population above the average of Belo Horizonte and areas destined for residential and environmental occupation by the city's Urban Zoning, where these were categorized and assigned weights for each category. Through map algebra, it was possible to determine, from a scale of zero to six, which areas are most suitable for receiving new selective collection equipment. The analysis delimited an area of 52.05 km², representing 15.7% of the total territory of Belo Horizonte, classified as the most suitable area for LEV implementation.

Keywords: Selective Collection. Voluntary Delivery Points. Spatial Analysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivo Geral	10
2.2	Objetivos Específicos	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1	Resíduos Sólidos e Resíduos Sólidos Urbanos	11
3.2	Coleta Seletiva	13
3.2.1	<i>Modalidade Ponto a Ponto</i>	13
3.3	Geoprocessamento	14
3.4.1	<i>Análise Espacial e Densidade de Kernel</i>	14
4	METODOLOGIA	17
4.1	Área de Estudo	17
4.2	Tratamento da Série Histórica de LEVs	19
4.3	Produção de Mapas e Análise Espacial	19
5	RESULTADOS	22
5.1	Histórico de Retirada e Remanejamento de LEVs	22
5.2	Áreas Potenciais de Novos LEVs	26
5.2.1	<i>Sobreposição de Mapas</i>	26
5.2.2	<i>Atribuição de Pesos</i>	27
5.2.3	<i>Álgebra de Mapas</i>	28
6	DISCUSSÃO	30
6.1	Considerações Sobre Área “Melhor Cenário”	31
7	CONCLUSÕES	33
8	RECOMENDAÇÕES	34
9	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), implementada pela Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, são definidos como o material, substância, objeto ou bem descartado de atividades humanas em sociedade (BRASIL, 2010). Sua crescente geração em meios urbanos, juntamente com a necessidade de disposição final neste contexto se colocam entre os grandes problemas ambientais atualmente, e com isso aumentam as preocupações quanto à destinação final dos mesmos (REIS, 2005).

Existem algumas alternativas para a destinação final dos resíduos, e dentre elas destacam-se: aterros sanitários, incineração, reaproveitamento e reciclagem e compostagem (REIS, 2005).

Mesmo a PNRS indicando a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos, e apresentando a reciclagem e compostagem como alternativas de tratamento, o aterro sanitário, é uma forma de destinação muito utilizada, inclusive por grandes centros urbanos. Isso acontece pois o aterro sanitário é um local que minimiza os impactos ambientais provenientes de outras formas inadequadas de destinação como: proliferação de vetores de doenças, como dengue e disfunções, acúmulos de resíduos e contaminação (BRASIL, 2010; HOORNWEG e BHADA-TATA, 2012). Porém, com a carência de áreas próprias para a construção dos aterros e a necessidade de diminuição da quantidade de material destinados à eles, outras formas de destinação dos resíduos têm sido adotadas, como principalmente, a reciclagem (REIS, 2005).

A reciclagem se apresenta como uma boa alternativa para este desafio, uma vez que ela consiste em um processo que envolve a alteração das propriedades dos resíduos, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos. Ainda pode-se ressaltar a economia de recursos naturais e energia e, portanto, deve ser incentivada para maior participação da população neste processo, envolvendo principalmente a coleta seletiva (BARROS, 2012; BRASIL, 2010).

Em Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, a abrangência do programa de coleta seletiva ainda se mostra restrita, uma vez que apenas 0,5% de todo resíduo sólido urbano (RSU)

coletado é destinado para reciclagem. Neste município, foi coletado, no ano de 2013, um total de 672.642,91 toneladas de resíduos domiciliares e estima-se que, deste total, cerca de 235.000 toneladas eram resíduos sólidos potencialmente recicláveis, correspondendo a aproximadamente 35% dos resíduos totais. Porém, apenas 7.271,37 toneladas foram coletadas e encaminhadas para as unidades de triagem da cidade no mesmo ano, aproximadamente 1,08% (SNIS, 2016; BELO HORIZONTE, 2016).

Na capital mineira, o serviço de coleta de resíduos recicláveis acontece desde 1997, e em 2020 conta com duas modalidades: porta a porta e ponto a ponto. A primeira, em 2016, atendia a 36 bairros, alcançando uma população aproximada de 383.365 habitantes na capital. Por outro lado, a coleta seletiva ponto a ponto tem potencial de maior contribuição para o processo, já que possuía, em 2018, 76 locais de entrega voluntária (LEVs) distribuídos em pontos públicos de grande movimentação populacional em todas as regionais de Belo Horizonte, além de estar à disposição 24 horas por dia, visando uma maior cobertura da cidade e maior participação da população. Porém, a quantidade de LEVs disponíveis oscilaram durante os anos, e em sua maioria, reduzindo o quantitativo do ano anterior, fazendo com que esta modalidade se tornasse menos abrangente para a população (BELO HORIZONTE, 2017; SLU, 2018).

Ainda em 2018, a Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) reformulou o sistema de coleta seletiva ponto a ponto em Belo Horizonte, passando a chamar os Locais de Entrega Voluntária de Pontos Verdes. Estes pontos são instalados em pares, onde um contenedor recebe vidro e o outro recebe os demais tipos de matérias, como papéis, metais e plásticos. Atualmente existem 65 equipamentos nas ruas de Belo Horizonte, sendo 28 pontos verdes e 37 locais de entrega voluntária.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Diante deste cenário, o presente trabalho propôs um mapeamento de áreas com potencial para receberem novos LEVs ou Pontos Verdes em Belo Horizonte, levando em consideração o histórico de retirada e remanejamento, otimizando assim a coleta seletiva na modalidade ponto a ponto, visando torná-la mais abrangente e acessível para a população da cidade.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e espacializar retiradas e remanejamentos dos LEVs;
- Identificar os motivos que levam a estas retiradas e remanejamentos;
- Levantar fatores potencializadores e restritivos em Belo Horizonte para instalação de novos LEVs;
- Determinar novas áreas com potencial para receber um LEV em Belo Horizonte a partir dos fatores levantados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Resíduos Sólidos e Resíduos Sólidos Urbanos

De acordo com a Norma 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resíduos sólidos são definidos como aqueles materiais que derivam das atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Também são abrangidos por essa definição, lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, lodos gerados em instalações e equipamentos de controle de poluição e determinados líquidos, que não podem ser lançados na rede de esgoto ou diretamente em corpos hídricos.

A PNRS, que regulamenta a gestão dos resíduos sólidos no Brasil, traz outra definição, onde são considerados: materiais, substâncias, objetos ou bens descartados que são resultados de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido. Assim como gases contidos em recipientes e líquidos que têm particularidades que inviabilizam seu lançamento na rede pública ou corpos hídricos, ou que exijam soluções inviáveis técnica ou economicamente tendo como base a melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Ainda de acordo com a PNRS, em seu artigo 13, resíduos sólidos urbanos (RSU) são definidos como resíduos de origem de atividade doméstica em residências urbanas, chamados de resíduos domiciliares, e de origem de limpeza urbana, originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2010).

No contexto de grandes centros urbanos brasileiros e ainda, das atividades humanas que resultam resíduos sólidos, de acordo com Bidone e Povinelli (1999), o volume destes materiais sofrem constantes aumentos, devido principalmente ao crescimento populacional juntamente com o elevado grau de industrialização e urbanização. Diante disso, é importante buscar, dentre iniciativas públicas e privadas, ações relacionadas aos resíduos sólidos gerados, visando sua redução, reutilização, reciclagem e disposição final adequada.

É de responsabilidade da administração pública municipal, o gerenciamento dos RSU, desde sua coleta, até a sua destinação final, envolvendo sua segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, varrição e transporte. A execução de todas as etapas citadas deve ser

realizada de modo que garanta a saúde pública e ambiental, bem como a segurança dos trabalhadores envolvidos no processo.

No âmbito de gestão dos RSU, entende-se como serviços de limpeza pública ou limpeza urbana, o conjunto de atividades que permite o adequado estado de limpeza de uma cidade. No estado de Minas Gerais, de acordo com a Lei nº 18.031/2009 da Política Estadual de Resíduos Sólidos, em seu artigo 4º, limpeza urbana é definida como o conjunto de ações, de responsabilidade dos municípios, relativas aos serviços públicos de coleta e remoção de resíduos sólidos e seu transporte, tratamento e destinação final, e aos serviços públicos de limpeza em vias públicas e corpos hídricos (MINAS GERAIS, 2009).

Barros (2012) diz que a abordagem à problemática dos RSU, desde sua geração até a destinação final, deve ser mais completa do que o simples emprego de algumas técnicas, que de modo geral são simples, e deve-se reconhecer uma maior importância destes serviços na qualidade de vida da comunidade como um todo. Algumas características de um adequado serviço de limpeza pública são: no aspecto técnico: fácil implementação operação e manutenção, uso de recursos humanos e materiais da região; no aspecto social: engajamento da população, fomentação de hábitos positivos e desmotivação dos hábitos negativos; e no aspecto ambiental: evita impactos ambientais negativos ao ar, solo e água.

Em relação à coleta dos RSU, entende-se que nessa etapa seja contemplada a atividade de reunir os resíduos convenientemente acondicionados para seu respectivo transporte, etapa que conduz os materiais, depois de coletados, para unidades de tratamento ou para disposição final. A coleta pode ser feita por quatro sistemas básicos: sistema regular (ou convencional) que é executada nas residências e estabelecimentos em intervalos determinados; coleta especial que é realizada mediante escala ou pedido de interessado(s), como pequenas quantidades de entulhos, varrição pública após festas ou eventos públicos e dejetos de feiras livres; coleta realizada pelo próprio produtor que ocorre quando existem grandes volumes de material, sendo resíduos de indústria, entulhos de obras de engenharia, entre outros e a coleta seletiva, que consiste no recolhimento dos materiais, previamente segregados conforme sua constituição ou composição (BARROS, 2012; BRASIL, 2010).

3.2 Coleta Seletiva

Em relação a coleta seletiva, segundo a Secretaria de Desenvolvimento Urbano, pretende-se a interceptação do ciclo tradicional, que seria, por exemplo, a destinação de todos os resíduos para aterros sanitários, evitando assim que materiais ainda com valor agregado se misturem ao conjunto de materiais considerados como lixo, que não possuem valor agregado e ainda, possibilidade de reuso (SEDU, 2002). Esse processo como um todo, pode apresentar vantagens como: manutenção das características originais dos materiais recicláveis, que representa sua valoração; contribuição para ampliação da vida útil de aterros sanitários; geração de emprego e renda e preservação de recursos naturais (BRINGHENTI, 2004).

Ainda sobre coleta seletiva, segundo Bringhenti (2004), esta é a etapa inicial do processo de recuperação dos materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos e ela pode acontecer por meio de duas modalidades: a coleta porta a porta e a coleta ponto a ponto. Na modalidade porta a porta, os materiais são coletados diretamente nas fontes produtoras, como residências e estabelecimentos comerciais, pelo poder público, catadores ou ainda, empresas interessadas no aproveitamento econômico destes resíduos. A coleta porta a porta requer uma infraestrutura com equipamentos e veículos apropriados para coleta. Na coleta ponto a ponto são espalhados contentores em pontos estratégicos da cidade, normalmente divididos por tipos de material, a fim de facilitar e incentivar a participação pública, que em ambas as modalidades, é um fator importante para o sucesso das iniciativas de coleta seletiva (BARROS, 2012).

3.2.1. Modalidade Ponto a Ponto

Os contentores citados na modalidade ponto a ponto da coleta seletiva recebem alguns nomes como LEVs, pontos ou postos de entrega voluntária (PEVs), pontos verdes ou ecopontos. Barros (2012) se refere aos locais indicando que o cidadão deve dirigir-se a esses pontos para deixar os resíduos recicláveis por ele gerados. Ainda é colocado que a distância máxima entre um LEV e a residência não deve ser muito grande, de modo que não desestimule o deslocamento para entrega. Peixoto, Campos e D'Agosto (2004) sugerem que esta distância de raio de abrangência de cada ponto seja de 370 metros, devido às possíveis dificuldades que o trajeto possa oferecer, como por exemplo, grandes variações de declividade e travessia de grandes vias, além do próprio transporte do material a ser descartado. Para avaliação

destes critérios, o geoprocessamento se apresenta como uma importante ferramenta, onde a partir dele é possível visualizar e correlacionar diversas variáveis importantes para a utilização da modalidade.

3.3 Geoprocessamento

Um dos modos de análise da localização dos LEVs, é o geoprocessamento, que segundo Silva (2010), é definido como uma ferramenta que utiliza modelos em ambiente computacional ou não com o intuito de representar informações espaciais. Dentre os diversos produtos digitais gerados pelo geoprocessamento, a cartografia digital e as imagens de satélites podem ser agrupadas dentro de um banco de dados digital para que estas possam ser relacionadas com o objetivo de extrair informações pertinentes às temáticas geográficas. O conjunto destes diversos dados gerados irá compor o Sistema de Informações Geográficas (SIG) que é o agrupamento, manipulação e interpretação dos diferentes produtos gerados pelo geoprocessamento.

Ainda sobre o SIG, Rezende (2004) define que são banco de dados relacionais georreferenciados. Sua utilização automatiza a criação e manipulação de mapas que podem conter grandes volumes de informações, possibilitando seu vínculo com elementos gráficos.

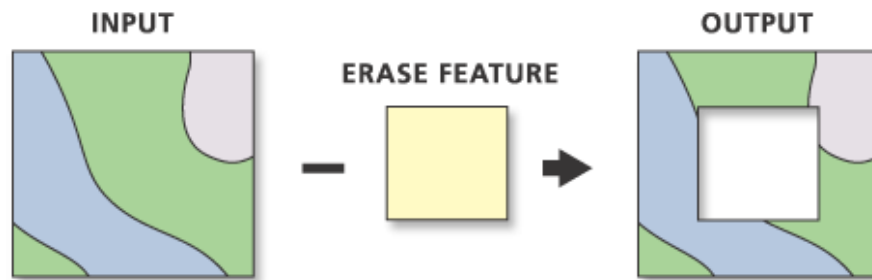
Pina (2000) apresenta o SIG como a técnica mais ampla de geoprocessamento, uma vez que pode englobar todas as demais. Os SIGs são sistemas computacionais utilizados para o entendimento do que ocorre no espaço geográfico. O fato de o SIG integrar operações de armazenamento, manipulação, análise e apresentação, com possibilidade de busca de informações, o torna diferente dos demais sistemas de informações.

3.4.1 Análise Espacial e Densidade de Kernel

De acordo com Rocha (2004), análise espacial é definida como a capacidade de se gerar informações novas a partir de dados espaciais existentes. Dentre as possibilidades de análise espacial do SIG, algumas podem ser destacadas: como a análise espacial de dados tabulares, a álgebra e superposição de mapas e a densidade de Kernel.

A superposição de mapas, como ilustrada na figura 3.1, se consiste em uma camada de dados de entrada (*input*), que será combinada com uma segunda camada, chamada de *erase feature*, onde o arquivo de saída (*output*) será uma camada de dados, onde a área interseccionada entre elas será subtraída.

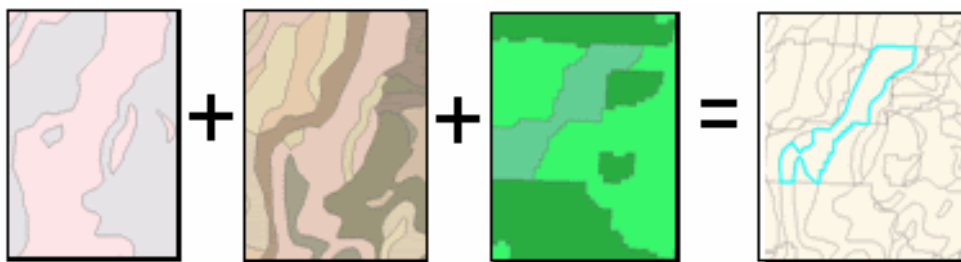
Figura 3.1 – Esquema ilustrativo de técnica de superposição de mapas



Fonte: ESRI (2016).

Já a álgebra de mapas, tem como funcionalidade realizar operações algébricas, como adição, subtração, multiplicação e divisão, utilizando dados de um sistema de informação geográfica. O esquema ilustrado pela figura 3.2, exemplifica uma adição de camada de dados, onde o resultado final é a soma de todos os atributos dos dados processados.

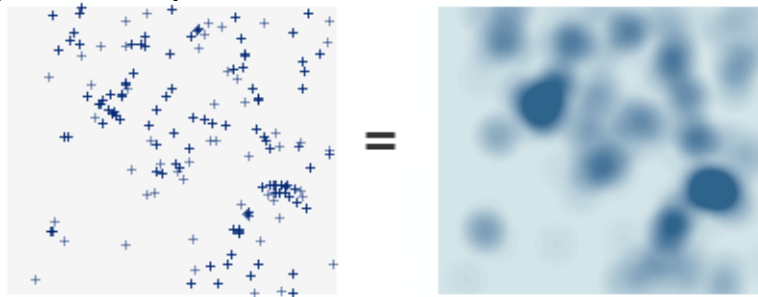
Figura 3.2 – Esquema ilustrativo de técnica de álgebra de mapas



Fonte: ESRI (2016).

Em relação à densidade de Kernel, esta técnica provém do conceito estatístico de função de densidades de probabilidade. Segundo Ornelas (2011), ela se apresenta como uma possibilidade para analisar o comportamento de fenômenos pontuais, através da estimativa da intensidade de um processo que ocorre em uma determinada região de estudo, gerando manchas com diferentes tonalidades em função da densidade dos pontos, conforme ilustrado na figura 3.3

Figura 3.3 – Esquema ilustrativo de técnica de densidade de Kernel



Fonte: ESRI (2016).

4 METODOLOGIA

Para realização do trabalho, foi feita uma revisão da literatura através de referências digitais e impressas, bases cartográficas, mapas temáticos, documentos e relatórios técnicos acerca do tema resíduos sólidos urbanos em Belo Horizonte, além de reuniões com profissionais dos órgãos competentes na área, como a Prefeitura e a Superintendência de Limpeza Urbana (SLU). Essa etapa teve como objetivos principais:

- Identificar quais fatores foram considerados para escolha da área de instalação dos equipamentos já existentes;
- Identificar quais fatores levam a população, de forma geral, a utilizar os LEVs;
- Obter o histórico de pontos já existentes, bem como os motivos de se retirar ou remanejar o ponto.

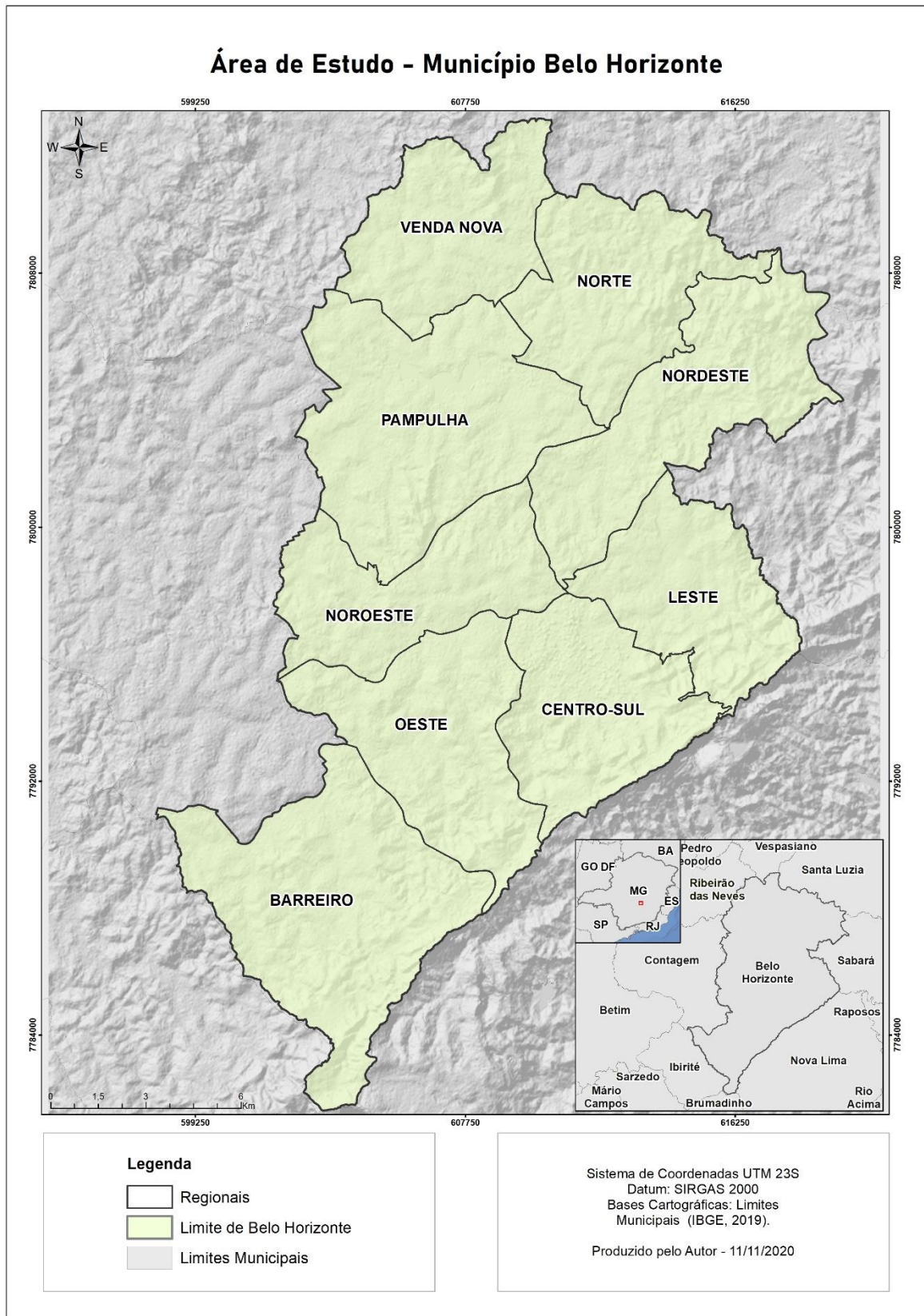
Para discorrer sobre a metodologia utilizada na pesquisa, esta seção foi dividida em três principais etapas: definição da área de estudo, tratamento dos dados de histórico de retirada e remanejamento dos LEVs e a identificação de novas áreas que são aptas para receber um novo equipamento.

4.1 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho foi o município de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais. O município possui área de 331,354 km² e uma população estimada para 2020 de 2.521.564 habitantes, segundo IBGE, com uma densidade demográfica de 7.609,87 hab/km². É dividido em 487 bairros, distribuídos em 9 regionais administrativas: Barreiro (BA), Centro-Sul (CS), Leste (LE), Nordeste (NE), Norte (NT), Noroeste (NO), Oeste (OE), Pampulha (PA) e Venda Nova (VN), como indicado na figura 4.1.

Em relação ao meio físico, Belo Horizonte está inserida na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, que por sua vez, integra a bacia do Rio São Francisco. Dentro de seus limites, as principais sub-bacias são do ribeirão Arrudas e ribeirão do Onça. Em seu relevo, Belo Horizonte apresenta uma declividade média de 8,28%, sendo a Pampulha a regional com menor declividade média (5,65%) enquanto as regionais Centro-Sul e Leste apresentam os maiores valores, 9,6% e 9,76%, respectivamente.

Figura 4.1 – Área de Estudo – Município de Belo Horizonte/MG



Fonte: O autor.

4.2 Tratamento da Série Histórica de LEVs

A partir de dados históricos disponibilizados pela SLU definiu-se que o período analisado seria de 10 anos, compreendendo o período de 2010 a 2019. Considerou-se aqueles dados que dizem respeito à remoção do contenedor do seu lugar original, seja por retirada ou remanejamento. Em seguida os dados foram classificados conforme os seguintes motivos:

- Baixa produtividade;
- Dificuldades operacionais de coleta;
- Feira no local;
- Obras no local;
- Revitalização;
- Solicitação;
- Ruídos;
- Solicitação e Utilização Incorreta;
- Utilização Incorreta;
- Outros.

Essa classificação possibilitou a análise quali-quantitativa por meio de tabelas e gráficos e, a análise espacial, por meio da produção de mapas, utilizando a densidade de Kernel.

4.3. Produção de Mapas e Análise Espacial

Para a realização dessa etapa, inicialmente foram definidas quatro bases cartográficas que representam a restrição para instalação de novos equipamentos de coleta seletiva. A primeira base utilizada foi de áreas sujeitas a inundação, obtidas do portal IDE BHGEO da Prefeitura de Belo Horizonte. A segunda base utilizada foi dos bairros que já são contemplados com a coleta seletiva na modalidade porta a porta. Para as duas últimas bases foram consideradas as áreas de influência de um raio de 370 metros dos LEVs, em duas aplicações distintas: enquanto um foi considerado o histórico de retirada e remanejamento obtido no item 4.2, no segundo foram considerados os LEVs e Pontos Verdes atuais, em novembro de 2020.

Todas estas áreas citadas foram subtraídas da área total de Belo Horizonte, utilizando o software ArcGis10.4.1, restando apenas áreas que são consideradas como aptas neste trabalho para receber novos equipamentos. Considerou-se o nome áreas restritas para esta etapa. As áreas aptas receberam peso 1, e as demais receberam peso 0.

Em seguida, foram considerados mais dois parâmetros que foram considerados possíveis influenciadores na utilização dos locais de entrega voluntária: bairros mais populosos e áreas

destinadas preferencialmente para ocupação residencial ou ambiental. Estes parâmetros foram categorizados através de pesos, onde valores maiores representam uma melhor área para receber um LEV, e valores menores representam áreas que não devem ser priorizadas para tal.

Para o primeiro parâmetro, foi definido que bairros que possuem o número de habitantes absoluto maior que a média de Belo Horizonte, preferenciando assim locais que encontram uma maior concentração de pessoas. Portanto, os bairros que seguem esta regra, receberam nota 2 e os demais bairros, nota 1.

Para o segundo ponto, foi utilizado como base o instrumento municipal de Zoneamento Urbano, de acordo com a Lei Municipal nº 11.181/2019. Os pesos desta etapa estão apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Pesos Atribuídos às Áreas do Zoneamento Urbano de Belo Horizonte.

Zoneamento	Sigla	Categoria	Nota
Área de Grandes Equipamentos de Uso Coletivo	AGEUC	Baixa	1
Área de Grandes Equipamentos Econômicos	AGEE	Baixa	1
Centralidade Regional	CR	Média	2
Ocupação Moderada - 1	OM-1	Média	2
Ocupação Moderada - 2	OM-2	Média	2
Ocupação Moderada - 3	OM-3	Média	2
Ocupação Moderada - 4	OM-4	Média	2
Área de Especial Interesse Social - 2	AEIS_2	Alta	3
Área de Especial Interesse Social - 1	AEIS_1	Alta	3
Ocupação Preferencial - 1	OP-1	Alta	3
Ocupação Preferencial - 2	OP-2	Alta	3
Ocupação Preferencial - 3	OP-3	Alta	3
Preservação Ambiental - 1	PA-1	Alta	3
Preservação Ambiental - 2	PA-2	Alta	3
Preservação Ambiental - 3	PA-3	Alta	3
Zona de Especial Interesse Social - 1	ZEIS-1	Alta	3
Zona de Especial Interesse Social - 2	ZEIS-2	Alta	3

Fonte: O autor

Os resultados destes processamentos foram submetidos a uma técnica de álgebra de mapas, usando o resultado de cada etapa apresentada no item anterior como variável e seus respectivos pesos como valores, relacionando assim todas elas. Para isso foi utilizada a equação a seguir:

Classificação de Áreas para Instalação de LEV =

*Áreas Restritas * Bairros com População Maior que a Média * Critérios de Zoneamento Urbano*

O resultado deste processamento é um mapa que ilustra a classificação das áreas consideradas aptas a receberem um LEV, com notas partindo de 0, que indica áreas que não devem ser utilizadas, até a nota 6, que indicam as melhores áreas para essa finalidade.

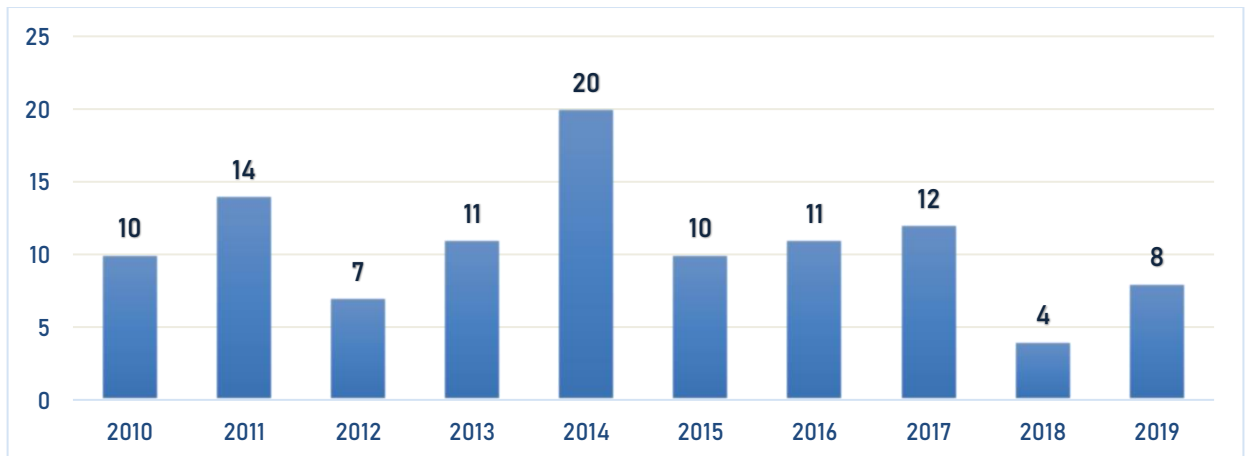
5 RESULTADOS

Após a aplicação da metodologia proposta, os resultados foram separados em duas etapas. Na primeira é apresentado o histórico dos pontos de coleta seletiva em Belo Horizonte e a discussão sobre os principais motivos que levaram à interferência nos pontos, ao longo do tempo. Na segunda, é apresentada a sequência de mapas que foram gerados para obter a classificação das áreas.

5.1. Histórico de Retirada e Remanejamento de LEVs

O município de Belo Horizonte, entre 2010 e 2019, teve 97 LEVs removidos ou remanejados para outros locais. A figura 5.1 mostra a quantidade dessas interferências por ano. A distribuição destes dados no período não apresentou um padrão ou uma linha de tendência bem estabelecida, sendo possível observar oscilações ao passar dos anos. A média de equipamentos retirados ou remanejados no período foi de aproximadamente 11 por ano. O ano de 2018, apresentou o menor número destas interferências com 5 pontos abaixo da média, e 2014 apresentou o maior número, com 9 pontos acima da média.

Figura 5.1 – Quantidade de Retirada ou Remanejamento de LEVs por Ano (2010-2019).



Fonte: O autor.

A SLU faz o controle dos motivos que levaram a interferência no ponto de coleta seletiva, e estes são apresentados na tabela 5.1, apresentado a seguir, com o quantitativo destes eventos:

Tabela 5.1 - Motivos de Retirada ou Remanejamento de LEVs em Belo Horizonte (2010 a 2019)

Motivos	Quantidade
Baixa Produtividade	2
Dificuldades operacionais de coleta	8
Feira no local	1
Obras no local	7
Outros	5
Revitalização	1
Ruídos	2
Solicitação	18
Solicitação e Utilização Incorreta	22
Utilização Incorreta	29
Utilização Incorreta e Obras no local	2
TOTAL	97

Fonte: O autor

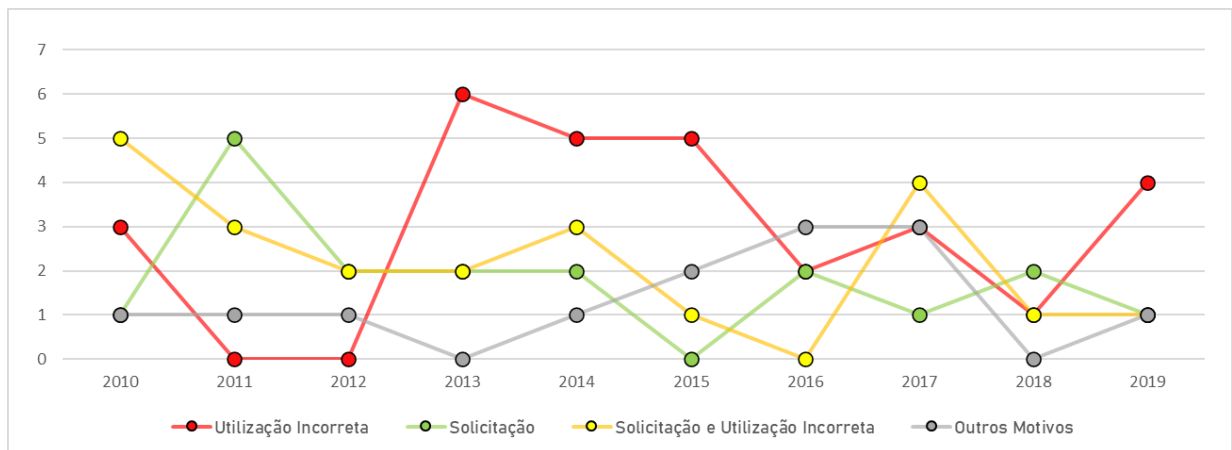
Pode-se observar que na maior parcela dos motivos, representando 71% do total, estão contidos os três mais observados: solicitação, utilização incorreta e solicitação e utilização incorreta simultaneamente.

Estas solicitações foram realizadas em sua maioria por líderes comunitários em geral, como: associações de moradores, síndicos de condomínios, representantes de estabelecimentos próximos, padres, pastores além da própria comunidade residente no entorno do equipamento. Já para as utilizações incorretas são consideradas ações como: vandalismo e depredação, deposição de resíduos de qualquer natureza dentro e fora dos contenedores e acúmulo de lixo ao redor. Tais ações, além de prejudicar a qualidade do material coletado, contribui para denegrir a imagem do programa de coleta seletiva, reduzindo o interesse de

participação da população. Como primeira ação, a SLU busca medidas de educação ambiental e conscientização da população, e apenas quando estas não surgem efeito, são aplicadas as medidas de retirada ou remanejamento.

A figura 5.2 apresenta a evolução dos principais motivos de retirada ou remanejamento de LEVs em Belo Horizonte, no período analisado.

Figura 5.2 – Evolução Temporal e Quantitativa da Retiradas e Remanejamentos de LEVs.



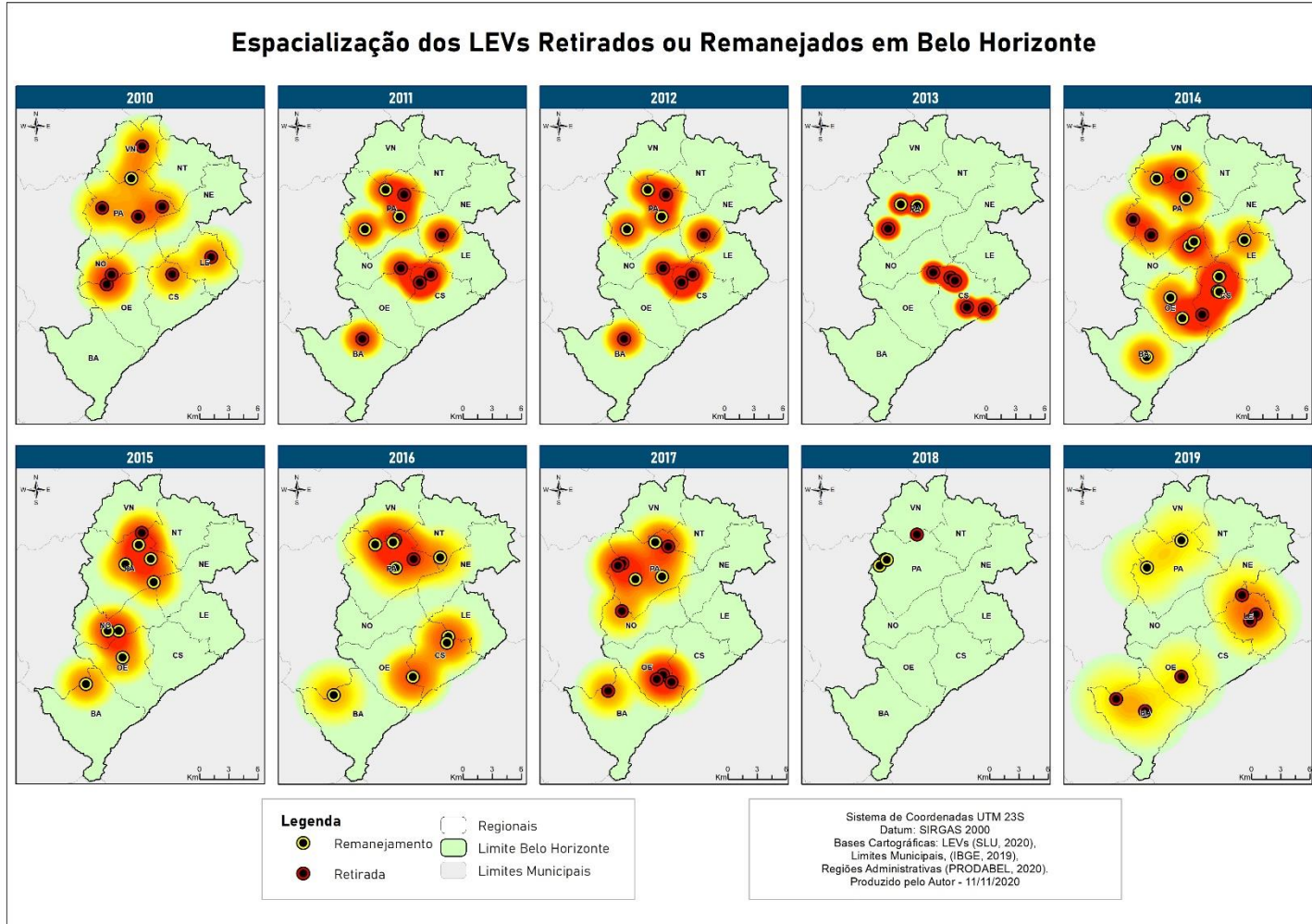
Fonte: O autor.

É possível observar que a utilização incorreta, desde 2013 se mostrou um motivo importante e recorrente para a interferência da SLU no local, com uma média de aproximadamente 3,7 interferências por ano a partir dessa data, com os maiores números entre 2013 e 2015.

A figura 5.3 representa a espacialização destas interferências nos equipamentos, onde a medida que as zonas são representadas mais próximas a cor vermelhas, representam uma maior concentração de pontos removidos ou remanejados.

Observa-se, de maneira geral, que os pontos são bem distribuídos nas regionais de Belo Horizonte, porém Barreiro e Venda Nova apresentaram um menor número, diferente das regiões Pampulha e Centro-Sul, que compreenderam 65% do total. Este maior número de remoção dos equipamentos já era esperava para estas duas regionais, uma vez que historicamente, são as regionais que mais apresentam quantidade de coletores maior, se comparada às demais.

Figura 5.3 – Quantidade de Retirada ou Remanejamento de LEVs por Ano (2010-2019).



Fonte: O autor.

É possível destacar o ano de 2014, que apresentou o maior número de pontos, mostrou uma forte mancha principalmente na regional Centro-Sul. Por outro lado, o ano de 2014, contou com apenas quatro pontos e todos eles na região Pampulha.

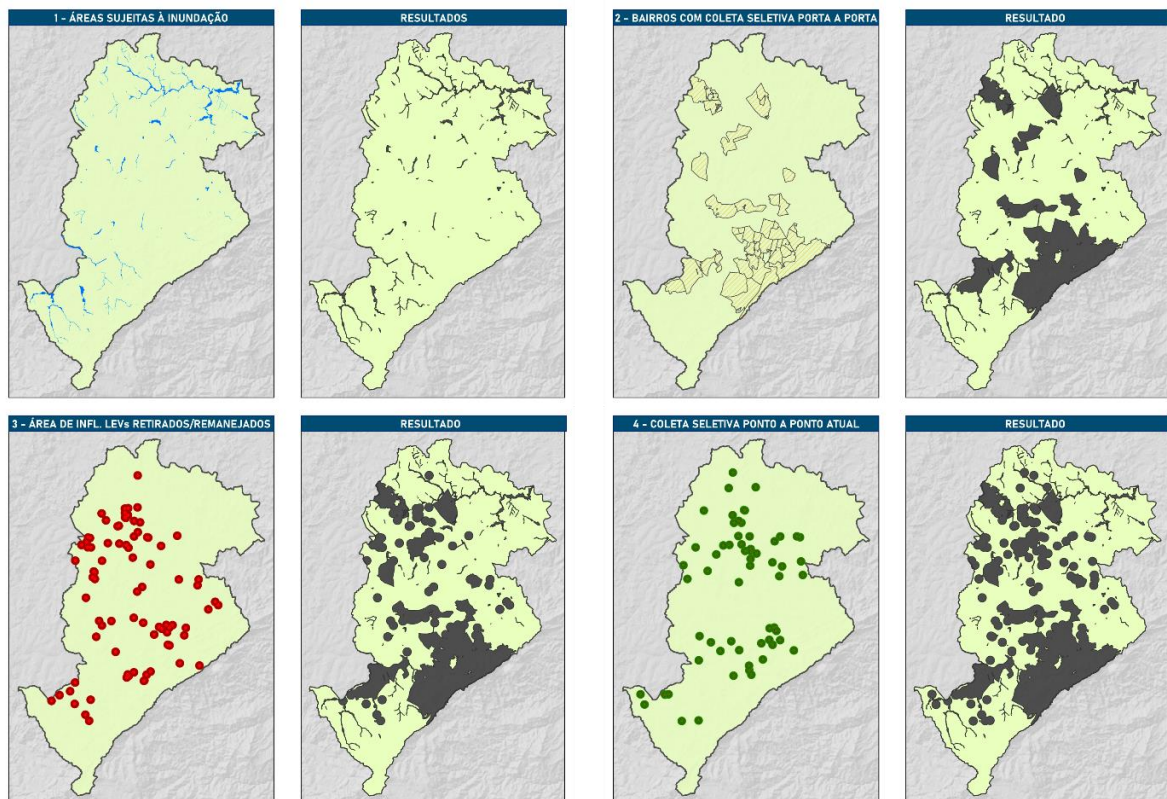
5.2. Áreas Potenciais Para Novos LEVs

A classificação das áreas potenciais para receber novos locais de entrega voluntária foi dividida em 3 etapas principais, que são apresentadas a seguir.

5.2.1. Sobreposição de Mapas

A primeira etapa consiste no método de álgebra/sobreposição de mapas, onde cada base cartográfica escolhida como inadequada foi subtraída da área principal, o município de Belo Horizonte. O resultado do processamento de cada estágio deixou espaços vazios, indicando que estas áreas não são desejáveis para instalação de novos LEVs. A figura 5.4 apresenta o resultado sequencial de cada etapa de processamento.

Figura 5.4 – Resultados da Etapa de Sobreposição de Mapas



Fonte: O autor.

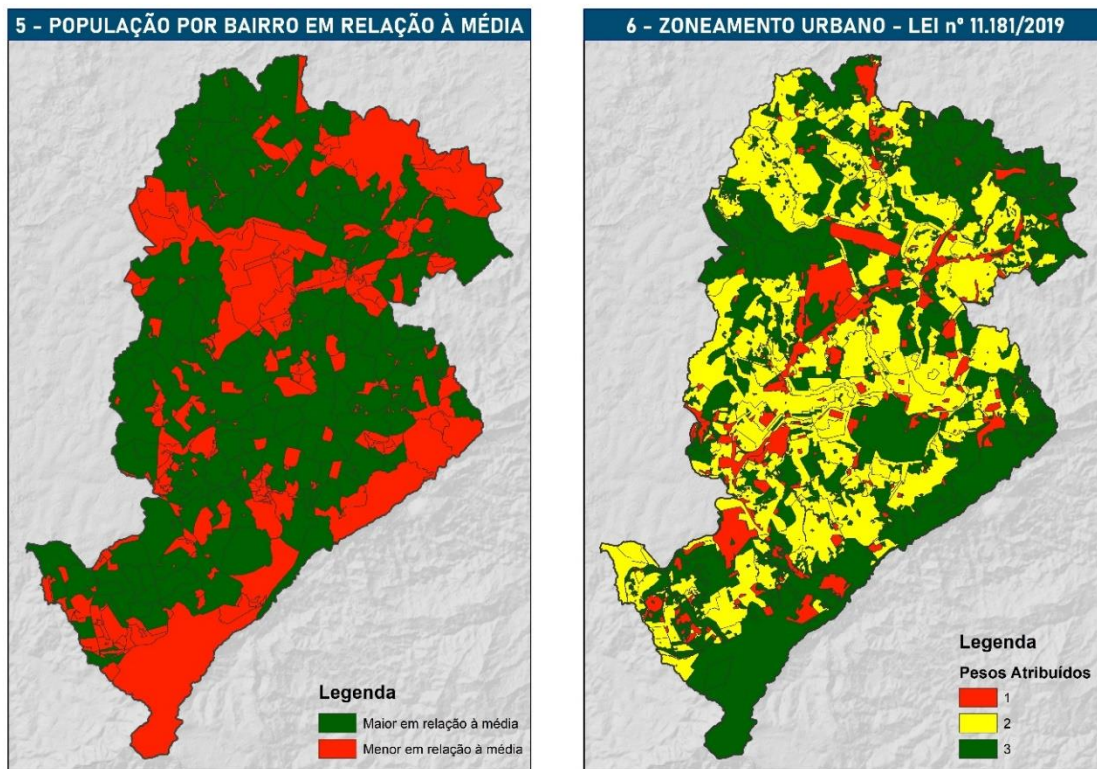
5.2.2. Atribuição de Pesos

A segunda etapa se deu pela definição dos pesos de cada parâmetro que são calculados. Para o arquivo final da etapa anterior, foi atribuída peso 0 para área vazia e peso 1 para área preenchida. Outros dois parâmetros analisados, também tiveram pesos atribuídos aos seus atributos.

Para o tratamento dos dados de população foi calculada a média dos bairros de Belo Horizonte, de acordo com o Censo IBGE 2010, que resultou em 4.858 habitantes por bairro. Dos 487 bairros da capital mineira, 168 possuem a população acima da média, enquanto 319 possuem população abaixo da média.

O segundo parâmetro dessa etapa foi o Zoneamento Urbano, com base na Lei Municipal nº 11.181/2019. Foram privilegiadas áreas que favorecem a ocupação de residências, preservação ambiental e o convívio social. A espacialização dos resultados desta etapa está apresentada na figura 5.5.

Figura 5.5 – Resultados da Etapa de Atribuição de Pesos



Fonte: O autor.

5.2.3. Álgebra de Mapas

Os valores obtidos por meio da equação são apresentados na tabela 5.2 onde quanto maior o resultado, mais indicada será a área para receber um LEV. O menor valor possível é zero, que foi classificado como “Restrito”, e são áreas onde não há a possibilidade de instalação do LEV, já o maior valor possível é 6, classificado como “Melhor Cenário”, que são as áreas que melhor atendem às condições e requisitos propostos.

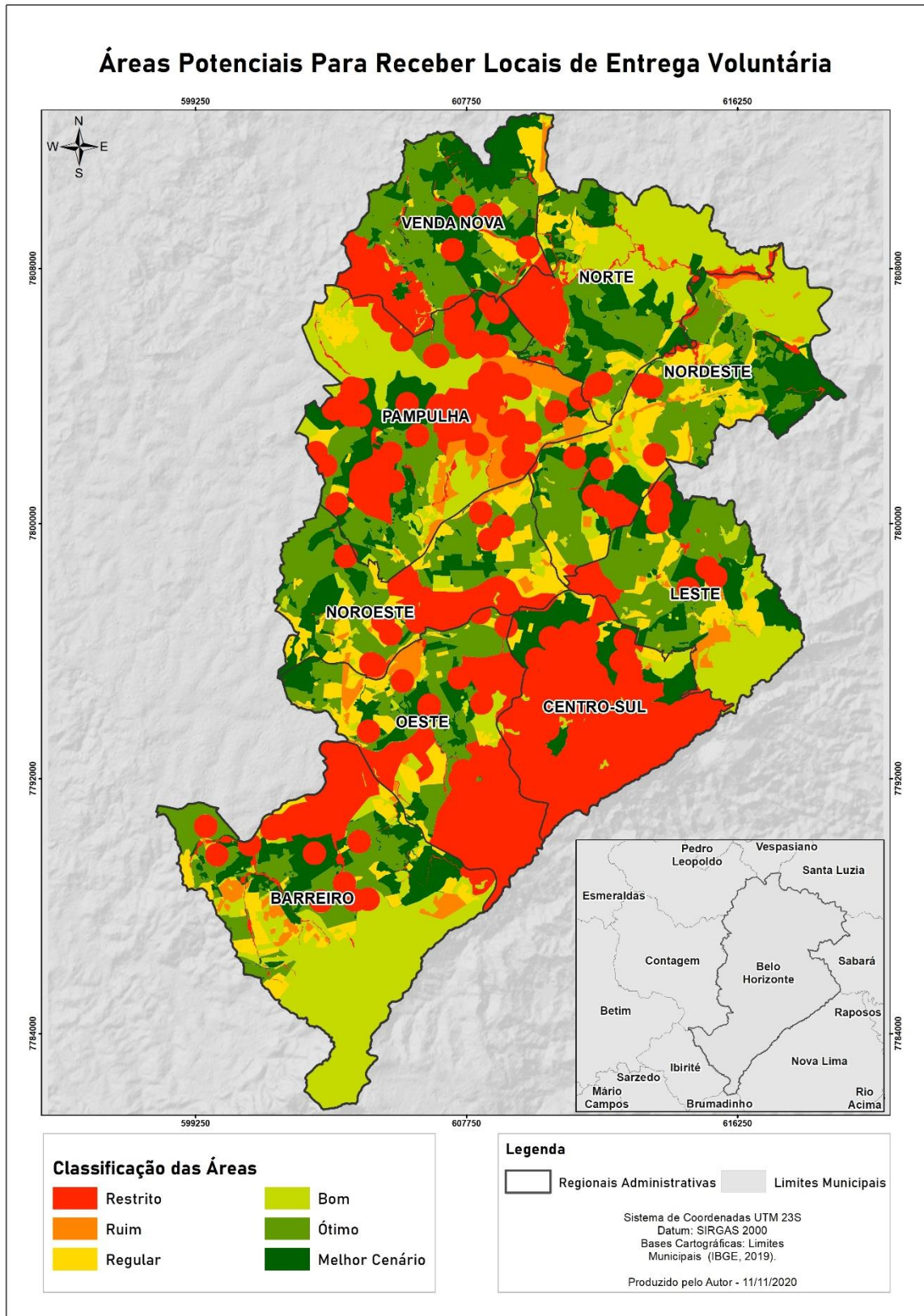
Tabela 5.2 – Classificação dos Resultados Obtidos na Álgebra de Mapas

Resultado	Classificação
Restrito	0
Ruim	1
Regular	2
Bom	3
Ótimo	4
Melhor Cenário	6

Fonte: O autor

O resultado deste processamento é apresentado pela figura 5.6.

Figura 5.6 – Áreas Potenciais Para Receber Locais de Entrega Voluntária

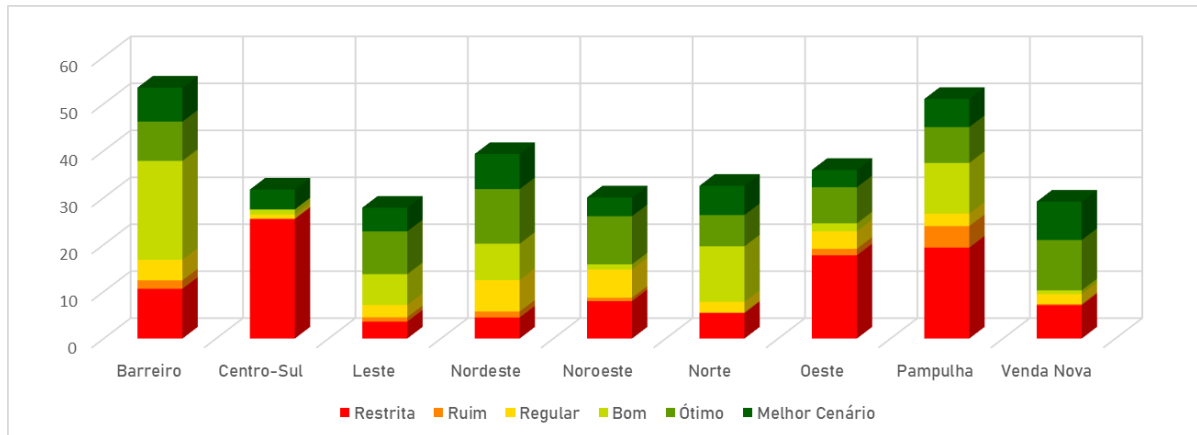


Fonte: O autor.

6 DISCUSSÃO

A figura 5.6 possibilita abordar os resultados, separando-os pelas regionais de Belo Horizonte, para uma análise mais detalhada. A figura 6.1 apresenta o quantitativo das áreas em km².

Figura 6.1 – Classificação de Áreas Potenciais em km² por Regional



Fonte: O autor

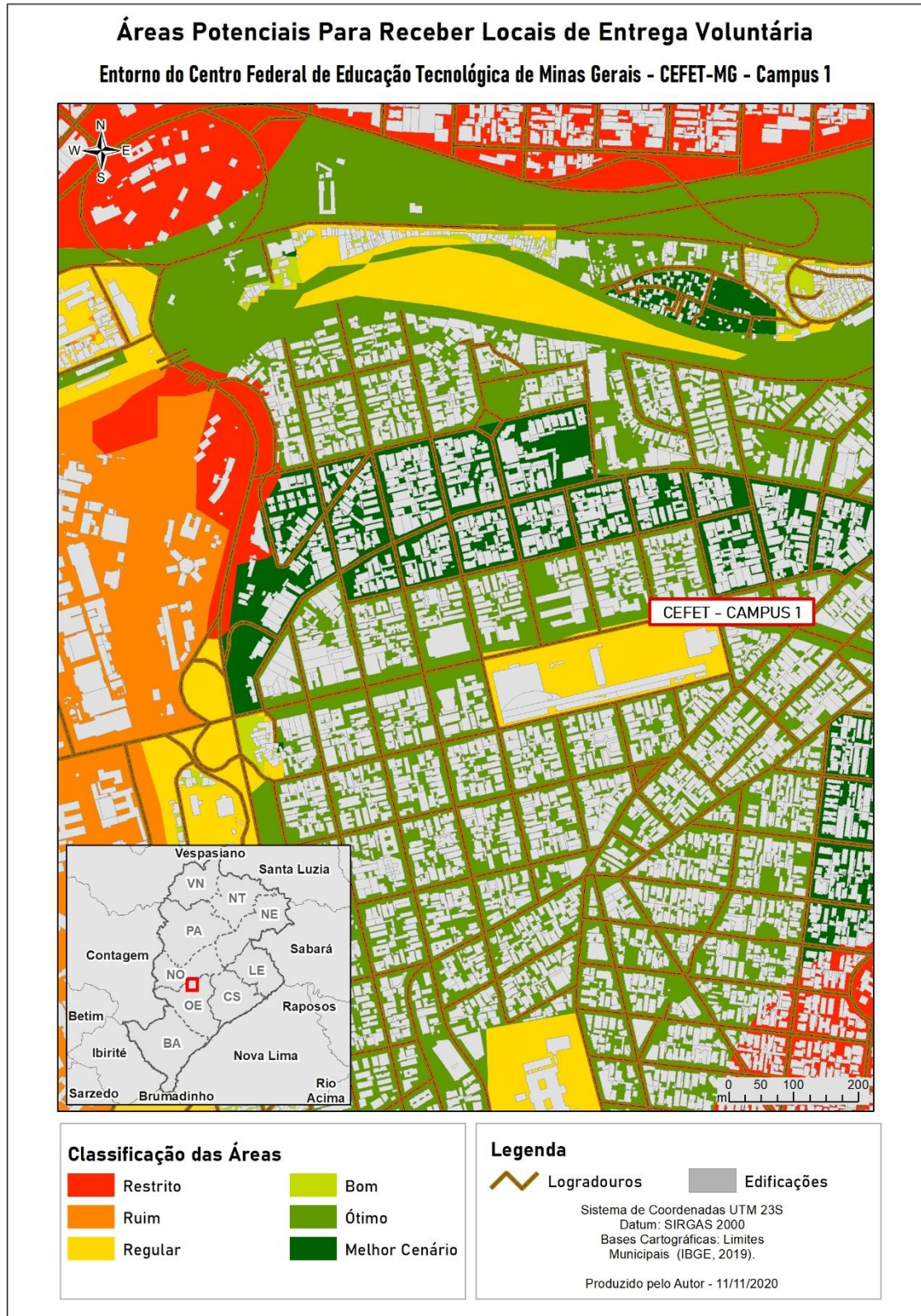
As áreas restritas foi a classe que apresentou maior cobertura em Belo Horizonte, representando cerca de 31% da área total da cidade, e a regional Centro-Sul se destaca nesse sentido, pois apresentou 25,47 km², aproximadamente 80% de sua área, para esta classe. Esse fato se deve principalmente aos bairros que possuem coleta seletiva porta a porta estarem concentrados nesta regional. A regional Pampulha também apresentou um alto valor de área restrita, 19,37 km², e isso se deve ao fato de a região ter um grande número de LEVs no histórico dos pontos, se comparadas à outras regionais, bem como a presença destes equipamentos atualmente.

As regionais que apresentam as maiores áreas classificadas como melhor cenário, foram: Venda Nova (8,18 km²), Nordeste (7,47 km²) e Barreiro (7,24 km²). Estas regionais têm em comum a presença de poucos bairros contemplados com a coleta seletiva porta a porta, grande densidade demográfica e áreas preferencialmente residenciais, fatores esses que contribuem para essa classificação.

6.1. Considerações Sobre Área “Melhor Cenário”

As áreas classificadas como “Melhor Cenário” ocuparam 52,05 km², que representam 15,7% do território belo-horizontino, interceptando 342 dos seus 487 bairros. Essa ocupação abrange ainda 4.746 de seus logradouros e 134.383 de suas edificações, que representam 29,18% e 18,14% do total, respectivamente. Uma amostra destes dados pode ser verificada na figura 6.2, que mostra as edificações e logradouros no entorno do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG – Campus 1, situado na região Oeste de Belo Horizonte. É possível observar uma predominância da área de classificação ótima, com presença de todas as outras classificações em menores porções. Isso se deve ao fato que é uma região predominantemente residencial, com presença de bairros como o Nova Suíssa, Calafate e Coração Eucarístico, que com o número de habitantes maior que a média da cidade. As zonas restritas na imagem, se devem ao fato de ter áreas sujeitas a alagamentos e bairros com coleta porta a porta, no caso o bairro Padre Eustáquio.

Figura 6.2 – Áreas Potenciais Para Receber Locais de Entrega Voluntária



Fonte: O autor

7 CONCLUSÕES

A coleta seletiva é uma atividade muito importante para a gestão de resíduos sólidos urbanos, ao passo que é um desafio de uma grande cidade, uma vez que para o sucesso dessa prática é essencial a participação e envolvimento da população. A definição das áreas de instalação de locais de entrega voluntária é uma escolha que envolve vários critérios e devem ser entendidos os fatores que restringem ou potencializam a utilização destes pontos, além de estar em conformidade com as definições legais do município.

O levantamento e tratamento de dados de histórico da modalidade ponto a ponto em Belo Horizonte foi importante para entender quais áreas já apresentaram problemas ou baixa utilização pela população, além de perceber quais são os principais motivos: utilização incorreta ou solicitação de retirada do ponto em geral realizado pela comunidade do entorno.

Foram abordados ainda, além do histórico de pontos, outros fatores que levaram em consideração, como: restrições do meio físico, elementos da atual gestão de resíduos e índices populacionais. Esta análise possibilitou o atendimento do objetivo de determinar novas áreas com potencial para receber um novo LEV, onde 15,7% do território de Belo Horizonte foi classificado como melhor cenário, ou seja, as áreas que melhor atendem aos moldes deste trabalho. Este mapeamento e classificação de áreas, pode auxiliar para a expansão da coleta seletiva ponto a ponto no município, contribuindo e favorecendo uma maior participação da população.

8 RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos demonstram-se favoráveis ao objetivo do estudo, uma vez que foi possível realizar a categorização das áreas para recebimentos de LEVs. Contudo, sugere-se novos estudos para tornar este modelo mais robusto e aproximando cada vez mais da realidade, verificando por exemplo, se os pontos instalados atualmente seguem as restrições e indicações consideradas neste trabalho. Outra recomendação, seria a consideração dos parâmetros densidade populacional, em substituição da população absoluta de cada bairro, e também o perfil socioeconômico, uma vez que são fatores que também influenciam na participação da população na coleta seletiva. A pesquisa e o incremento de novas variáveis ou fatores que interferem na determinação das áreas também seriam favoráveis para a obtenção de um resultado mais fidedigno. Para consolidação e validação do modelo como um todo, sugere-se verificar a quantidade de material coletado em cada ponto ou de toda a modalidade ponto a ponto, de maneira geral, para consolidar e quantificar a importância dos LEVs para a coleta seletiva de Belo Horizonte.

8 REFERÊNCIAS

BARROS, R. T. V. **Elementos da Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424 p.

BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte: 2016/2019**. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2016.

_____. **Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos De Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2017

BIDONE, R. F.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC-USP, 1999. 120 p.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2010.

BRINGHENTI, J. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos: aspectos operacionais e da participação da população**: São Paulo: [s.n.], 2004. 316 p.

ESRI. **Erase**. 2016. Disponível em: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/analysis-toolbox/erase.htm>. Acesso em: 01 dez. 2020.

ESRI. **Overlay analysis**. 2016. Disponível em: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/analyze/commonly-used-tools/overlay-analysis.htm>. Acesso em: 01 dez. 2020.

ESRI. **Point Density (Spatial Analyst)**. 2016. Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/point-density.htm>. Acesso em: 01 dez. 2020.

HOORNWEG, D.; THOMAS, L. **What a waste: solid A Global Review of Solid Waste Management**. World Bank, Urban Development Sector Unit, 2012.

MINAS GERAIS. Lei nº 18.031/2009, de 12 de janeiro de 2009: Política Estadual de Resíduos Sólidos. **Diário do Executivo de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG, 13 jan. 2009. Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9272>>. Acesso em 10 mai.2019.

ORNELAS, Adílio Rodrigues. **APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISE ESPACIAL NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/adilio.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2020.

PAIVA, A. **5 ferramentas para trabalhar com Análise Espacial no QGIS**. 2017. Disponível em: <<http://geoeduc.com/blog/conheca-as-5-ferramentas-essenciais-para-trabalhar-com-analise-espacial-no-qgis/>>. Acesso em: 09 mai 2019.

PEIXOTO, K. CAMPOS, V. B. G. D'AGOSTO, M. A. **Localização de equipamentos para coleta seletiva de lixo reciclável em área urbana**. Vitória, ES, 2004.

PINA, M. Sistemas de Informações Geográficas. In: PINA, Maria de Fátima de. Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde. Brasília: Opas, 2000. p. 13-39. Fátima de. Sistemas de Informações Geográficas. In: PINA, Maria de Fátima de. **Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Opas, 2000. p. 13-39.

REZENDE, L. H. A. **Geoprocessamento como ferramenta de Inteligência Empresarial para Contact Centers**. 2004. 0 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Geoprocessamento, Instituto de Geociências – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

SESU – Secretaria de Desenvolvimento Urbano. **Avaliação Técnico-Econômica e Social de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Brasília. 2002

SILVA, A. A. F. **Geoprocessamento Aplicado à Análise e Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João-TO**. 2010. Monografia (Especialização) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2010.

SILVA, C. A.; NUNES, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5435-5442. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.19.56>> Acesso em: 10 out. 2020.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Portal Eletrônico**. Brasília, 2016. Disponível em <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em 03 abr 2019.

SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA - SLU. **Informações disponibilizadas pela SLU**. 2018.

REIS, M. F. P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/7653>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

ROCHA, M. M. (2004) **Modelagem da Dispersão de Vetores Biológicos com emprego da Estatística Espacial**, Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia-IME, Rio de Janeiro.