

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DE POSSÍVEIS LOCAIS PARA A INSTALAÇÃO DE  
CONTÊINERES SEMIENTERRADOS – ESTUDO DE CASO  
EM ÁREAS CARENTES DO DISTRITO FEDERAL**

**CAMILA LOPES DOS SANTOS**

**ORIENTADOR: FRANCISCO JAVIER CONTRERAS PINEDA**  
**COORIENTADOR: PAULO CELSO DOS REIS GOMES**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA  
AMBIENTAL**

**BRASÍLIA/DF, 08 DE DEZEMBRO DE 2017**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DE POSSÍVEIS LOCAIS PARA A INSTALAÇÃO DE  
CONTÊINERES SEMIENTERRADOS – ESTUDO DE CASO  
EM ÁREAS CARENTES DO DISTRITO FEDERAL**

**CAMILA LOPES DOS SANTOS**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.**

**APROVADA POR:**

---

**Francisco Javier Contreras Pineda, PhD (ENC-UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**Paulo Celso dos Reis Gomes, PhD (ENC-UnB)  
(COORIENTADOR)**

---

**Silvano Silvério da Costa (SLU)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

---

**Oscar de Moraes Cordeiro Netto, Dr. (ENC-UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

SANTOS, CAMILA LOPES

Análise de Possíveis Locais para Instalações de Contêineres Semienterrados – Estudo de Caso em Áreas Carentes do Distrito Federal

xi, 112 p. (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2017)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Saneamento Básico

2. Resíduos Sólidos Urbanos

3. Contêiner Semienterrado

4. Network Analyst

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

SANTOS, C. L. (2017). Análise de Possíveis Locais para Instalações de Contêineres Semienterrados – Estudo de Caso em Áreas Carentes do Distrito Federal. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 112 p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DA AUTORA: Camila Lopes dos Santos

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise de Possíveis Locais para Instalações de Contêineres Semienterrados – Estudo de Caso em Áreas Carentes do Distrito Federal. Monografia de Projeto Final.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2017

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Camila Lopes dos Santos

QI 31 Lote 10 Bloco A apart. 504 – Guará II

71.065-909 - Brasília/DF – Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, minhas avós e meus avôs por todo o apoio durante a graduação, sem o apoio de vocês nada disso seria possível. Obrigada pela compreensão nos momentos de ansiedade e de ausência. Principalmente minha mãe, que me ajudou a superar momentos de fraqueza. Ao meu querido avô Josué dedico todo o meu esforço porque sei que lá de cima me guiou para concluir essa etapa.

Aos meus orientadores Francisco Pineda e Paulo Celso pelos conselhos e pelo conhecimento que me passaram, em especial, nesse último ano.

A todos os amigos que fiz nesses cinco anos, levá-los-ei para sempre em meu coração.

À equipe técnica do SLU (técnicos e estagiários) que me ajudou em várias etapas do projeto, fornecendo dados e auxiliando na aplicação do questionário.

À todas pessoas que de alguma forma passaram pela minha vida e me fortaleceram nessa jornada.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	4
2.1. OBJETIVO GERAL .....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
3.1 HABITAÇÕES E OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	9
3.2 O GEOPROCESSAMENTO NA LUMRSU .....	13
3.3 O SISTEMA DE LUMRSU DO DISTRTO FEDERAL .....	19
4. METODOLOGIA .....	21
4.1 REGIÕES ADMINISTRATIVAS PROPÍCIAS A CONTEINERIZAÇÃO .....	22
4.2 VISITA TÉCNICA E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO .....	26
4.3 ANÁLISE DE LOCAIS PARA A INSTALAÇÃO DE CONTÊINER SEMIENTERRADO .....	30
4.3.1. Quantificação de contêineres.....	30
4.3.2. Análise de locais.....	32
4.3.3. Aplicação do Network Analyst .....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES HABITACIONAIS .....	37
5.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO .....	46
5.3 COLETA DE DADOS E DIMENSIONAMENTO DO NÚMERO DE CONTÊINERES NECESSÁRIOS.....	50
5.3.1 Análise dos Dados de Coleta.....	50
5.3.2 Dimensionamento do Número de Contêineres Necessários.....	56
5.4 ANÁLISE DE LOCAIS E SELEÇÃO DOS PONTOS DE MAIOR DEMANDA .....	57
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Qualidade do serviço de saneamento no Brasil de 2014 (PLANSAB). .....	5
Tabela 3.2: Tipos de condicionamentos segundo a ABNT. ....	8
Tabela 4.1: Dados utilizados para cálculo de amostras para análise de variáveis categóricas. ....	28
Tabela 4.2: Parâmetros utilizados para calcular a amostra de variáveis numéricas. ....	29
Tabela 5.1: Resumo das características dos domicílios no Sol Nascente Pôr do Sol. ....	38
Tabela 5.2: Resumo das características dos domicílios do SCIA. ....	40
Tabela 5.3: Dados de coleta médios de cada setor e sua geração per capita conforme tais dados. ....	54
Tabela 5.4: Parâmetros adotados para o dimensionamento de contêineres semienterrado. ....	56
Tabela 5.5: Possíveis locais de instalação de contêiner semienterrado numerados e seus endereços. ....	61
Tabela 5.6: Informações utilizadas na ferramenta de locação-alocação. ....	63

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Resumo de diferentes aplicações de SIG na limpeza urbana e/ou alocação de instalações. ....	17
Quadro 3.2: Aplicação da ferramenta Network Analyst no contexto da limpeza urbana. ....	18
Quadro 5.1: Dados de coleta de resíduos do mês de maio do Sol Nascente. ....	51
Quadro 5.2: Dados de coleta de resíduos do mês de julho do Sol Nascente. ....	51
Quadro 5.3: Dados de coleta de resíduos do mês de maio do Pôr do Sol. ....	52
Quadro 5.4: Dados de coleta de resíduos do mês de julho do Pôr do Sol. ....	52
Quadro 5.5: Dados de coleta de resíduos do mês de maio de Santa Luzia. ....	53
Quadro 5.6: Dados de coleta de resíduos do mês de julho de Santa Luzia. ....	53
Quadro 5.7: Dados de coleta de resíduos do mês de setembro de Santa Luzia. ....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Linha do tempo do saneamento no Brasil no contexto dos resíduos sólidos urbanos. ....	6
Figura 3.2: Exemplo de caçamba. ....	9
Figura 3.3: Exemplo de contêiner estacionário. ....	9
Figura 3.4: Exemplo de contêiner coletor. ....	9
Figura 3.5: Exemplo de caçamba intercambiável. ....	9
Figura 3.6: Fases de coleta do contêiner semienterrado. ....	20
Figura 4.1: Fluxograma da metodologia implementada no estudo. ....	21
Figura 4.2: Mapa da situação do saneamento básico no DF. ....	23
Figura 4.3: Imagem de satélite da Ceilândia. ....	24
Figura 4.4: Zoom em parte da região da Ceilândia. ....	24
Figura 4.5: Imagem de satélite da SCIA. ....	25
Figura 4.6: Zoom em parte da região da SCIA. ....	25
Figura 4.7: Dimensões de um modelo de contêiner semienterrado. ....	31
Figura 4.8: Exemplo de gráfico modelado para a aplicação do algoritmo Dijkstra. ....	35
Figura 4.9: Mapa do metrô de São Paulo, como exemplo de modelagem de rede. ....	35
Figura 5.1: Localização dos setores habitacionais Sol Nascente Pôr do Sol. ....	39
Figura 5.2: Mapa de Santa Luzia no ano de 2009. ....	41
Figura 5.3: Mapa de Santa Luzia no ano de 2017. ....	41
Figura 5.4: Localização do setor habitacional Santa Luzia. ....	42
Figura 5.5: Ponto de acúmulo de resíduos no Sol Nascente. ....	43
Figura 5.6: Ponto de acúmulo de resíduos no Pôr do Sol. ....	43
Figura 5.7: Ponto de acúmulos de resíduos em Santa Luzia. ....	44
Figura 5.8: Rua do setor habitacional Sol Nascente. ....	44
Figura 5.9: Rua do setor habitacional Pôr do Sol. ....	45
Figura 5.10: Rua do setor habitacional Santa Luzia. ....	45

Figura 5.11: Resposta ao questionário aplicado sobre a utilização de contêiner no Sol Nascente.....	46
Figura 5.12: Resposta ao questionário aplicado sobre a utilização de contêiner no Pôr do Sol.....	46
Figura 5.13: Resposta ao questionário aplicado sobre a utilização de contêiner em Santa Luzia.....	46
Figura 5.14: Responsável por retirar os resíduos sólidos das residências e descartá-los. ....	47
Figura 5.15: Distância que os habitantes do Sol Nascente estão dispostos a andar para descartar os resíduos em um local adequado. ....	48
Figura 5.16: Distância que os habitantes do Pôr do Sol estão dispostos a andar para descartar os resíduos em um local adequado.....	48
Figura 5.17: Distância que os habitantes de Santa Luzia estão dispostos a andar para descartar os resíduos em um local adequado.....	49
Figura 5.18: Resíduo domiciliar misturado com restos de poda, RCC e entulhos em Santa Luzia. ....	55
Figura 5.19: Mapa com os pontos candidatos a instalação de contêiner semienterrado e as redes de esgotamento sanitário e água – Sol Nascente.....	58
Figura 5.20: Mapa com os pontos candidatos a instalação de contêiner semienterrado e as redes de esgotamento sanitário e água – Pôr do Sol.....	59
Figura 5.21 Mapa com os pontos candidatos a instalação de contêiner semienterrado e as redes de esgotamento sanitário e água – Santa Luzia.....	61
Figura 5.22: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Sol Nascente. ....	65
Figura 5.23: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Sol Nascente com pontos requeridos. ....	66
Figura 5.24: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Pôr do Sol com dados de população do IBGE (2010).....	67
Figura 5.25: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Pôr do Sol com dados de população do IBGE (2010), com imagem de satélite. ....	68
Figura 5.26: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Pôr do Sol com nos pontos de demanda criados em cima das casas. ....	69
Figura 5.27: Pontos selecionados para instalação no Pôr do Sol. ....	71

Figura 5.28: Mapa com os pontos candidatos a instalação de contêiner semienterrado, centroide dos setores censitários do IBGE e imagem de satélite.....	72
Figura 5.29: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado em Santa Luzia.....	73
Figura 5.30: Comparação entre a área de influência por meio de um buffer e pela área de serviço. ....	74
Figura 5.31: Mapa de abrangência dos candidatos selecionados no Sol Nascente. ....	76
Figura 5.32: Mapa de abrangência dos candidatos selecionados no Pôr do Sol. ....	77
Figura 5.33: Mapa de abrangência dos candidatos selecionados no Santa Luzia. ....	78

## **LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES**

ACJ - Aterro Controlado do Jóquei

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal

ASB - Aterro Sanitário de Brasília

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal

DF- Distrito Federal

GEMED - Gerência de Medição

GIRSU - Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos Urbanos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LUMRSU – Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos

NBR - Norma Brasileira Aprovada pela ABNT

PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios

PLANASA - Plano Nacional de Saneamento

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RA - Regiões Administrativas

RCC - Resíduos da Construção Civil

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SCIA - Setor Complementar de Indústria e Abastecimento

SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SLU - Serviço de Limpeza Urbana

UTMB - Usinas de Tratamento Mecânico Biológico

UN – United Nation (Organização das Nações Unidas)

WHO -World Health Organization

## RESUMO

O saneamento básico é um direito humano e todos os cidadãos devem ter acesso às quatro vertentes dele: água (em qualidade e quantidade suficiente), esgoto (coleta e tratamento de esgoto), drenagem (rede de drenagem) e resíduos sólidos (serviço de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos urbanos). Mesmo sendo um dos melhores índices de cobertura do saneamento, cerca de 7,3 milhões de toneladas de resíduos não são coletados no Brasil, o que corresponde a 9,2 % do país sem sistema de coleta. No que concerne à disposição dos resíduos, cerca de 30 milhões de toneladas são dispostas em locais inadequados. No Distrito Federal, capital do país, apenas em janeiro de 2017 foi inaugurado o primeiro Aterro Sanitário da região. Até então, todos os resíduos gerados no DF eram dispostos no Aterro Controlado do Jóquei (ACJ), conhecido como, Lixão da Estrutural. No tocante ao serviço de coleta o DF apresenta um índice elevado comparado ao Brasil, conquanto, esse índice representa um grande número de habitantes e ocasiona o despejo inadequado dos resíduos pela falta de coleta. Essas áreas de despejo inadequado de resíduos vão se acumulando, tornando-se verdadeiros pontos de vetores de doença. Com o propósito de propiciar um saneamento mais adequado em regiões carentes e precárias, este estudo propõe a utilização de contêineres semienterrados para o acondicionamento adequado dos resíduos junto à implementação de um serviço de coleta ponto a ponto. Desse modo, desenvolver-se-á e se aplicará a metodologia de seleção de locais para instalação de contêineres semienterrados no Distrito Federal com o auxílio de ferramenta de geoprocessamento (Network Analyst do ArcGIS), tendo em vista as regiões administrativas com saneamento deficitário e de baixa renda.

## ABSTRACT

Basic sanitation is a human right and every citizen should have access to all of its four strands: water (with enough quality and quantity), wastewater (collection and sewage treatment), drainage (drainage network) and solid waste (waste collection service). Even though the last aspect is one of the best sanitation coverage, about 7,3 million tons of solid waste are not collected in Brazil, what results in 9,2% of the country without a collection system. What concerns to the waste disposal, about 30 million tons are disposed in inadequate places. In the Federal District, the country's capital, only in January of 2017 the first region's Landfill was inaugurated, until then, all the solid waste generated in the federal district was disposed in Controlled Ground of Jóquei (ACJ, in portuguese initials), known as Estrutural's dumping ground. About the collection service, the Federal District features a high index if compared to Brazil as a whole, although, this index represents a large number of habitants and causes inappropriate waste disposal due to the lack of waste collection. These inappropriate disposal areas keep accumulating and become serious disease vector points. With the purpose of providing a more adequate sanitation to the poor and precarious regions, this study proposes the use of partially- buried containers for the adequate conditioning of the waste together with the implementation of a point-to-point collection service. This way, shall be developed and applied the methodology to select places for the instalment of partially- buried containers in the Federal District with the support of a geoprocessing tool (ArcGIS's Network Analyst), aiming to the administrative regions with sanitation deficit and low income.

## 1. INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas (UN) declara o reconhecimento do direito ao saneamento e à água potável e segura como direito humano, que é universal, indivisível, interdependente e inter-relacionado, e deve ser tratado globalmente, de forma justa e igual, no mesmo ponto e com a mesma ênfase. Constituiu-se, assim, um marco histórico global, tendo em vista o compromisso assumido pela comunidade internacional ampliar esforços para fornecer saneamento adequado e água potável e segura (UN, 2010).

A partir de meados do século XX o Brasil começou a dar atenção a questão do saneamento, provendo a criação de órgãos e leis que viabilizassem condições mais salubres aos cidadãos. Um marco histórico foi a criação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), o qual gerou uma amplificação no acesso à água tratada e ao esgotamento sanitário. Com a implementação da Política Nacional de Saneamento Básico, houve um avanço na prestação desses serviços, o que pode ser percebido pela própria evolução do conceito de saneamento básico, anteriormente definido como serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário (HELLER e CASTRO, 2013).

Constitui-se saneamento básico o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de quatro vertentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais. Os serviços de saneamento básico têm como princípio fundamental a universalização do acesso à população de forma a atendê-la em conformidade com às suas necessidades locais (BRASIL, 2007).

Comparado aos demais países, o Brasil apresentou um dos maiores investimentos em água, saneamento e higiene cerca de US\$ 9.420 milhões (dados de 2014). Destaca-se que há uma variabilidade entre os países em relação a quais serviços são referentes a saneamento, enquanto o Brasil considera os quatro setores, há países que consideram apenas água e esgoto (WHO, 2017). Segundo a World Health Organization – WHO (2014), considera-se saneamento básico como sistemas e tecnologias relacionadas ao esgoto.

É importante ressaltar que um alto investimento, não necessariamente reflete em uma qualidade nos serviços de saneamento, uma vez que existem alguns aspectos que justificam maiores investimentos, como, nível de desenvolvimento e extensão do território. Ou seja, quanto maior

o país e quanto menor o nível de desenvolvimento em saneamento, mais investimentos são necessários para suprir a demanda, este é o caso do Brasil.

De acordo com a Constituição Federal (BRASIL, 1988), é atribuição comum dos Estados, Distrito Federal (DF) e União desenvolver programas de construção de moradias e a prover melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico. Nessa realidade, o acesso a serviços de saneamento ainda requer um aperfeiçoamento, principalmente, em relação a componente de resíduos sólidos, visto que milhões de pessoas vivem em ambientes insalubres e expostas a riscos que podem comprometer a sua saúde (BRASIL, 2014).

A gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos (GIRSU) vem se tornando cada vez mais complexo em virtude do aumento considerável na produção per capita de resíduos e à aglomeração urbana acelerada, necessitando de investimentos na aquisição de equipamentos, treinamento, capacitação, controle e custeio de todo o sistema de manejo de resíduos sólidos. A partir disso, o conceito de gestão integrada estabelece e aprimora a gestão dos resíduos sólidos de forma a atingir os objetivos propostos, adequados às necessidades e características de cada comunidade sendo imprescindível o envolvimento de setores da administração pública e da sociedade (IBAM, 2007).

A logística dos resíduos sólidos domiciliares inclui atividades desde a geração até a disposição final, envolvendo uma cadeia de processos logísticos em cada etapa. A geração, o acondicionamento, a coleta e transporte, o reaproveitamento, o tratamento e a destinação final são etapas da GIRSU. Há regiões em que uma dessas etapas não são realizadas, estes são casos típicos de áreas de baixa renda, nas quais o acesso as habitações são dificultadas pela própria formação urbana, ocasionando uma disposição final em terrenos baldios, encostas de morros, vias públicas, de forma a acumular resíduos em locais inapropriados (BARTHOLOMEU e FILHO-CAIXETA, 2011).

Dessa forma, este trabalho objetiva analisar locais para a instalação de contêineres semienterrados no Distrito Federal, como alternativa para os problemas de acondicionamento inadequados em áreas de difícil acesso e acúmulo de resíduos.

No terceiro capítulo, será apresentada uma revisão bibliográfica e fundamentação teórica, relacionando os resíduos sólidos urbanos com as conformações urbanas, o uso de

geoprocessamento na limpeza urbana e um estudo de caso focado em regiões carentes do Distrito Federal. No quarto capítulo, será abordada a metodologia empregada, exemplificando como esta será desenvolvida e aplicada, demonstrando os parâmetros e critérios considerados. No capítulo cinco, são apresentados os resultados obtidos e uma discussão sobre estes. Por fim, no capítulo 6, expõe-se as conclusões e recomendações para estudos futuros.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Desenvolver e aplicar um procedimento de seleção de locais para instalação de contêineres semienterrados em regiões de saneamento precário e de baixa renda no Distrito Federal.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar locais com saneamento precário;
- Definir e avaliar a área de abrangência de um contêiner;
- Modelagem e simulação do procedimento de seleção de locais.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, será apresentado um contexto geral sobre os resíduos sólidos urbanos no Brasil, bem como, legislações que estabelecem os procedimentos necessários para o seu gerenciamento, dando ênfase à questão da coleta e do acondicionamento dos resíduos. Ademais, será mostrada a relação entre conformações urbanas e limpeza urbana.

É evidente que a Lei nº 11.445/2007 oferece uma forte regulamentação para o setor e instaura um novo período para o saneamento no Brasil, no qual exige que municípios e o Distrito Federal formulem políticas públicas para planejar seus serviços. Determinando que estes apresentem qualidade para os usuários e sejam eficientes, ou seja, tenham sustentabilidade econômica (BRASIL, 2009a). No entanto, ainda há regiões que apresentam atendimento precário ou sequer apresentam atendimento, como apresentado na Tabela 3.1 a seguir (BRASIL, 2014).

**Tabela 3.1: Qualidade do serviço de saneamento no Brasil de 2014 (PLANSAB).**

Componente	Atendimento adequado		Déficit			
			Atendimento precário		Sem atendimento	
	(x 1.000 hab)	%	(x 1.000 hab)	%	(x 1.000 hab)	%
Abastecimento de água	112.497	59,4	64.160	33,9	12.810	6,8
Esgotamento sanitário	75.369	39,7	96.241	50,7	18.180	9,6
Manejo de resíduos sólidos	111.220	58,6	51.690	27,2	26.880	14,2

Fonte: Plano Nacional de Saneamento Básico (2014).

Observa-se que a componente de manejo de resíduos sólidos apresentou maior contingente populacional sem atendimento, o equivalente a 14,2%, cerca de 26.880.000 habitantes sem coleta de resíduos. Além de existir cerca de 51.690.000 habitantes com atendimento precário em relação aos resíduos.

Pondera-se que a componente drenagem não aparece na tabela 3.1 por ter uma abordagem distinta para a sua quantificação de déficit, para ela, considerou-se a ocorrência de problemas com enchentes e inundações nos últimos anos.

Segundo a Lei Federal de Saneamento Básico (Brasil, 2007), a limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos englobam a criação de infraestrutura e instalações de coleta, transporte dos resíduos, áreas de transbordo, destinação para os resíduos, além dos serviços de varrição e lavagem de logradouros e vias públicas. Embora seja clara a categoria de resíduos que é de responsabilidade pública, é interessante que o poder público exerça algum acompanhamento dos demais resíduos a fim de garantir o descarte adequado. Por conseguinte, percebe-se uma falta de visão sistêmica para análise e avaliação do ciclo de vida dos produtos, logística reversa, entre outros aspectos (BRASIL, 2009b).

Nessa perspectiva, insere-se a Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS (Brasil, 2010) uma legislação específica para os resíduos sólidos que promove uma gestão integrada dos resíduos sólidos, bem como seu gerenciamento e distingue as responsabilidades do poder público e dos geradores.

A Figura 3.1 apresenta um esquema da evolução do saneamento no Brasil no contexto dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos mencionado no capítulo 1. Nela percebe-se a evolução do conceito de saneamento, bem como a criação de uma política específica sobre resíduos sólidos (PNRS), a qual é relatada acima.



**Figura 3.1: Linha do tempo do saneamento no Brasil no contexto dos resíduos sólidos urbanos.**

Dentre as atividades de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos urbanos (LUMRSU), a que tem maior custo é o serviço de coleta e transporte, cerca de 50 a 70% do orçamento de LUMRSU, este envolve uma certa complexidade para seu planejamento (CEMPRE, 2010). É fundamental considerar fatores topográficos da cidade, o estado de pavimentação, calçamento de ruas, zonas de ocupação, adensamento populacional, padrões de consumo para que a coleta seja efetiva. As formas de coleta mais utilizadas são: porta a porta e ponto a ponto. A primeira é mais comum em áreas verticalizadas ou de alta densidade populacional, nela o serviço de coleta passa em dias e horários pré-determinados e nesse momento a população deve dispor seus resíduos para a coleta. Já o último, baseia-se na definição de pontos próximos às localidades para o cidadão depositar seus resíduos em contentores e serem, posteriormente, recolhidos (BARROS, 2012).

O Brasil gera em torno de 80 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por ano e nem todo o resíduo gerado é coletado, apresentando uma cobertura de cerca de 90,8%, ou seja, ainda há 7,3 milhões de toneladas que nem mesmo chegam a ser coletadas para terem uma destinação (ABRELPE, 2015). Repara-se que em relação aos dados do PLANSAB (2014) houve um aumento na abrangência de coleta nas regiões. Ao se comparar esse índice de atendimento de coleta entre as áreas urbanas e rurais, percebe-se uma grande discrepância, sendo que áreas rurais apresenta cerca de 30% da taxa de cobertura da área urbana (IPEA, 2012a).

Normalmente, estes resíduos não coletados permanecem nos próprios domicílios, ou acabam sendo rasgados por animais e carreados por chuvas e enxurradas. Essas são situações típicas de regiões de baixa renda. Nesse sentido, o acondicionamento dos resíduos se mostra ainda mais relevante, tendo por objetivo armazenar os resíduos em recipientes de maneira salubre para o momento em que for realizada a coleta, devendo ser compatível com a composição e a quantidade de resíduos gerados. É uma etapa que necessita do apoio da população seja para depositar os resíduos nos horários e dias corretos (coleta porta a porta), seja para levar seus resíduos até os contentores (coleta ponto a ponto). Percebe-se que essa etapa é fundamental para a eficiência e manutenção do serviço de coleta, pois evita a proliferação de vetores, minimiza o impacto visual e olfativo e, ainda, facilita a operação (IBAM, 2001).

Conforme a quantidade e composição dos resíduos gerados em uma localidade e sua movimentação (frequência e tipo de coleta), utilizam-se formas de acondicionamento distintas

de maneira que atenda a necessidade local. Para pequenos volumes, costuma-se usar sacos plásticos, deixando-os em cestos com certa altura para que não seja carregado pela chuva ou rasgado por animais.

A forma de acondicionamento dos resíduos deve ser compatível com o modelo do veículo que será utilizado para a coleta e também deve estar de acordo com a região de coleta, visto que dependendo do tipo de habitação e das características de cada local, um tipo diferente de acondicionamento se torna mais apropriado, o que é proposto pela gestão integrada de resíduos. Na Tabela 3.2, mostra-se os modelos de recipientes geralmente empregados para grandes volumes.

**Tabela 3.2: Tipos de acondicionamentos segundo a ABNT.**

<b>Acondicionador</b>	<b>Definição</b>	<b>Uso comum</b>
<b>Caçamba</b>	Receptor usado para recolher os resíduos sólidos de locais não-acessíveis aos veículos de coleta, transportado pelo pessoal de limpeza pública	Coleta domiciliar com difícil acesso
<b>Contêiner ou caçamba estacionária</b>	Receptáculo utilizado em fonte de elevada geração de resíduos, superior a 100 litros, para seu acondicionamento adequado e posterior remoção	Comércios grandes geradores de resíduos
<b>Contêiner coletor</b>	Contêiner destinado a acondicionar os resíduos sólidos a serem removidos pela coleta, sendo basculados diretamente no veículo coletor compactador, por meio de dispositivo mecânico, hidráulico ou pneumático	Coleta domiciliar em áreas verticalizadas
<b>Contêiner intercambiável</b>	Contêiner que é substituído por outro vazio na ocasião de sua remoção, sendo essa operação executada utilizando equipamento adequado para o seu transporte	Coleta domiciliar em áreas verticalizadas

Fonte: NBR 12980/1993 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos.

De modo a facilitar o entendimento acerca dos tipos de acondicionadores classificados acima, são mostradas algumas fotografias de cada equipamento, como pode ser visto nas figuras 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5.



**Figura 3.2: Exemplo de caçamba.**

Fonte: Suprema Indústria Ltda.



**Figura 3.3: Exemplo de contêiner estacionário.**

Fonte: Sotkon.



**Figura 3.4: Exemplo de contêiner coletor.**

Fonte: Casas EPI'S.



**Figura 3.5: Exemplo de caçamba intercambiável.**

Fonte: Qualitex.

### **3.1 HABITAÇÕES E OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

O conceito de habitação fundamenta-se como um local que tenha sido construído para fins de residência permanente ou temporário, por exemplo, casa, apartamento, caverna, trailer, desde que tenha estrutura com o fim de moradia, podendo ser privada ou coletiva (IBGE, 1959).

Intrinsecamente relacionada à cidade, transformação que ocorre em virtude da forma como as pessoas ocupam certo espaço, a forma de habitação corresponde a momentos históricos que

podem ser representados até mesmo no presente e futuro. É o que pode ser visto nas cidades como Salvador e Ouro Preto, a personificação e os significados do passado podem ser percebidos hoje (ROLNIK, 2004). Segundo Le Corbusier (2000), a morada tem dois tipos de prolongamentos: materiais e espirituais, os materiais constituem-se, justamente, das infraestruturas de serviços sanitário, ou seja, representam necessidades cotidianas e são essenciais.

Com o rápido crescimento urbano muitas regiões não acompanharam o mesmo crescimento em relação às infraestruturas sanitárias. Existem áreas impermeabilizadas que acumulam poças d'água e locais onde a coleta de resíduos não é regular e, portanto, insuficiente. Estes são problemas derivados do crescimento urbano desordenado que impactam diretamente na saúde das pessoas que ali vivem (PASTERNAK, 2016). A falta de uma política urbana pode causar o desenvolvimento de cidades com diversos problemas socioambientais, como, assentamentos precários, despejos de resíduos em locais irregulares (vias e/ou terrenos baldios), esgoto a céu aberto, insuficiência de áreas verdes, entre outros (IPEA, 2016).

Como competência constitucional da União, tem-se: instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos. Por esse viés, a política urbana tem por objetivo ordenar o desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes, para tanto é exigido a elaboração de um plano diretor como recurso básico do desenvolvimento e da expansão urbana (BRASIL, 1988).

Nesse sentido, o Estatuto das Cidades (Brasil, 2001) regula o uso da propriedade urbana em prol do equilíbrio ambiental, bem-estar comum e bem coletivo, tendo como diretrizes gerais a garantia do direito a serviços públicos e ao saneamento ambiental e planejamento da distribuição espacial da população de maneira que evite e corrija distorções do crescimento urbano. Medidas estas que favorecem a implementação de infraestruturas sanitárias, assegurando os serviços de saneamento básico aos cidadãos.

Embora haja uma normativa em relação à política urbana, sabe-se que cidades crescem de forma irregular, trazendo inúmeros problemas. Definido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), os chamados aglomerados subnormais são ocupações irregulares com serviços básicos precários, urbanização irregular, ocupação ilegal, seja de terras públicas ou de terceiros. O processo de expansão destes aglomerados também é conhecido como processo de

favelização, em vista disso, pressupõe-se que este fenômeno ocorra em áreas sem ocupação urbana, pois uma vez que os terrenos se encontram em condição regular, é, de certo modo, improvável que ele se torne uma ocupação irregular e, portanto, subnormal. Como estes fenômenos ocorrem em diferentes proporções, grandezas e conformações urbanas, há uma dificuldade em identificá-los (IPEA,2014a).

Os problemas de precariedade habitacional advêm da irregularidade dos loteamentos sem que sigam a normativa urbanística, da clandestinidade, de empreendimentos sem licenciamento ou registro oficial e da desordenação, onde há ocupação irregular sem seguimento dos padrões urbanísticos exigidos. Diante disso, o Estatuto da Cidade se mostra ainda mais relevante, visto que os problemas ocorrem por não seguirem a normativa e se seguida, as habitações serão providas de infraestrutura urbana e saneamento básico (IPEA, 2016).

Quando a ocupação é por pessoas de baixa renda, a situação se agrava, pois, muitas vezes estas não têm condições de arcar com infraestruturas básicas de saneamento unitária e passam a dispor seus resíduos (sólidos e sanitários) em locais inadequados, causando inúmeras doenças. Abreu (1990) e Moraes (2007) relatam pontos de monturo, RSU acumulado irregularmente em calçadas, terrenos, vias, sem qualquer tipo de acondicionamento padronizado, e, diferentes locais do Brasil, São Paulo e Salvador, respectivamente. Isso ocorre tanto pela dificuldade de acesso a certas áreas da região, quanto pela falta de locais apropriados.

Moraes (2007) ainda relaciona este fato à transmissão indireta de doenças, mostrando que onde há coleta regular e acondicionamento dos resíduos adequadamente o incidente de doenças é bem menor que as demais regiões que não dispunham de coleta regular e acondicionamento adequado.

É clara a necessidade de ação do poder público para suprir essa demanda da população que vive em ambientes precários. Nesse contexto, insere-se os princípios e os objetivos da PNRS, os quais pregam por soluções locais adaptadas a realidade, considerando a variável social, além da garantia do serviço com qualidade ambiental a todos os cidadãos. Isso pode ser visto no artigo 6<sup>a</sup> e 7<sup>o</sup> logo abaixo:

Art. 6<sup>o</sup> São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;

V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;

IX - o respeito às diversidades locais e regionais (BRASIL, 2010, cap. II).

#### Art. 7º São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007 (BRASIL, 2010, cap. II).

Em consonância com a Lei, Jucá (2016) propõe a utilização de contêiner semienterrado para áreas de difícil acesso e áreas verticalizadas (densidade demográfica alta e grande geração de resíduos em pontos). A concepção é realizar esse tipo de acondicionamento em áreas de concentração de resíduos, como funciona o sistema de coleta “ponto a ponto”, acabando com monturos, principalmente, em assentamentos de baixa renda.

Segundo Colombari e Moretti (2014), a utilização deste sistema traz um melhor aspecto urbanístico e estético, substitui-se a sacos de resíduos espalhados pelas calçadas, garantindo um bom acondicionamento e minimizando impactos ambientais. Neste estudo é relatado os tipos de coleta da cidade de Paulínea em São Paulo, mostrando como funciona cada tipo de coleta, inclusive a containerizada.

Em alguns bairros de Porto Alegre a coleta é containerizada desde 2011, permitindo que a população descarte os resíduos a qualquer hora do dia, garantindo que eles sejam acondicionados adequadamente até o momento da coleta (DMLU, 2017).

Nessa perspectiva, a adoção da coleta ponto a ponto com o acondicionamento dos resíduos de forma adequada, soluciona os problemas de aglomerações subnormais que inúmeras vezes sofrem com o serviço de coleta dos resíduos, permitindo uma condição mais digna de

saneamento. Percebe-se, assim, uma adaptação e respeito às diversidades locais e regionais, provendo a saúde pública e qualidade ambiental conforme previsto na Lei nº 11.445.

### **3.2 O GEOPROCESSAMENTO NA LUMRSU**

Geoprocessamento consiste na área do conhecimento que emprega técnicas computacionais e matemáticas a fim de abordar informações geográficas, atuando em diferentes âmbitos, como, planejamento urbano, transportes, cartografia e análise de recursos naturais. Esta tecnologia propicia a integração de diferentes esferas do ensino para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos, caracterizando-a como uma tecnologia interdisciplinar (INPE, 2001).

Segundo Ornelas (2011), geoprocessamento pode ser definido como a união de ciências, técnicas e tecnologias manipuladas para aquisição, processamento, armazenamento e publicação de dados e informações espacialmente. De acordo com Rosa (2013), geoprocessamento baseia-se na coleta e tratamento de informações espaciais com o uso de tecnologias para um fim específico, podendo desenvolver novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de complexidade, objetivando facilitar certa análise espacial.

Diante desta multidisciplinaridade, há uma crescente busca para a utilização do geoprocessamento como ferramenta de apoio a tomada de decisões estratégicas, em especial, quando há necessidade de se conhecer o território e os fenômenos que ali se desenvolvem em diferentes aspectos. Assim, é possível ter uma visão holística da situação em análise, considerando as inter-relações dos diferentes componentes e elementos que a constitui. Para cada emprego do geoprocessamento, executa-se um sistema específico conforme a natureza do problema, esses sistemas são chamados de sistemas de informação geográfica - SIG (NUCASE, 2013).

Os SIG são sistemas computacionais utilizados para compreender fenômenos e acontecimentos que transcorrem no espaço geográfico. Estes instrumentos tornaram-se indispensáveis para trabalhos que demandam a avaliação de informações geográficas, devido a possibilidade de unir inúmeros dados espaciais, estruturando-os e os integrando, permitindo análises espaciais complexas baseada na rápida formulação de cenários que propiciam subsídios para a tomada de decisão (PINA e SANTOS, 2000).

Ribeiro (2005) define SIG como um sistema computacional que objetiva o processamento digital da informação geográfica, levando em consideração fatores geométricos, topológicos e temporais. As ferramentas são desenvolvidas com a finalidade de potencializar a análise e espacial e geográfica de fenômenos e fatos, gerando ainda, mapas, plantas digitais e relatórios de maneira a integrar a informação geográfica estudada a distintos temas. Nota-se tamanha utilidade do SIG ao se deparar com dados espaciais de fontes variadas, como, censos, levantamentos topográficos, fotografia aérea, entre outros, agregando e integrando os dados para obter soluções (CUNHA, 2009).

Com o avanço da tecnologia, tornou-se cada vez mais comum o uso do SIG para subsidiar processos de planejamento, execução e monitoramento de projetos. Ao distribuir espacialmente os dados geográficos, viabiliza-se a análise e síntese de fenômenos e processos, naturais ou antrópicos. As aplicações abrangem diversos setores, como, transporte saúde, planejamento público, direitos públicos e privado (BASTISTELLA e MORAN, 2008).

Dado que a espacialidade é uma característica intrínseca dos sistemas ambientais, os SIG são instrumento necessário para os procedimentos de modelagem ambiental. Os programas de SIG são utilizados seja para a elaboração de mapas relacionados com os dados, seja para a própria modelagem do sistema. As concepções da análise espacial são importantes para comparações socioeconômicas e ambientais, visando que essas interações correspondam com ocorrências distribuídas espacialmente (CHRISTOFOLETTI, 2011).

Por esse viés, a aplicação do SIG para garantir a eficiência de serviços ambientais se torna cada vez mais comum, há um crescente uso, principalmente, no que concerne à limpeza urbana. Lacerda e Brasileiro (2007) utilizaram um SIG para otimizar rotas de um sistema de coleta de resíduos para a cidade de Ilha Solteira (SP). Foram criadas matrizes de roteamento (matriz origem/destino), com os resultados foi possível reduzir significativamente a distância percorrida por cada caminhão.

Braga *et al.* (2007) fizeram um diagnóstico do serviço de coleta da cidade de Manaus para garantir uma melhoria no serviço e possibilitar a ampliação. Com base em parâmetros adotados, como, geração de resíduo, ponto de resíduo, número de viagens, verificou-se haver desequilíbrio entre os roteiros de coleta, redimensionando-os para obter melhor produtividade e uma melhora na prestação do serviço.

Gallardo *et al.* (2015) utilizaram SIG para propor uma metodologia de pré-coleta para os resíduos sólidos municipais e aplicá-la em Castellón, Espanha. Mediante parâmetros, como, composição gravimétrica, vias e sentido de tráfego, tipo de coleta e número de habitantes, foi possível definir o tamanho de lixeiras necessárias, alocando-as de maneira eficaz por meio da ferramenta locação-alocação do ArcGIS.

Recorrendo a mesma ferramenta citada acima, ELSamena e Hiyasat (2017) avaliaram os locais mais estratégicos para a instalação de *shoppings*, calculando o tempo de viagem de subdistritos até os shoppings, de forma que haja certo nível de acessibilidade por todas as modalidades de transporte. Assim, garantiu-se uma melhor a distribuição dos futuros centros comerciais.

Enquanto isso, Arribas *et al.* (2010) sugerem uma configuração mais eficiente para o sistema de coleta dos resíduos sólidos urbanos para Santiago no Chile. Com base na capacidade dos veículos de coleta, criou-se zonas de coleta, tendo como princípio que horários de tráfego intenso em uma região não são interessantes para o veículo, portanto quando uma área estiver com trânsito, o veículo irá coletar os resíduos de outro local de forma a otimizar o sistema.

Kinobe *et al.* (2015) buscaram otimizar o sistema de coleta dos resíduos e o transporte até o aterro sanitário da cidade de Kampala na Uganda, tendo em vista a geração dos resíduos e a capacidade dos veículos utilizados para a coleta, dimensionando, então, rotas mais eficientes. O Quadro 3.2.1 a seguir mostra um resumo das aplicações de SIG mencionadas, indicando a justificativa dos trabalhos e os parâmetros utilizados.

Perante o exposto, a aplicação de SIG para solucionar problemas de locação de instalações mostra-se extremamente adequada, visto que esta ferramenta garante uma melhor espacialização de facilidades. Por conseguinte, selecionar locais para instalação de contêineres semienterrados por meio desta técnica assegura uma efetiva distribuição de forma a atender o maior contingente populacional possível.

Jovicic e Boskovic (2015) estabelecem uma metodologia de sistema de coleta otimizando os pontos de coleta e verificar o número de lixeiras adequadas em Kragujevac na Sérvia. Após determinar a situação atual da cidade, otimizou-se os pontos de coleta utilizando a extensão Network Analyst, considerando que as pessoas estão dispostas a andar cerca de 75 metros para acondicionar seus resíduos adequadamente para a coleta. O número de lixeiras (N) foi definido

pela equação (3.1).

Nessa lógica, Zamorano *et al.* (2009) consideram uma faixa de valor maior, entre 75 a 240 m, dependendo do tipo resíduos. A fim de avaliar os pontos de coleta de resíduos e as rotas de coleta da cidade de Granada na Espanha, utiliza-se a mesma ferramenta, no entanto, com a opção de locação-alocação para cada fração de resíduos. Para encontrar o número de lixeiras, calculou-se o volume gerado dos resíduos recicláveis e orgânicos pela equação (3.2), dividindo pela capacidade de cada tipo de contêiner, obtém-se a quantidade de lixeiras.

Samadder *et al.* (2016) empregaram a mesma opção de locação-alocação para selecionar os locais das lixeiras com o objetivo de minimizar o tempo de realização dos serviços de coleta, distância de viagens e os custos financeiros e ambientais do sistema de para melhorar sua eficiência de coleta e de transporte na cidade de Dhanbad na Índia. Para tanto, dimensionou-se o número de lixeiras relacionando as equações (3.3) e (3.4), considerando um raio de 100m de atendimento para cada lixeira.

Em todos os casos, busca-se otimizar os pontos de coleta de resíduos a fim de estabelecer novas metodologias de coleta de resíduos mais eficientes. A comparação desses diferentes autores servirá de apoio a tomada de decisão do tipo de metodologia que adotaremos para o presente estudo. No Quadro 3.2, há alguns dos casos mencionados da aplicação do Network Analyst, explicando a sequência metodológica utilizada, apresentando as equações e parâmetros necessários.

**Quadro 3.1: Resumo de diferentes aplicações de SIG na limpeza urbana e/ou alocação de instalações.**

Referências	Justificativa	Parâmetros Utilizados
Lacerda e Brasileiro, 2007	Analisar o uso de SIG na coleta dos resíduos sólidos	Geração de resíduos, população, frequência de coleta e área de coleta por caminhão
Braga <i>et al.</i> 2007	Planejar e redimensionar roteiros de coleta	Geração de resíduos, extensão percorrida por caminhão, ponto de acúmulo de resíduos devidamente acondicionado, lixeira viciada, trechos de coleta e horário da coleta
Gallardo <i>et al.</i> , 2015	Minimizar pontos de coleta e determinar o número de lixeiras necessárias	Composição gravimétrica, volume de resíduos gerados em cada ponto de coleta, densidade populacional e custos
ELSamena e Hiyasat, 2017	Avaliar os principais locais existentes para a instalação em <i>shoppings</i>	Distritos, fronteiras, nomes, áreas e populações do bairro, camada de rede rodoviária detalhada com classificações funcionais, limites de velocidade e direções de viagem em bairros de interesse
Arribas <i>et al.</i> , 2010	Propor uma configuração eficiente para o sistema de coleta dos resíduos sólidos urbanos	Vias topologicamente consistentes, capacidade dos veículos de coleta, número de lixeiras a serem coletados os resíduos, capacidade das lixeiras, população
Kinobe <i>et al.</i> , 2015	Redução de tempo de viagem e custos do sistema de coleta	Geração de resíduos

**Quadro 3.2: Aplicação da ferramenta Network Analyst no contexto da limpeza urbana.**

Referências	Sequência Metodológica	Equações	Parâmetros
Jovicic e Boskovic, 2015	Determinação da situação atual da localidade; Otimização dos pontos de coleta (lixeiros); Definição do número essencial de lixeiras.	$N = \frac{Sf * W_{tot}}{\mu * W_{wb}} \quad (3.1)$	<b>N:</b> número de lixeiras; <b>Sf:</b> fator de segurança para evitar o transbordo de lixeiras; <b>W<sub>tot</sub>:</b> total de resíduos gerado (kg); <b>W<sub>wb</sub>:</b> Massa de resíduos quando a lixeira está cheia (kg); <b>μ:</b> frequência de coleta por semana.
Zamorano et al., 2009	Criar uma rede viária para usar no Network Analyst; Otimizar a instalação dos contêineres para diferentes categorias de resíduos; Calcular as menores rotas para cada fração de resíduo.	$V = \frac{P * GR * Sf * C}{D} \quad (3.2)$	<b>V:</b> volume (m <sup>3</sup> ); <b>P:</b> número de habitantes; <b>GR:</b> per capita de resíduos gerado (kg/hab/dia); <b>Sf:</b> fator de segurança para evitar o transbordo de lixeiras; <b>C:</b> máximo coeficiente de produção referente à frequência de coleta; <b>D:</b> densidade do resíduo (kg/m <sup>3</sup> ).
Samadder et al., 2016	Preparação dos dados; Alocação de lixeiras de coleta de resíduos sólidos; Otimização dos roteiros de coleta.	$Bn1 = \frac{As}{Ad} \quad (3.3)$ $Bn2 = \frac{Wa}{Dw * Sb * Eb * Cf} \quad (3.4)$	<b>Bn:</b> número de lixeiras; <b>Wa:</b> total de resíduos gerado (kg/dia); <b>Dw:</b> densidade dos resíduos (kg/m <sup>3</sup> ); <b>Sb:</b> tamanho da lixeira (m <sup>3</sup> ); <b>Eb:</b> Eficiência da coleta; <b>As:</b> área assentada da região <b>Ad:</b> área de influência do contêiner <b>Cf:</b> frequência da coleta

### **3.3 O SISTEMA DE LUMRSU DO DISTRTO FEDERAL**

O Distrito Federal, situado na região Centro-Oeste do Brasil, é conhecido pelo forte planejamento na sua área central, Brasília, conceituada pelo urbanista Lucio Costa e pelo arquiteto Oscar Niemeyer. Segundo IBGE, o DF tem 2.977.216 habitantes (2016) e apresenta uma área de aproximadamente 5.780 km<sup>2</sup>, incluindo 31 regiões administrativas (RA).

O serviço de LUMRSU é prestado pelo Serviço de Limpeza Urbana (SLU) do DF em todas as RA. O DF está em fase de desenvolvimento e aprimoramento do seu serviço. Em janeiro de 2017, foi inaugurado o aterro sanitário da região, chamado, Aterro Sanitário de Brasília (ASB). A partir desta data os rejeitos provenientes do processamento dos resíduos nas Usinas de Tratamento Mecânico Biológico (UTMB) passaram a ser dispostos no ASB e não mais no Aterro Controlado do Jóquei (ACJ), também conhecido como Lixão da Estrutural.

Desde a década de 60 até a inauguração do ASB, todos os resíduos sólidos domiciliares do DF, juntamente com os demais RSU e os Resíduos da Construção Civil (RCC) eram dispostos no ACJ. Atualmente, este lixão está em processo de encerramento, com a proposição de que haja coleta seletiva em todas as localidades. Assim, os resíduos da coleta seletiva seguirão para triagem e servirão de renda para os catadores, enquanto uma parte dos resíduos da coleta convencional irá diretamente para o ASB e outra parte para compostagem nas UTMB e os rejeitos gerados para o ASB. Apenas os RCC continuarão indo para o ACJ. O fluxo dos resíduos do ano de 2016 é mostrado no Anexo A.

É válido ressaltar que as mudanças que acontecem hoje, preconizam pequenas mudanças. Apenas os rejeitos da UTMB estão sendo desviados e dispostos no ASB, assim, é previsto que até janeiro de 2018 esse fluxo mude totalmente e os demais rejeitos serão dispostos no ASB.

Segundo o Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal de 2016 (SLU, 2016a), foram coletadas, em média, 2.616 t/d de resíduos domiciliares e assemelhados. O serviço de coleta dos resíduos sólidos urbanos acontece em cerca de 98% da população do DF e é considerado bastante abrangente. Em 18 RA é realizada a coleta convencional e a coleta seletiva, as demais têm apenas coleta convencional. No entanto, o SLU pretende estender às outras RA a coleta seletiva também.

Para as regiões de difícil acesso, foram incorporados veículos especiais de pequeno porte para acessar as vias estreitas e em alguns locais foram instalados contêineres semienterrados em pontos estratégicos para facilitar a coleta nessas comunidades e assegurar um adequado acondicionamento dos resíduos pela população. Evitando-se, assim, a disposição dos resíduos em passeios públicos, provocando problemas ambientais, sanitários e de saúde pública. No DF estão sendo utilizados dois modelos de contêiner semienterrado: um de plástico e outro de metal. O primeiro é fabricado em plástico polietileno e o segundo tem um recipiente exterior de concreto e o recipiente de coleta (sacola que abre no fundo) fabricado em aço galvanizado à zinco, ambos apresentam a capacidade de 5m<sup>3</sup>, diâmetro de 195 cm, altura integral sem ganchos de 325 cm e um sistema de esvaziamento automático por meio caminhão com guindaste veicular hidráulico. Uma característica interessante é que estes são removíveis e o custo para a remoção e reinstalação são restituíveis conforme a economia neste sistema de coleta.

Na Figura 3.6 é mostrado o sistema de esvaziamento de um contêiner semienterrado de metal instalado no Sol Nascente no DF.



**Figura 3.6: Fases de coleta do contêiner semienterrado.**

Fonte: Foto tirada por Victor Bruzzi Morais Cândido.

## 4. METODOLOGIA

O presente trabalho visou aplicar uma metodologia de seleção de locais para a instalação de contêineres semienterrados, identificando quais áreas são consideradas de saneamento precário, para assim, alocar contêineres de maneira eficiente. A metodologia foi dividida em duas fases maiores, regiões administrativas propícias a contêinerização e seleção de locais para instalação de contêiner, as quais incluem processos menores, totalizando 14 etapas. O esquema da metodologia é mostrado na Figura 4.1.

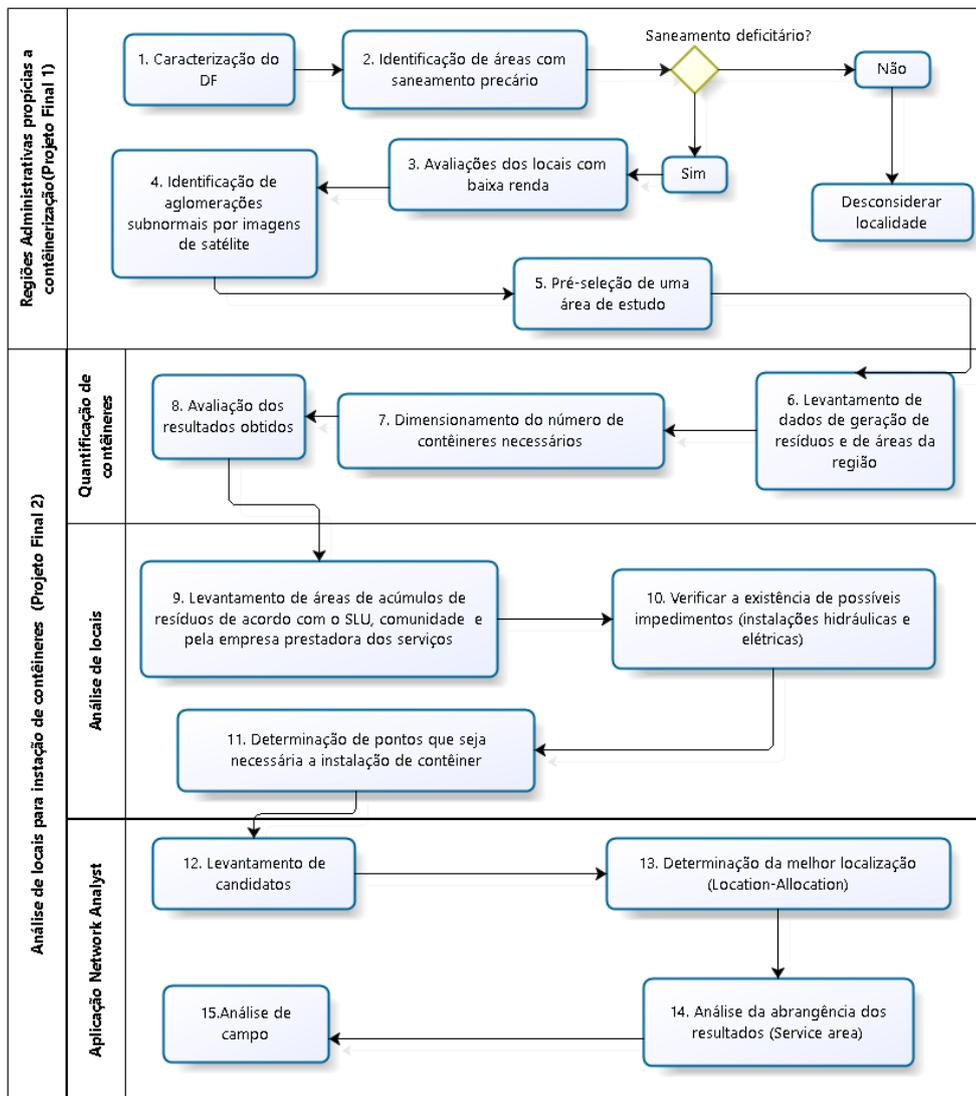


Figura 4.1: Fluxograma da metodologia implementada no estudo.

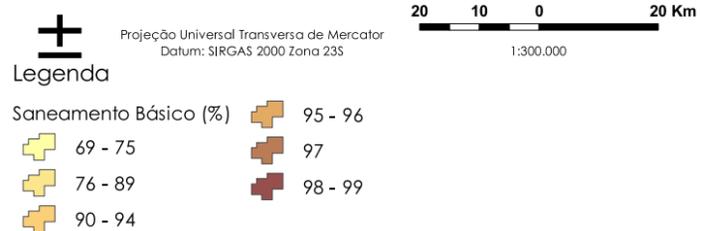
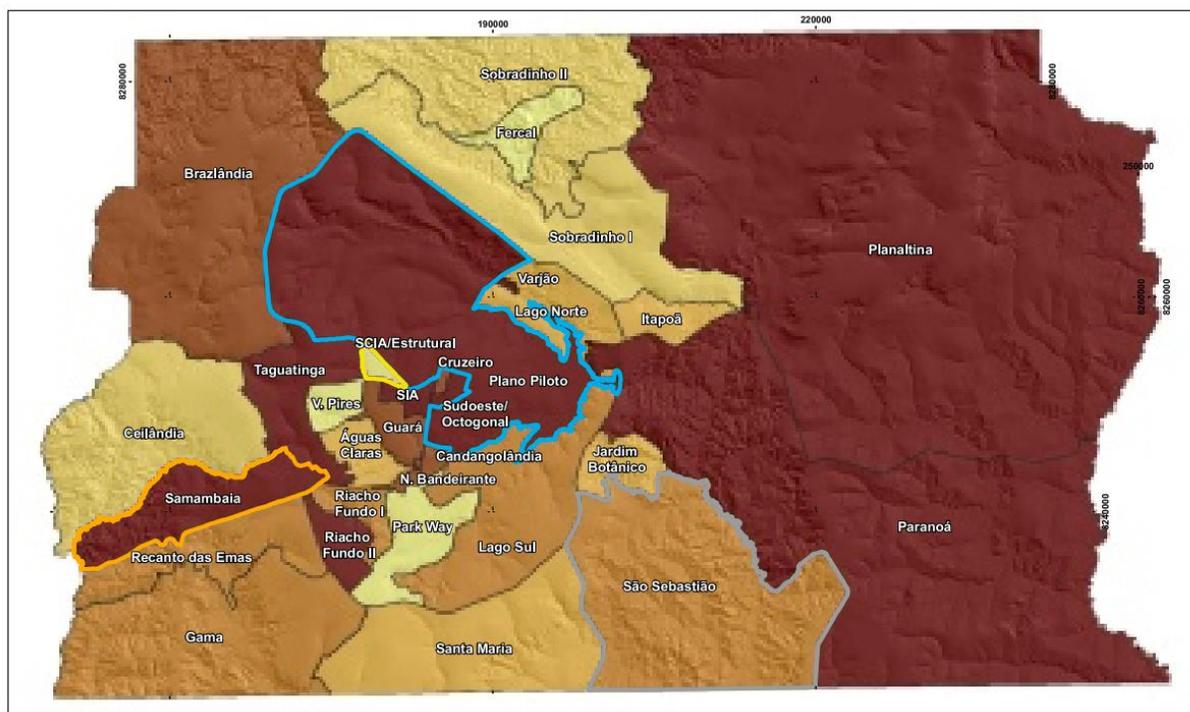
#### **4.1 REGIÕES ADMINISTRATIVAS PROPÍCIAS A CONTEINERIZAÇÃO**

Segundo a Nossa Brasília (2016), as RA que apresentam condições de saneamento básico precárias são: Setor Complementar de Indústria e Abastecimento (SCIA), Park Way, Vicente Pires, Fercal, Ceilândia, Sobradinho e Sobradinho II, nas quais são considerados o número de domicílios ligadas a rede de água e com coleta de esgoto e resíduos. A figura 4.2 mostra a porcentagem de domicílios com saneamento básico do DF.

Ressalta-se que o Park Way se enquadra nesse grupo por utilizar sistemas de fossa sépticas como solução de esgotamento sanitário, por isso, neste estudo esta região é excluída da lista de saneamento básico precário. De acordo com a Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios – PDAD (CODEPLAN, 2015a), entre as RA com saneamento precário identificadas, SCIA, Fercal e Ceilândia apresentam renda domiciliar considerada baixa. As duas primeiras abaixo de R\$ 2.500,00 se enquadrando no grupo de baixa renda e a última com renda domiciliar entre R\$ 2.500,00 e 5.000,00, grupo de média-baixa renda.

Tendo em vista que em regiões de baixa renda há maior incidência de acondicionamentos de resíduos de forma inadequada e ainda dificuldade de acesso às residências para a coleta dos resíduos, passou-se a observar as habitações de duas dessas RA por meio de imagens de satélites da Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação (SEGETH), como é visto nas Figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6.

Saneamento Básico: Domicílios ligados à Rede de Água, com Coleta de Esgoto e Resíduos (%)



**Figura 4.2:** Mapa da situação do saneamento básico no DF.

Fonte: Mapa das Desigualdades, Nossa Brasília (2016)

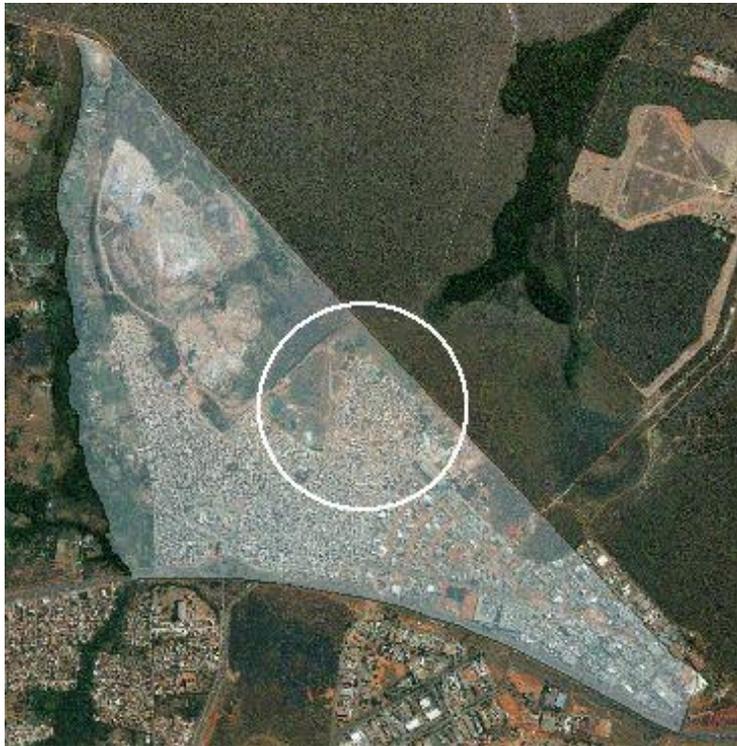


**Figura 4.3: Imagem de satélite da Ceilândia.**



**Figura 4.4: Zoom em parte da região da Ceilândia.**

A figura 4.3 mostra um zoom na região circular da figura 4.4, nela percebe-se uma tendência seguida pelas habitações com formatos padronizados. Quanto mais a sudoeste da imagem, nota-se que as aglomerações urbanas são mais desorganizadas e sem uma orientação clara, justamente esses são os setores habitacionais com mais problemas sanitários e mais carentes, conhecidos, como, Sol Nascente e Pôr do Sol, as quais se assemelham a aglomerações subnormais definidas pelo IBGE (2010).



**Figura 4.5: Imagem de satélite da SCIA.**



**Figura 4.6: Zoom em parte da região da SCIA.**

A mesma análise pode ser feita entre as figuras 4.5 e 4.6, com o zoom, distingue-se a localidade com maior vulnerabilidade, ou seja, mais carente, de acordo com o tipo de aglomeração urbana. No caso da SCIA, na figura 4.6, repara-se, ainda, as estradas asfaltadas para o lado inferior esquerdo e as estradas de terra na parte superior central, esta última indica o setor com saneamento mais deficitário, a região de Santa Luzia.

Dessa forma, foi possível averiguar quais regiões poderiam ser consideradas de difícil acesso, destacando os bairros Sol Nascente e Pôr do Sol na Ceilândia, Santa Luzia na SCIA. Por conseguinte, essas são localidades com potencial de instalação de contêineres semienterrados e nelas será aplicada uma metodologia de locação eficiente de contêiner.

#### **4.2 VISITA TÉCNICA E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO**

Identificados os setores habitacionais que apresentavam áreas de difícil acesso dentro das duas regiões administrativas selecionadas, foi realizada uma visita às localidades para confirmar a questão de precariedade de saneamento, bem como, entender seus tipos de moradia e sua dinâmica de espaço, de forma a compreender a questão do manejo dos resíduos sólidos naquelas populações.

Cada local interage com os resíduos de forma diferente, muitas vezes, de acordo com a dinâmica social que está inserido. Diversos autores buscam compreender quais fatores afetam o comportamento das pessoas perante o manejo dos resíduos em suas próprias residências. Segundo Leme (2009), parte da população se preocupa apenas com o descarte dos seus resíduos para a coleta, como uma prática rotineira, sem se perguntar para onde aqueles resíduos vão, ou qualquer consciência ambiental associada. Para Leme, essas ações são influenciadas pela organização do sistema de coleta domiciliar, entre outros fatores que concernem sobre a organização do sistema de gerenciamento da cidade.

De certo modo, entende-se que a formação espacial de uma região pode afetar o comportamento de uma comunidade em relação aos resíduos gerados por eles. Dias (1994) aplica o conceito de territorialidade para habitações vulneráveis, deixando claro que o espaço que circunda uma pessoa, pode conduzir comportamentos, os quais são influenciados por normas culturais ali estabelecidas e vividas. No caso das regiões de estudo, a população ao presenciar diversos pontos de acúmulo de resíduos e despejos ilegais passa a considerar aquilo um hábito comum, ainda mais quando se observa essas atitudes vindo da própria vizinhança.

De acordo com Berríos (2002) a sociedade, em geral, busca um ambiente de bem-estar e conforto em suas casas, empenhando-se em manter suas casas limpas e ordenadas, no entanto, esse esforço restringe-se apenas ao livramento dos resíduos para longe de suas residências. Essa é uma situação típica dos setores habitacionais em estudo, os habitantes procuram desvencilhar-se dos resíduos

criando pontos de acúmulo de resíduos, mas, posteriormente, ao andar pelo bairro, sentem-se incomodados com a situação.

Nessa perspectiva, Valle (2004) avalia que a participação da população em programas de coleta seletiva está atrelada à existência de algum espaço disponível na residência para armazenar os materiais recicláveis, à existência de locais perto das residências para descartar, ao conhecimento da população sobre o funcionamento do sistema de coleta e o entendimento de que sua atitude é importante para o meio ambiente.

Fazendo uma analogia às áreas de estudo, é clara a necessidade de entendimento do comportamento dessas populações em relação aos seus resíduos sólidos gerados tendo em vista que a instalação de contentores para o acondicionamento adequado dos resíduos, exige uma mudança de postura da comunidade para com os seus resíduos. A fim de garantir que haja uma mudança de postura, é fundamental ações de educação ambiental.

Por esse viés, foi aplicado um questionário nos três locais, em conjunto com a equipe técnica do SLU, com a finalidade de conhecer a conduta dessas populações no que concerne aos resíduos sólidos e, principalmente, buscar qual a distância máxima que os moradores se dispõem a andar para dispor seus resíduos adequadamente. Ao realizar esta pergunta foi deixado claro que a possível instalação dos contêineres, traria uma mudança nas condições de salubridade do local.

Nesse sentido, foram realizadas perguntas buscando obter informações sobre os fatores que influenciam essa disposição a andar para dispor os resíduos. Acredita-se que a quantidade de resíduos gerada pode ser um fator, bem como, as condições das vias podem ser variáveis que interferem na disposição a andar até o contêiner, assim, perguntas que relacionam essas questões foram realizadas. As perguntas realizadas podem ser visualizadas no Anexo B.

A pesquisa averiguou informações sobre variáveis categóricas (relacionadas ao uso ou não dos contêineres semienterrados) e variáveis numéricas (disposição a andar para dispor os resíduos no contêiner). Para selecionar as amostras de variáveis categóricas, é necessário considerar um erro amostral, a distribuição da população e o nível de confiança na amostra. Já para amostras de variáveis não-categóricas, usa-se o nível de confiança, o erro amostral e o desvio padrão da variável analisada.

O erro amostral é um índice de variação dos resultados, ou seja, diferença entre o valor estimado pela pesquisa e o valor que de fato ocorre. A distribuição da população se refere ao fato de ela ser homogênea ou heterogênea, ou seja, a variação da característica da população entrevistada. O nível de confiança quantifica a confiabilidade dos dados obtidos pela pesquisa com a amostra selecionada. O desvio padrão da variável analisada corresponde a dispersão dos dados da amostra. No caso das variáveis categóricas, foi utilizada uma calculadora amostral *online* que se baseia na seguinte equação 4.1 (SANTOS, 2017):

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{Z^2 * p * (1 - p) + e^2 * (N - 1)} \quad \text{Equação (4.1)}$$

Onde:

n: tamanho da amostra;

N: população;

Z: variável normal padronizada associada ao nível de confiança

p: verdadeira probabilidade do evento

e: erro amostral

Para tanto foram selecionadas amostras a partir da população residente, a Tabela 4.1 abaixo mostra os valores adotados para cada parâmetro da equação 4.1 por setor habitacional. É válido ressaltar que os dados de população do Sol Nascente e do Pôr do Sol são fornecidos em conjunto, por isso estes não foram separados para o cálculo das amostras.

**Tabela 4.1: Dados utilizados para cálculo de amostras para análise de variáveis categóricas.**

<b>Setor Habitacional</b>	<b>População</b>	<b>Erro Amostral</b>	<b>Nível de Confiança</b>	<b>Distribuição da População</b>
<b>Sol Nascente</b>	94.199 habitantes	9 %	99%	Homogênea
<b>Pôr do Sol</b>				
<b>Santa Luzia</b>	26.000 habitantes	12 %		

Já para o cálculo de amostras para análise de variáveis numéricas (MIOT, 2011), usou-se a equação 4.2:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{E} \right)^2 \quad \text{Equação (4.2)}$$

Onde:

n: tamanho da amostra;

$Z_{\alpha/2}$ : Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

$\sigma$ : desvio padrão;

E: erro máximo desejado/permitido.

Como não há um desvio padrão conhecido para análise da distância máxima que os moradores se dispõem a andar para dispor seus resíduos adequadamente, buscou-se valores adotados por outras pesquisas e foi dividida a amplitude considerada, obtendo-se um desvio padrão.

Zamorano *et al.* (2009) relata que as pessoas andam entre 75 e 200 metros (amplitude de 200 metros) para dispor seus resíduos em locais adequados, em seu estudo, considera-se uma cidade que já dispõe de um sistema de coleta adequado, sem grandes problemas de salubridade, apenas pretende-se otimizar os pontos de coleta. No presente trabalho, adotou-se uma amplitude maior que 200 metros, afinal, em regiões precárias, as pessoas tendem a andar mais por conviverem com o problema de salubridade diariamente. A Tabela 4.2 mostra a amplitude considerada e os demais parâmetros necessários para o cálculo da amostra. O erro amostral, nesse caso, indica o quanto é tolerável o erro de distância nesse estudo.

**Tabela 4.2: Parâmetros utilizados para calcular a amostra de variáveis numéricas.**

Parâmetros	Amplitude*	Desvio Padrão	Erro Amostral	Nível de Confiança
Valores	350 metros	75	35	99%

\*Distância que as pessoas estão dispostas a andar para dispor seus resíduos em um local adequado.

### 4.3 ANÁLISE DE LOCAIS PARA A INSTALAÇÃO DE CONTÊINER SEMIENTERRADO

Nessa fase, serão quantificados os números de contêineres semienterrados necessários para cada setor habitacional, como base em dois parâmetros: geração de resíduos e área assentada. Diante do número necessário, serão mapeados possíveis pontos de instalação em cada local.

#### 4.3.1. Quantificação de contêineres

Nesta etapa, foi calculada a quantidade de contêineres necessária para a região, baseada na geração de resíduos e o peso específico médio dos resíduos no setor habitacional em questão. Para tanto, a Gerência de Medição (GEMED) do SLU foi contatada para dar suporte ao levantamento de dados.

Como observado na fundamentação teórica, há diversos modelos de estimativa de locais para instalação de lixeiras e dimensionamento no número necessário. Estas metodologias podem ser aplicadas para o caso de contêineres. Adaptando-as metodologias mencionadas na Fundamentação Teórica, serão utilizadas duas equações para o dimensionamento da quantidade de contêineres necessários, uma com base na geração de resíduos e outra no espaço do setor habitacional. A equação 4.3, abaixo, baseia-se na geração de resíduos:

$$N_{\text{geração}} = \frac{ERSG * k}{\rho * F * V} \quad \text{Equação (4.3)}$$

**ERSG:** estimativa dos resíduos sólidos gerados em um dia (t);

**k:** fator de segurança – para evitar transbordamento;

**p:** peso específico dos resíduos (t/m<sup>3</sup>);

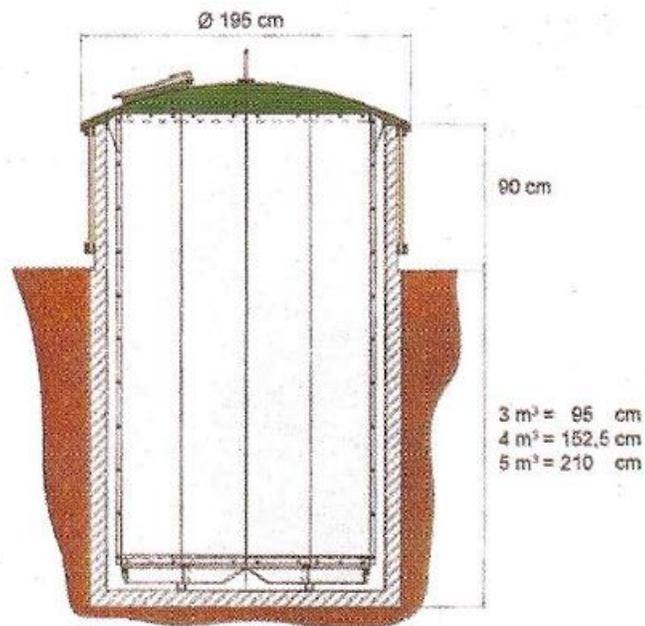
**F:** frequência de coleta (coleta/dia);

**V:** volume do contêiner (m<sup>3</sup>).

O fator de segurança usado para todos os setores foi igual a 30%, para prevenir o transbordamento no dia que não apresenta coleta (domingo). Segundo dados do SLU, o peso específico dos resíduos

nesses aglomerados subnormais é de  $0,290 \text{ t/m}^3$ , portanto este foi o valor considerado <sup>1</sup>(informação verbal).

A frequência de coleta adotada variou com as necessidades (geração de resíduos) e possibilidades (quantidade de locais candidatos a instalação de contêiner). Em relação ao contêiner, existem diversos tipos disponíveis no mercado, com diferentes volumes, valores e *design*, na Figura 4.7 é possível visualizar um modelo de contêiner semienterrado e as dimensões de três volumes diferentes de contêiner.



**Figura 4.7: Dimensões de um modelo de contêiner semienterrado.**

Fonte: Guarajar Ambiental.

Para esse estudo foi considerado o uso de um contêiner semienterrado de  $5 \text{ m}^3$ , a variável volume foi a única considerada. De acordo com a distribuio espacial, utilizou-se a equao 4.4 para definir quantos contêineres são necessários para o setor habitacional:

---

<sup>1</sup> Conforme visita a Diretoria Técnica do SLU realizada no dia 18 de setembro de 2017.

$$N \text{ espaço} = \frac{A_{sh}}{A_{ic}} \quad \text{Equação (4.4)}$$

**Ash:** Área do setor habitacional Sol Nascente (m<sup>2</sup>)

**Aic:** Área de influência de um contêiner (m<sup>2</sup>)

Por meio do ArcGIS e com o auxílio da imagem de satélite do DF disponibilizada pela SEGETH no Geoportal, traçou-se a área assentada de cada setor habitacional. Assim, foi possível resolver a equação 4.4. Considerando os dados obtidos no questionário aplicado, foi encontrado o raio de influência de um contêiner, o maior trajeto que uma pessoa caminha para levar seus resíduos até um local adequado, ou seja, a distância que uma pessoa está disposta andar para dispor os resíduos no contêiner.

Nesse sentido, foi calculada a área de abrangência de um contêiner para cada setor por meio da equação 4.5, a fórmula da área da circunferência.

$$A \text{ circunferência} = \pi R^2 \quad \text{Equação (4.5)}$$

**R:** raio de influência (raio da circunferência).

Diante dos resultados das equações 4.3 e 4.4, avaliaram-se os resultados obtidos, comparando a quantidade de contêiner que cada equação requer. Para casos em que as habitações são mais especializadas, preponderou-se o N espaço, observando o resultado de N espaço > N geração, já para casos em que as habitações são mais concentradas, prevaleceu-se os dados de N geração, justamente quando N geração > N espaço. No anexo C são apresentados os cálculos das Equações 4.3 e 4.4.

#### 4.3.2. Análise de locais

Foram levantadas as áreas de acúmulos de resíduos no local em estudo por meio de sugestões da empresa contratada para prestação do serviço de coleta, indicações das lideranças comunitárias e dos servidores do SLU. Para o Sol Nascente também ocorreu uma reunião com a comunidade para

obter indicações <sup>2</sup>(informação verbal).

Diante dessas sugestões, realizou-se uma visita a campo para georreferenciar estes pontos, foram considerados os pontos que não apresentaram interferências evidentes, como, instalações elétricas, visto que a operação do contêiner requer o erguimento do contentor para remoção dos resíduos que estão dentro, como mostrado na Figura 3.5.

A partir disso, com dados fornecidos pela Companhia de Saneamento Ambiental do DF (CAESB), foi averiguada a existência de interferências, como rede de esgotamento sanitário e/ou abastecimento de água nos pontos georreferenciados, os que apresentaram alguma interferência foram deslocados para áreas próximas e em casos que isso não era possível, estes pontos foram desconsiderados.

Como os três setores não apresentam rede de drenagem, não foram requeridos os dados de drenagem da região, no entanto, espera-se que com a urbanização seja elaborada uma estrutura de drenagem próxima as demais redes, porém mais profunda, o que não interferiria no contêiner já que a análise com as redes água e esgoto já foram feitas.

Nota-se que estão sendo considerados apenas um contêiner para os resíduos domiciliares gerados, sem considerar a separação dos resíduos em recicláveis e convencional (orgânico e rejeito). Essa decisão foi tomada com base no estudo de Abreu (2015), o qual relata que as RA com população com renda baixa e média-baixa foram consideradas com menor potencial de adesão a coleta seletiva e tiveram índices mais baixos de coleta seletiva. Portanto, para tais setores é previsto o atendimento de coleta seletiva por intermédio de Locais de Entrega Voluntária (LEV), instalados em locais de alta circulação, por onde habitantes passam no deslocamento para o trabalho ou estudo.

Ao analisar o Relatório da Análise Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos do DF (SLU, 2016b), observa-se que as RA de Ceilândia e SCIA apresentaram um grande índice de rejeito na coleta convencional e um baixo potencial de recicláveis na coleta seletiva, devido ao alto índice de

---

<sup>2</sup> Conforme visita a Diretoria Técnica do SLU realizada no dia 15 de maio de 2017.

rejeito comparado às demais RA. Essas são as características das regiões administrativas como um todo, para os setores habitacionais de estudo, espera-se resultados mais baixos devido a precariedade deles, o que é esperado para aglomerados subnormais.

Basicamente, considerou-se que a coleta seletiva nesses setores será por meio de LEV e que existem três critérios excludentes para a instalação de contêiner semienterrado:

- i. Rede elétrica evidente;
- ii. Rede de abastecimento de água
- iii. Rede de esgotamento sanitário

#### **4.3.3. Aplicação do Network Analyst**

Neste trecho do capítulo 4, discutir-se-á procedimentos em um ambiente SIG. Para melhor compreensão da metodologia utilizada é interessante o conhecimento do software ArcGIS e de sua extensão Network Analyst.

A extensão analisa através de uma rede, conectada através de nós, caminhos mais curtos e/ou mais baratos de acordo com a necessidade do operador. Fundamentado nisso, a extensão é capaz de otimizar diversas situações de interesse, de pesquisar melhores caminhos entre dois pontos determinados, de acordo com o tempo e/ou distância, determinar as áreas de influência de um empreendimento ou instrumento, determinar os caminhos de rede de menor custo entre várias origens e destinos, entre outras funções, tudo baseado no conjunto de dados de rede viária (O'CONNOR, 2013).

Para tanto, a extensão utiliza o algoritmo Dijkstra, o qual usa a modelagem de gráficos para propor soluções. Tal modelagem de gráficos constitui da junção de objetos através de redes, a conexão entre os objetos é proporcionado por nós, modelada a rede é possível analisar custos entre os trechos de ligação, distância, dentre outros fatores, desde que definidos. Constantemente, emprega-se a modelagem de gráficos para análises redes em que se viaja para um ponto para outro, atravessando uma seqüência de rodovias através de links de comunicações entre vias, passando por estações rodoviárias (KLEINBERG e TARDOS, 2005).

Na Figura 4.8, é apresentado um gráfico como exemplo de modelo de rede utilizado pelo algoritmo Dijkstra. Percebe-se os nós e as setas interconectando eles e mostrando suas direções, os pontos de

instalação são os nós e as linhas são os caminhos da população (demanda) até a instalação. Uma maneira de entender facilmente o algoritmo está no uso de um mapa de estação de metrô (Figura 4.9), nele é possível ver os trilhos que corresponde a rede e as estações de metrô, correspondentes aos nós. Com a mesma interpretação, tem-se que os trilhos correspondem aos possíveis caminhos que uma pessoa pode fazer até o contêiner, que seria o trajeto de uma estação de metrô a outra.

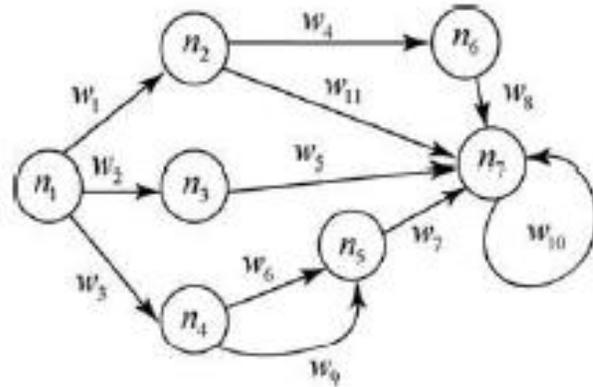


Figura 4.8: Exemplo de gráfico modelado para a aplicação do algoritmo Dijkstra.

Fonte: María J. Cardona *et al.* (2017).

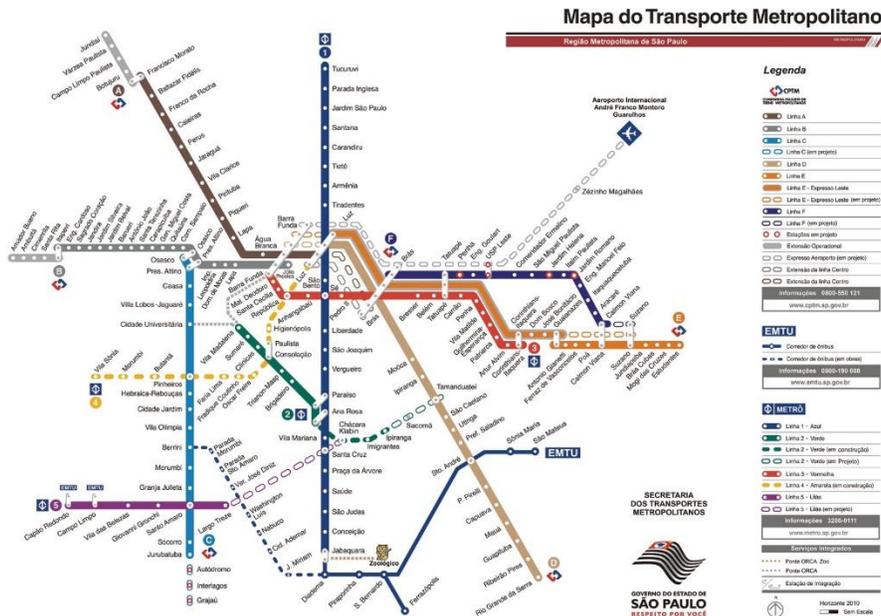


Figura 4.9: Mapa do metrô de São Paulo, como exemplo de modelagem de rede.

Fonte: Metrô de São Paulo (2017).

Nesta etapa, foi utilizada a ferramenta locação-alocação desta extensão para encontrar os locais de instalação de contêineres que atendam o maior contingente populacional. A fundamentação da ferramenta de locação-alocação é uma análise combinatória com base na escolha de “x” instalações, dados “n” candidatos. Isto é, dado “n” possíveis (candidatos) e “y” pontos de demanda, é escolhido um subconjunto das instalações “x” de modo que a soma das distâncias ponderadas de cada “y” para “x” mais próximo seja minimizada por meio de um modelo de avaliação heurístico (ESRI, 2017).

Tal modelo consiste em um método de tentativa e erro para encontrar a solução ideal de um problema. A partir dos pontos candidatos e de demanda e a impedância, a ferramenta calcula uma matriz de origens e destinos, e o algoritmo de Djisktra busca o caminho mais curto para cada instalação, assim, uma seqüência de iterações comparativas são feitas, durante as quais, cada nó candidato é comparado com outros, por tentativa e erro, encontram-se os pontos que atendam uma maior demanda a uma distância pré-estabelecida (KARADIMAS *et al.*, 2008).

Dentro da ferramenta de locação-alocação, a opção de máximo atendimento foi aplicada, pois esta melhor se enquadra na questão de escolha de locais para instalação de contêineres, visto que se pretende atender o maior número de pessoas possível dada uma quantidade de necessária.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES HABITACIONAIS**

Os setores habitacionais Sol Nascente e Pôr do Sol pertencem a RA de Ceilândia, a qual surgiu em decorrência do primeiro projeto de erradicação de favelas no DF pelo governo federal em 1971. Com a chegada de novos imigrantes a cidade foi crescendo e expandindo seu território. Atualmente, a RA contém 29,10 km<sup>2</sup> de área urbana e está subdividida em diversos setores, dentre eles os setores habitacionais mencionados acima (CODEPLAN, 2015b).

De acordo com o Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT) de 1997, esses assentamentos eram ocupados por chácaras e fazendas e conforme os mapas de macrozoneamento de Ceilândia (Anexo D) a área dos setores era enquadrada como zona rural de uso diversificado.

As ocupações caracterizam-se, prioritariamente como de baixa renda e com atendimento precário dos serviços de saneamento e infraestrutura básica. Ademais, localizam-se dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) Planalto Central, portanto, sua regularização está condicionada as restrições ambientais existentes nos estudos ambientais realizados nas áreas (PDOT, 2009).

O Sol Nascente apresenta uma peculiaridade por ser enquadrado como área de grande sensibilidade ambiental em virtude dos solos susceptíveis à erosão e ao afloramento de água, da topografia, entre outros aspectos. No entanto, este setor apresenta uma proposta de plano de ocupação, o qual não incentiva a expansão populacional e limita a população do setor, visto que é uma área de restrições ambientais e prevê a remoção de ocupações existentes próximas a Feira do Produtor, nas cabeceiras dos córregos. Enquanto isso, a poligonal de regularização do Pôr do Sol segue as diretrizes apresentadas pelo Plano de Manejo realizado para a Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE Parque JK e disponibiliza uma área para expansão urbana e para a transferência da população que atualmente ocupa áreas de risco ou de preservação ambiental (PDOT, 2009).

De acordo com a CODEPLAN (2015b) os setores juntos contêm 94.199 habitantes, a maioria destes com escolaridade de ensino fundamental incompleto (39,68%) e renda domiciliar média igual a R\$ 2.302,00. Em relação a estrutura domiciliar, destaca-se a questão a condição de esgotamento sanitário: apenas 4,33 % dos setores apresentam rede de esgotamento gerenciada pela CAESB e 38,83 % utilizam fossa rudimentar. No que concerne aos serviços de coleta de resíduos a situação é ainda mais crítica, 74,17% dos domicílios não apresentam coleta e os resíduos gerados

são jogados em locais impróprios ou apresentam “outro destino”. A infraestrutura urbana também é deficitária poucas ruas asfaltadas, calçadas e rede água pluvial. A Tabela 5.1 resume as condições dos setores habitacionais Sol Nascente e Pôr do Sol. A Figura 5.1, abaixo, mostra a localização dos setores.

**Tabela 5.1: Resumo das características dos domicílios no Sol Nascente Pôr do Sol.**

<b>Domicílios ocupados segundo:</b>	<b>Atribuições</b>
Renda	R\$ 2.302,00
Rede de esgotamento sanitário	4,33%
Coleta de resíduos pelo SLU	25,83%
Rua asfaltada	5,83 %
Calçada	4,67%
Rede de água pluvial	1,50
Escolaridade de ensino fundamental incompleto predominante*	39,68%

\*Escolaridade é segundo a população e não segundo aos domicílios.

Fonte: CODEPLAN (2015b).

O terceiro setor estudado é conhecido como Chácara Santa Luzia, localizada na Vila Estrutural e pertencente ao o Setor Complementar de Indústria e Abastecimento (SCIA), transformada em RA em 2004, estabelecendo a Vila Estrutural como a sede urbana. Embora seja recente o estabelecimento da localidade como RA, a sua ocupação iniciou no início dos anos 90 com barracos adjacentes ao lixão, em pouco tempo, a área foi ampliando e se transformou numa grande invasão. Estima-se que a RA tenha cerca de 39.015 habitantes (PDAD, 2015c).

Ainda segundo a CODEPLAN (2015c), a população apresenta, majoritariamente, nível fundamental incompleto (45,21%), renda domiciliar em torno de R\$ 2.004,00, 83,40% dos domicílios são próprios em invasão, 89,80% dos domicílios apresentam rede de esgotamento sanitário, 94,80% contam com serviços de limpeza urbana e a infraestrutura urbana pé mediana. Na Tabela 5.2 é apresentado um resumo das condições da RA.



**Figura 5.1: Localização dos setores habitacionais Sol Nascente Pôr do Sol.**

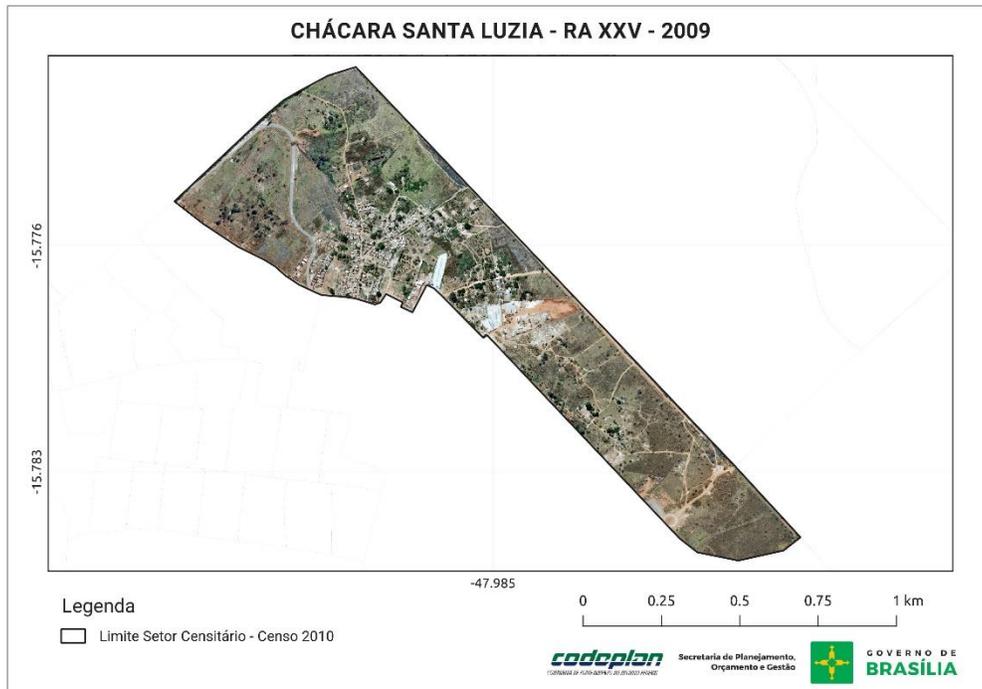
**Tabela 5.2: Resumo das características dos domicílios do SCIA.**

<b>Domicílios ocupados segundo:</b>	<b>Atribuições</b>
Renda	R\$ 2.004,00
Rede de esgotamento sanitário	89,80%
Coleta de resíduos pelo SLU	94,80%
Rua asfaltada	53,60%
Calçada	4,67%
Rede de água pluvial	36,80%
Escolaridade de ensino fundamental incompleto predominante*	45,21%

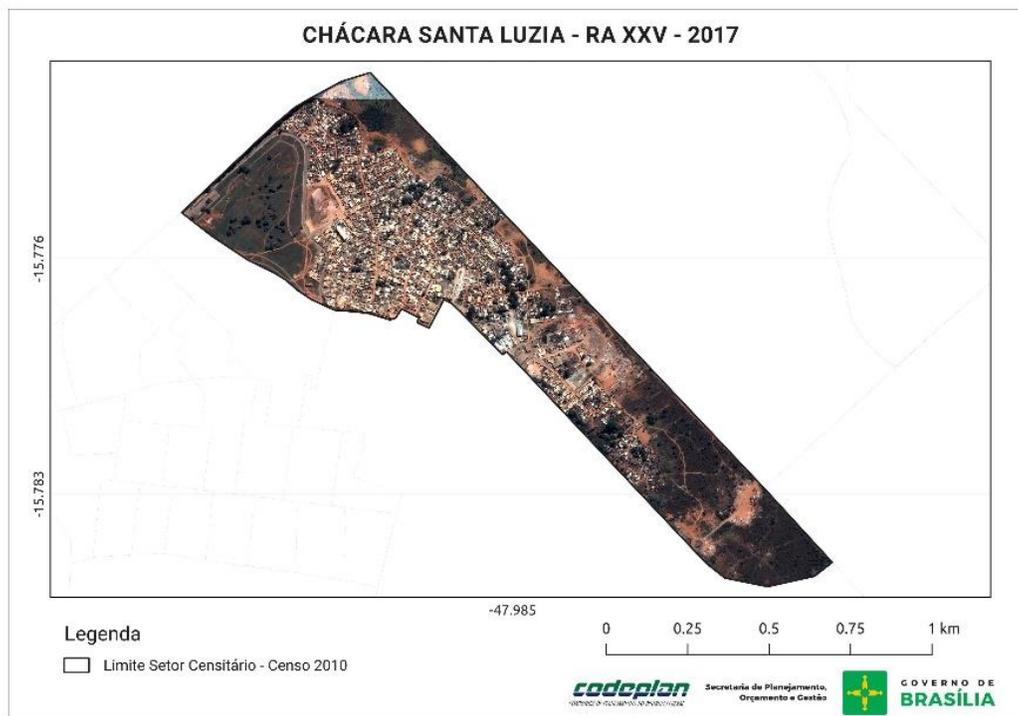
Não há dados precisos sobre a comunidade Santa Luzia, os dados oficiais são referentes a RA por inteiro. Observa-se que os dados referentes a saneamento básico, apresentados acima são bons e contemplam quase a região inteira, porém, acredita-se que essas áreas que faltam o atendimento são justamente no setor habitacional em estudo, ao seja, caso considerasse apenas a Santa Luzia, os índices de atendimento seriam bem inferiores.

A Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN) dispõe de imagens aéreas de Santa Luzia desde 2009, possibilitando uma análise da sua expansão com o tempo, como pode ser visualizado no Anexo E. Logo abaixo, são mostradas as imagens de 2009 e 2017, nas quais é possível ver o crescimento da habitação (Figura 5.2 e 5.3). A área definida como Santa Luzia pela CODEPLAN está em fase de regularização e não tem limites definidos oficialmente.

A área considerada como Setor Habitacional Santa Luzia neste estudo é mostrada na Figura 5.4, esta é a área mais crítica da região, constatada pela visita técnica realizada. Percebe-se a proximidade com o Lixão da Estrutural e com o Parque Nacional de Brasília que são separados apenas por uma cerca, um grande problema ambiental para o DF.



**Figura 5.2: Mapa de Santa Luzia no ano de 2009.**



**Figura 5.3: Mapa de Santa Luzia no ano de 2017.**



**Figura 5.4: Localização do setor habitacional Santa Luzia**

### **Visita Técnica**

A visita técnica aos setores habitacionais ocorreu em três dias distintos: dia 2 de agosto, 15 de agosto e 9 de setembro em Santa Luzia, Pôr do Sol e Sol Nascente, respectivamente. Com as visitas foi possível confirmar os dados a precariedade no saneamento, principalmente, na vertente de resíduos sólidos, muitos locais apresentam despejo ilegal de resíduos e são fonte de vetores de

doenças. Nas Figuras 5.5, 5.6 e 5.7 são mostrados alguns desses pontos de acúmulo de resíduos em cada um dos setores.



**Figura 5.5: Ponto de acúmulo de resíduos no Sol Nascente.**



**Figura 5.6: Ponto de acúmulo de resíduos no Pôr do Sol.**



**Figura 5.7: Ponto de acúmulos de resíduos em Santa Luzia.**

Nas Figuras 5.8, 5.9 e 5.10, é possível observar as condições precárias das habitações, como, vias de terra, estreitas e sem alinhamento, lotes de tamanhos e formas desiguais e a debilidade de serviços público, como, a coleta de resíduos, confirmando a classificação como aglomerados subnormais (IPEA, 2014b).



**Figura 5.8: Rua do setor habitacional Sol Nascente.**



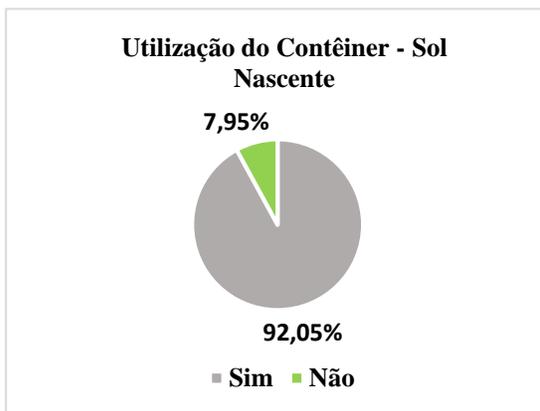
**Figura 5.9: Rua do setor habitacional Pôr do Sol.**



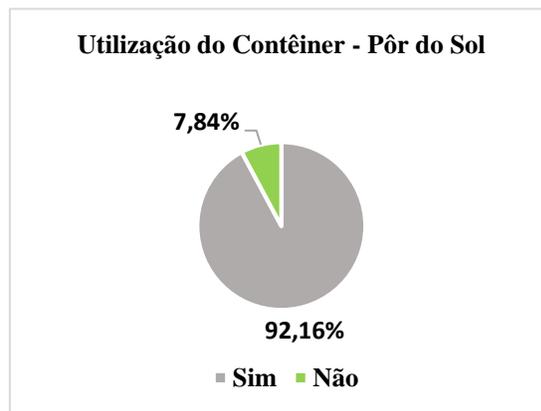
**Figura 5.10: Rua do setor habitacional Santa Luzia.**

## 5.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

O questionário foi aplicado nos mesmos dias das visitas aos setores. Os resultados em relação ao uso do contêiner foram predominantemente positivos, quase toda a população entrevistada disse que usaria o contêiner caso tivesse em sua região. Para o Sol Nascente, que já tem alguns contêineres semienterrados instalados, foi perguntada se a população usa e os residentes afirmaram utilizar quando existiam nas proximidades das suas casas. Esses resultados podem ser visualizados nas Figuras 5.11, 5.12 e 5.13.



**Figura 5.11:** Resposta ao questionário aplicado sobre a utilização de contêiner no Sol Nascente.



**Figura 5.12:** Resposta ao questionário aplicado sobre a utilização de contêiner no Pôr do Sol.



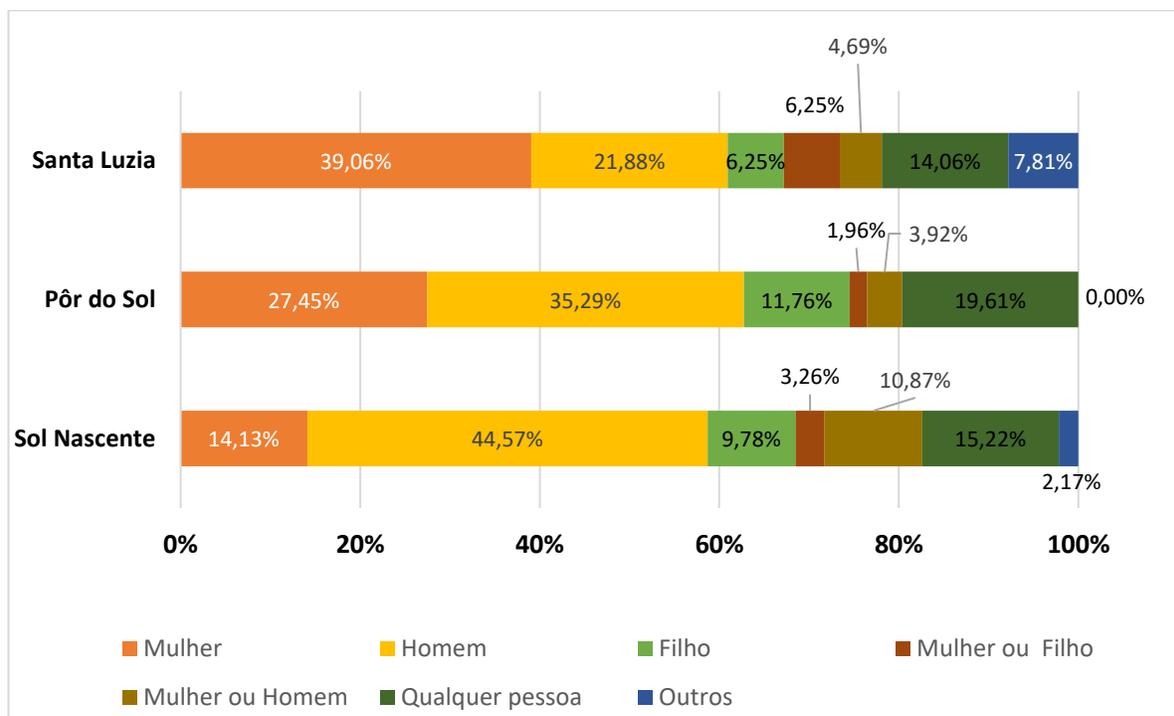
**Figura 5.13:** Resposta ao questionário aplicado sobre a utilização de contêiner em Santa Luzia.

Inicialmente, acreditou-se que poderia haver o efeito “não no meu jardim” traduzido da expressão em inglês “NIMBY – Not in my back yard”, o que quer dizer que a população talvez fosse

resistente a instalação de contêineres perto de suas residências por ser um local de descarte de resíduos, mas esse não foi o cenário observado.

Inclusive, uma resposta comum entre os moradores dos setores foi que “Claro que utilizaria, a situação é muito incômoda”. Particularmente no Pôr do Sol, as pessoas que responderam que não utilizariam o contêiner, informaram que não usariam, pois eles já dispõem de um sistema de coleta porta a porta. Em Santa Luzia, o setor mais precário, todos afirmaram que utilizariam.

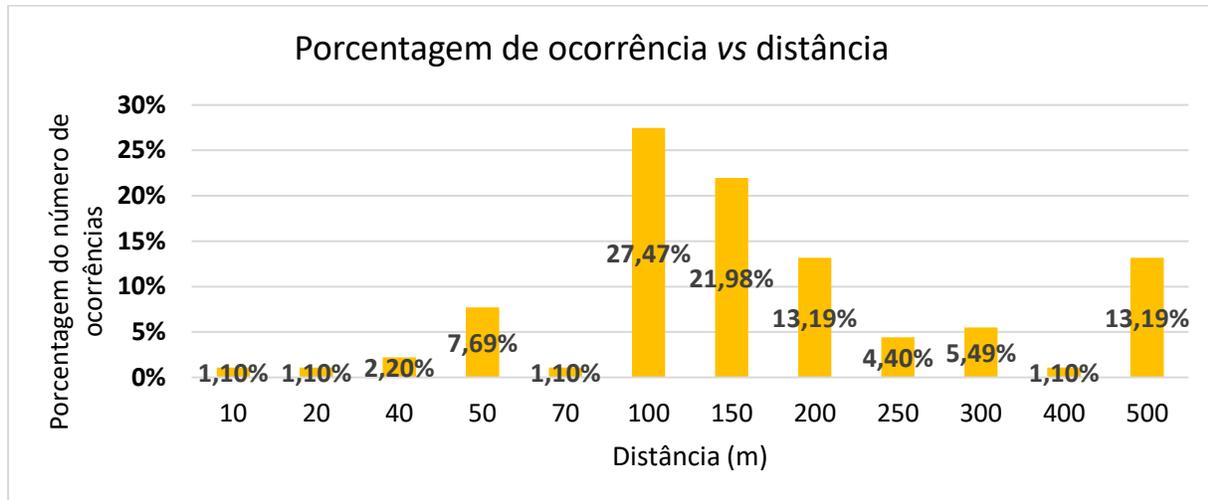
Majoritariamente, as mulheres são as responsáveis por levar os resíduos até o ponto de descarte (Figura 5.14), acreditava-se que o gênero poderia afetar a distância que as pessoas estão dispostas a andar, mas o mesmo não ocorreu. De acordo com os resultados de disposição a andar para descartar os resíduos em um local adequado (Figuras 5.15, 5.16 e 5.17), foram observadas as faixas de valor que mais ocorreram para cada setor e um raio de influência diferente foi adotado para cada uma.



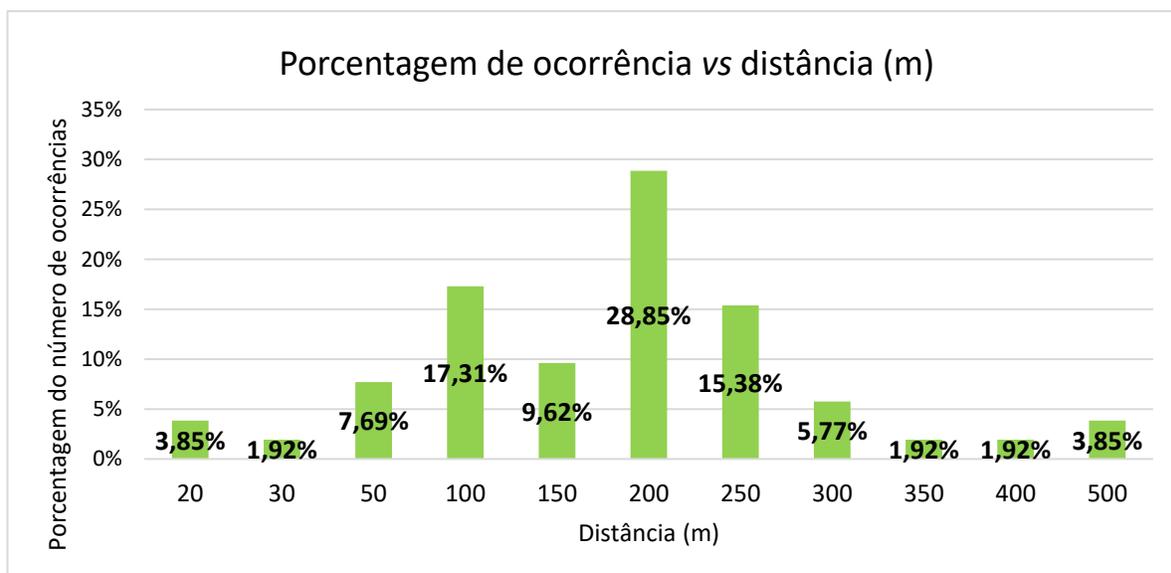
**Figura 5.14: Responsável por retirar os resíduos sólidos das residências e descartá-los.**

Qualquer pessoa quer dizer que não há uma pessoa específica que fique responsável ou tem o hábito de levar os resíduos para o local de descarte, qualquer pessoa da casa que estiver de saída, realiza essa ação. Em Santa Luzia, algumas pessoas informaram que existem moradores da

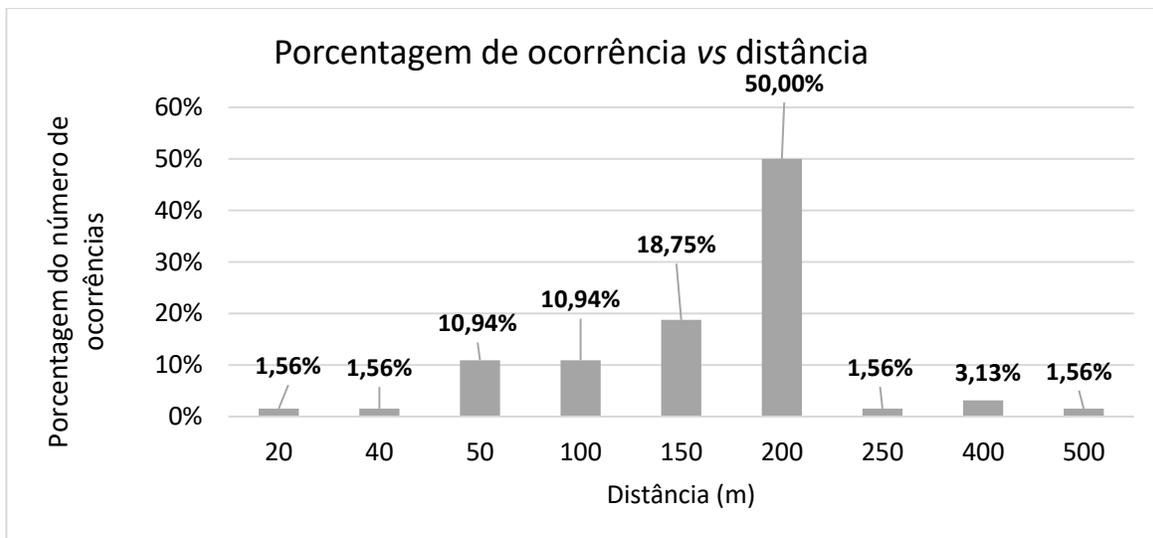
vizinhança passam com carroça recolhendo o resíduo da rua, pois eles trabalham na área e esses são os que ficam responsável para levar o resíduo para descarte, isso foi demonstrado como “Outros” na Figura 5.14.



**Figura 5.15:** Distância que os habitantes do Sol Nascente estão dispostos a andar para descartar os resíduos em um local adequado.



**Figura 5.16:** Distância que os habitantes do Pôr do Sol estão dispostos a andar para descartar os resíduos em um local adequado.



**Figura 5.17: Distância que os habitantes de Santa Luzia estão dispostos a andar para descartar os resíduos em um local adequado.**

Nota-se que a distância máxima que os habitantes do Sol Nascente estão dispostos a andar para dispor os resíduos gerados no contêiner concentra-se na faixa de 100-200 metros. Devido ao fato de lá já existir contêineres semienterrados, espera-se que a população fale distâncias menores, visto que nem toda a população está tendo acesso ao serviço e, acreditam que ao falar distâncias menores, um número maior de contêiner será instado. Por conseguinte, foi considerada um raio de influência do setor igual a 275 metros.

Já para o Pôr do Sol a faixa concentra-se entre 100 e 250 metros, como o setor é concentrado e área é menor, foi considerado um raio de influência do contêiner igual a 200 metros. Em Santa Luzia, os valores se concentraram entre 50 e 200 metros, como a qualidade das ruas é mais precária que os outros setores, considerou-se um raio de influência de 150 metros para esse setor.

Os demais resultados do questionário são apresentados no Anexo F e servem como insumo para estudos futuros, como, para a implantação de coleta seletiva e geração de resíduos por domicílio.

## **5.3 COLETA DE DADOS E DIMENSIONAMENTO DO NÚMERO DE CONTÊINERES NECESSÁRIOS**

### **5.3.1 Análise dos Dados de Coleta**

Foram fornecidos pelo SLU, os dados de coleta de cada setor de dois meses (maio e julho), estes são apresentados nos Quadros 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 , 5.5, 5.6 e 5.7. Para Santa Luzia, foi fornecido o dado do mês de setembro também, pois os dados de maio e julho estavam muito discrepantes, assim foi necessária uma nova amostra. Os dias que não tiveram dados de coleta disponíveis são apresentados nos quadros, como, N.D. - não disponíveis.

**Quadro 5.1: Dados de coleta de resíduos do mês de maio do Sol Nascente.**

<b>Dia/ mês</b>	<b>Peso (kg)</b>
01/mai	13.830
02/mai	29.090
03/mai	36.990
04/mai	39.470
05/mai	27.770
06/mai	21.800
07/mai	N.D
08/mai	35.510
09/mai	37.640
10/mai	24.320
11/mai	38.410
12/mai	38.360
13/mai	19.390
14/mai	N.D
15/mai	55.700
16/mai	31.500
17/mai	36.360
18/mai	9.730
19/mai	43.140
20/mai	14.050
21/mai	N.D
22/mai	60.220
23/mai	32.410
24/mai	10.800
25/mai	36.180
26/mai	35.940
27/mai	8.810
28/mai	N.D
29/mai	55.810
30/mai	30.830
31/mai	44.150
<b>Média (kg/dia)</b>	<b>32.156</b>

**Quadro 5.2: Dados de coleta de resíduos do mês de julho do Sol Nascente.**

<b>Dia/mês</b>	<b>Peso (kg)</b>
01/jul	28.170
02/jul	N.D
03/jul	44.910
04/jul	30.120
05/jul	29.790
06/jul	19.150
07/jul	24.050
08/jul	16.760
09/jul	3.790
10/jul	80.410
11/jul	28.960
12/jul	33.730
13/jul	15.540
14/jul	33.070
15/jul	24.310
16/jul	4.410
17/jul	55.020
18/jul	39.830
19/jul	39.130
20/jul	27.480
21/jul	15.680
22/jul	21.250
23/jul	12.500
24/jul	47.050
25/jul	26.100
26/jul	25.690
27/jul	23.940
28/jul	24.200
29/jul	29.690
30/jul	N.D
31/jul	72.570
<b>Média (kg/dia)</b>	<b>30.252</b>

**Quadro 5.3: Dados de coleta de resíduos do mês de maio do Pôr do Sol.**

<b>Dia/ mês</b>	<b>Peso (kg)</b>
01/mai	11.630
02/mai	15.950
03/mai	24.650
04/mai	30.120
05/mai	17.660
06/mai	12.920
07/mai	N.D
08/mai	19.390
09/mai	26.070
10/mai	17.830
11/mai	30.390
12/mai	29.440
13/mai	14.670
14/mai	N.D
15/mai	37.520
16/mai	20.610
17/mai	25.260
18/mai	20.310
19/mai	33.250
20/mai	4.810
21/mai	N.D
22/mai	39.770
23/mai	20.800
24/mai	5.880
25/mai	25.080
26/mai	25.080
27/mai	N.D
28/mai	N.D
29/mai	39.150
30/mai	19.390
31/mai	29.530
<b>Média (kg/dia)</b>	<b>22.968</b>

**Quadro 5.4: Dados de coleta de resíduos do mês de julho do Pôr do Sol.**

<b>Dia/mês</b>	<b>Peso (kg)</b>
01/jul	17.270
02/jul	N.D
03/jul	31.030
04/jul	20.150
05/jul	22.350
06/jul	9.730
07/jul	16.390
08/jul	9.460
09/jul	N.D
10/jul	36.110
11/jul	17.790
12/jul	30.050
13/jul	12.520
14/jul	29.340
15/jul	20.620
16/jul	N.D
17/jul	42.270
18/jul	17.010
19/jul	31.230
20/jul	19.020
21/jul	16.660
22/jul	11.340
23/jul	15.790
24/jul	22.820
25/jul	12.950
26/jul	16.810
27/jul	22.500
28/jul	15.000
29/jul	21.090
30/jul	N.D
31/jul	52.190
<b>Média (kg/dia)</b>	<b>19.016</b>

**Quadro 5.5: Dados de coleta de resíduos do mês de maio de Santa Luzia.**

Dia/mês	Peso (kg)
01/mai	N.D
02/mai	6.720
03/mai	6.290
04/mai	17.020
05/mai	18.360
06/mai	N.D
07/mai	N.D
08/mai	11.630
09/mai	32.320
10/mai	16.010
11/mai	32.670
12/mai	21.060
13/mai	N.D
14/mai	N.D
15/mai	21.580
16/mai	18.360
17/mai	19.940
18/mai	17.860
19/mai	23.100
20/mai	N.D
21/mai	N.D
22/mai	23.530
23/mai	17.400
24/mai	18.840
25/mai	16.350
26/mai	19.870
27/mai	N.D
28/mai	N.D
29/mai	11.110
30/mai	16.070
31/mai	56.170
<b>Média (kg/dia)</b>	<b>14.742</b>

**Quadro 5.6: Dados de coleta de resíduos do mês de julho de Santa Luzia.**

Dia/mês	Peso (kg)
01/jul	4.520
02/jul	73.050
03/jul	85.680
04/jul	55.630
05/jul	76.590
06/jul	78.970
07/jul	2.860
08/jul	N.D
09/jul	79.460
10/jul	76.760
11/jul	58.760
12/jul	68.330
13/jul	76.920
14/jul	1.920
15/jul	26.870
16/jul	80.620
17/jul	94.570
18/jul	73.820
19/jul	12.670
20/jul	20.320
21/jul	N.D
22/jul	69.150
23/jul	35.360
24/jul	56.060
25/jul	76.860
26/jul	46.690
27/jul	1.900
28/jul	N.D
29/jul	82.630
30/jul	N.D
31/jul	N.D
<b>Média (kg/dia)</b>	<b>56.679</b>

**Quadro 5.7: Dados de coleta de resíduos do mês de setembro de Santa Luzia.**

Dia/mês	Peso (kg)
01/set	52.720
02/set	N.D
03/set	N.D
04/set	55.640
05/set	37.200
06/set	56.220
07/set	N.D
08/set	50.870
09/set	26.150
10/set	N.D
11/set	68.710
12/set	56.760
13/set	51.940
14/set	77.040
15/set	16.430
16/set	2.680
17/set	N.D
18/set	41.160
19/set	77.020
20/set	75.040
21/set	62.080
22/set	52.830
23/set	2.240
24/set	N.D
25/set	57.560
26/set	53.870
27/set	41.840
28/set	74.900
29/set	56.130
30/set	2.910
<b>Média (kg/dia)</b>	<b>45.998</b>

Santa Luzia teve um mês a mais de coleta dos dados em virtude dos dados de maio e julho terem sido muito discrepantes. Assim, foram coletados os dados de mais um mês. Como dados de coleta de julho e setembro foram mais próximos, os dados de maio foram descartados.

Os dias do mês que não apresentam dados de coleta são os domingos, dias que não têm coleta no DF ou são dias que por algum motivo o Lixão da Estrutural estava fechado e os dados não puderam ser contabilizados.

Foi realizada uma estimativa de geração de resíduos com base nos dados de coleta de resíduos em cada setor. Para tanto, foi calculada a geração per capita (kg/hab/dia) do Sol Nascente e Pôr do Sol (juntos) e de Santa Luzia com os dados de coleta obtidos para medir a confiabilidade destes. A Tabela 5.3 mostra a média de coleta em cada setor, a população e a geração per capita.

**Tabela 5.3: Dados de coleta médios de cada setor e sua geração per capita conforme tais dados.**

<b>Setor Habitacional</b>	<b>Média dos dados de coleta dos resíduos (t/dia)</b>	<b>População (habitantes)</b>	<b>Geração per capita (kg/hab/dia)</b>
<b>Sol Nascente</b>	31,2	94.199	0,56
<b>Pôr do Sol</b>	22,4		
<b>Santa Luzia</b>	59,85	26.000	2,302

Percebe-se que a geração per capita no Sol Nascente Pôr do Sol, está muito inferior ao que se espera, mesmo para uma região de baixa renda, por isso, aumentou-se 45% dos dados coletados para o Sol Nascente e 15 % para o Pôr do Sol. De fato, os setores apresentam diversos pontos de acúmulo de resíduos que podem não ter sido contabilizados, afinal não há pontos de coleta muito bem definidos e a chuva carrega os resíduos para outros pontos. Como o Sol Nascente apresenta uma área maior que o Pôr do Sol, isso deve ocorrer com maior frequência nesse setor.

Ademais, o PDOT (2009) previa uma população de 75.000 habitantes para o Sol Nascente e 9.800 para o Pôr do Sol, ou seja, Sol Nascente apresenta cerca de 88% dos residentes dos dois setores junto. Com o crescimento nos últimos anos, a população aumentou em ambos os setores, como é notado pela CODEPLAN (2015b), contudo, acredita-se que o crescimento no Sol Nascente foi

maior ou em mesma proporção que o Pôr do Sol tendo em vista que o Sol Nascente apresentava um contingente populacional maior e também por existir uma maior área para expansão.

Para Santa Luzia o valor de geração per capita ficou em torno de 2,302 kg/hab/dia, um valor muito alto para um local de baixa renda. Segundo relatos da Diretoria de Limpeza Urbana (DILUR) do SLU, este valor alto de geração per capita pode ocorrer devido ao fato de haver despejo irregular na área justamente pela proximidade com o Lixão da Estrutural. Assim, os resíduos coletados desses despejos acabam sendo contabilizados como resíduos de Santa Luzia. Além disso, há vários pontos de despejo inadequado de resíduo da construção civil (RCC) e entulhos no setor, no dia da visita ao local foi possível constatar tal situação, como exemplificado na Figura 5.18.



**Figura 5.18: Resíduo domiciliar misturado com restos de poda, RCC e entulhos em Santa Luzia.**

Como os resíduos estão misturados, estes devem ter sido coletados como resíduos domiciliares. Tendo em vista que os RCC e entulhos apresentam um peso específico bem superior aos resíduos domiciliares, em torno de 1.000 kg/m<sup>3</sup> ou 1,0 t/m<sup>3</sup> (CARNEIRO *et al.*, 2004), isto causa um aumento no peso de resíduo coletado bastante significativo.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi considerado que apenas 34 % dos dados de coleta correspondem aos resíduos domiciliares do setor, assim, obteve-se uma geração per capita condizente com a realidade do local.

### 5.3.2 Dimensionamento do Número de Contêineres Necessários

A quantificação do número de contêineres necessários foi realizada uma estimativa de geração de resíduos, exemplificada acima. A partir disso, foram considerados alguns parâmetros para aplicação das equações 4.3 e 4.4.

A Tabela 5.4 mostra os parâmetros adotados e o número de contêineres baseado na geração (N geração) e no espaço (N espaço).

**Tabela 5.4: Parâmetros adotados para o dimensionamento de contêineres semienterrado.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Sol Nascente</b>	<b>Pôr do Sol</b>	<b>Santa Luzia</b>
Média dos dados de Coleta (kg/dia)	31.204	22.400	59.853
Ponderação para estimativa de geração (%)	+ 50%	+ 15%	-70%
Estimativa geração (t/dia)	47	26	18
População (habitantes)	94.199		26.000
Geração per capita (kg/hab/dia)	0,77		0,70
Fator de segurança (%)	30	30	30
Frequência de coleta (coleta/dia)	2	3	3
Volume do contêiner (m <sup>3</sup> )	5	5	5
Raio de influência (m)	275	200	175
<b>N geração (unidades)</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
<b>N espaço (unidades)</b>	<b>29</b>	<b>8</b>	<b>4</b>

Percebe-se que foi adotado um raio de influência diferente para cada setor chegando a uma variação de 100 metros entre os extremos (175 metros e 275 metros). Isso ocorreu em razão de algumas localidades apresentarem infraestruturas urbanas tão precárias a ponto de dificultar o caminho dos

pedestres. Portanto, levando em consideração infraestrutura urbana de cada setor e os dados do questionário, foram adotados tais valores como raio de influência.

Para o Sol Nascente utilizou-se o N espaço para dimensionamento do número de contêineres necessário, visto que o setor apresenta uma área mais espaçada, como visto na Figura 5.1. Já para Santa Luzia, foi usado o N geração, pois mesmo a área requerendo uma quantidade menor de contêiner, é necessário atender a demanda de geração, primeiramente.

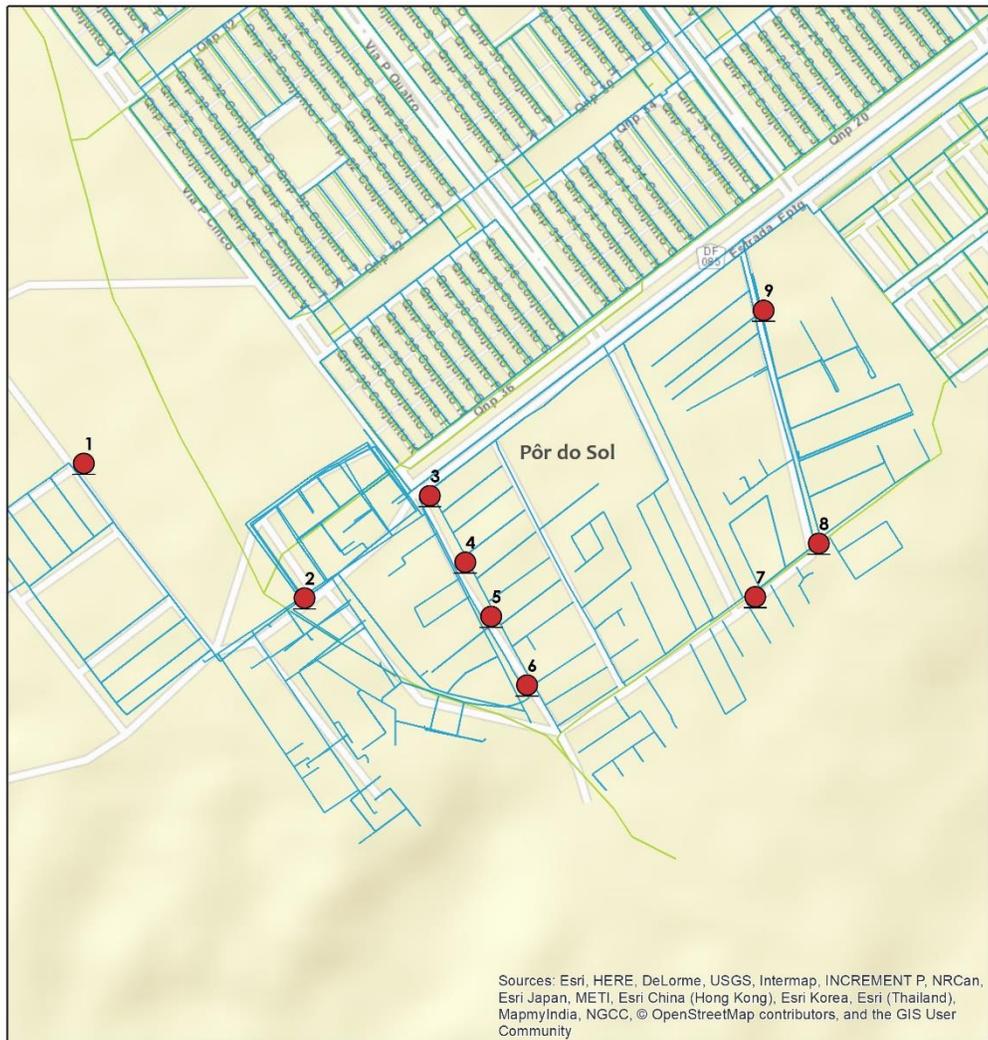
#### **5.4 ANÁLISE DE LOCAIS E SELEÇÃO DOS PONTOS DE MAIOR DEMANDA**

No dia 12 de setembro foi realizada uma visita aos setores habitacionais juntamente com a empresa prestadora de serviço e com um representante da DILUR e os pontos candidatos à instalação de contêiner semienterrado foram georreferenciados. Para o Sol Nascente, o SLU forneceu os pontos que a população havia indicado em uma reunião realizada por eles.

A partir disso, analisou-se possíveis interferências para a instalação destes, como, rede de esgotamento sanitário e de abastecimento de água. Para tanto, foi utilizado os dados das redes fornecidas pela CAESB, os pontos que apresentaram alguma interferência foram deslocados para áreas bem próximas de forma a possibilitar a locação, em casos que não era possível deslocar, os pontos foram excluídos. Nas Figuras 5.19, 5.20 e 5.21 são apresentados os mapas com os pontos candidatos à instalação para cada setor habitacional, bem como a rede de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, sem que haja interferência das mesmas. Em relação a rede elétrica, foi verificado em campo no dia do mapeamento dos pontos.

Observa-se que foram georreferenciados 40 pontos como candidatos no Sol Nascente e apenas 9 no Pôr do Sol e em Santa Luzia. No Pôr do Sol, isso ocorreu em virtude de algumas áreas já serem atendidas pelo serviço de coleta (o caminhão passa na rua principal), além disso, o Pôr do Sol apresenta uma área menor, com uma população mais concentrada, comparada ao Sol Nascente. Já em Santa Luzia, mapearam-se apenas 9 pontos, devido à impossibilidade de alocar contêineres em grande parte da localidade, justamente pelas ruas estreitas das habitações que impedem a passagem de caminhões.





**Legenda**

- Pontos candidatos à instalação de contêiner
- Rede de abastecimento de água
- Rede de esgotamento sanitário



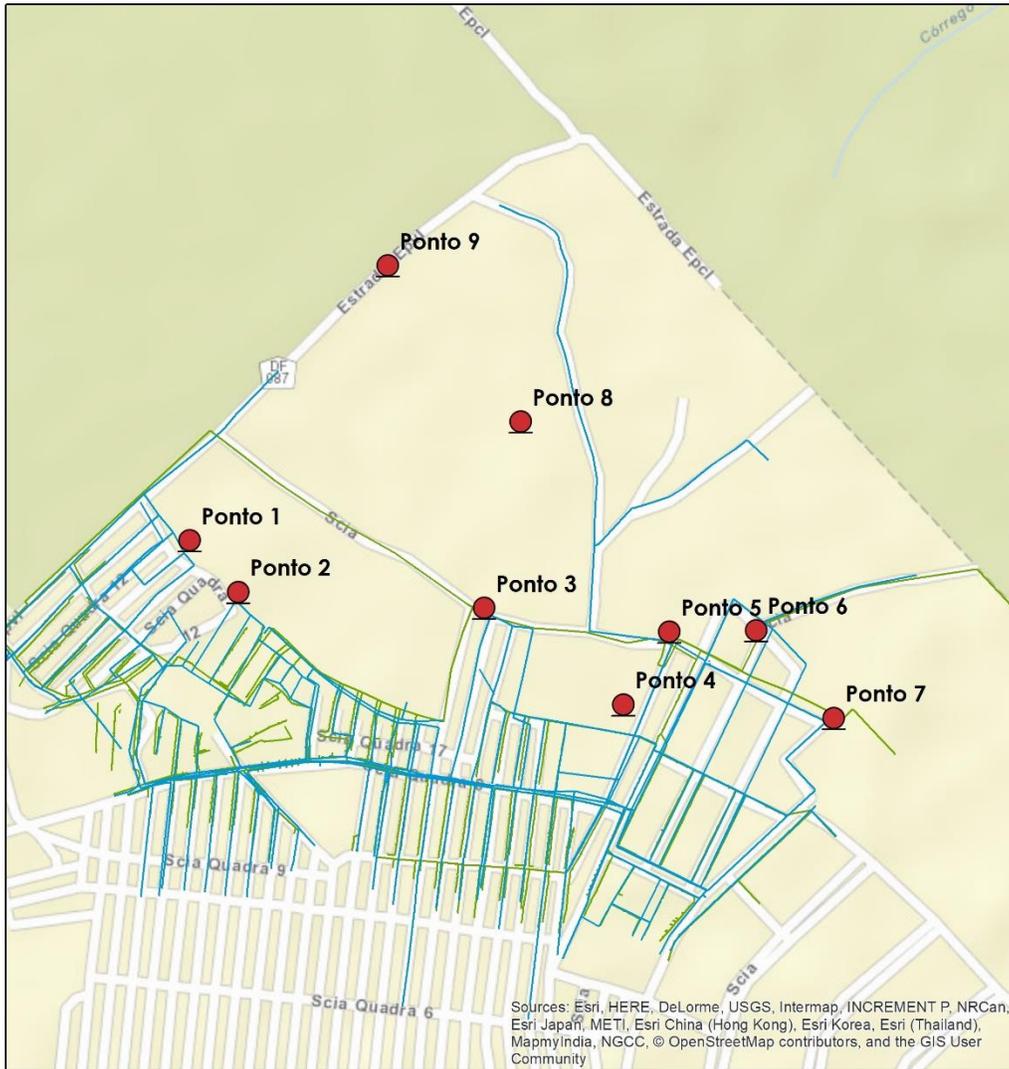
Candidatos à Instalação de Contêiner Semienterrado Pôr do Sol

SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Transverse Mercator  
 Fonte:  
 SLU / SEGETH / IBGE/ OSM  
 Realizado por: Camilla Lopes dos Santos

A north arrow is positioned to the left of a scale bar. The scale bar is marked with 0, 75, 150, 300, and 450 meters. Below the scale bar, the scale is given as 1:10.000.

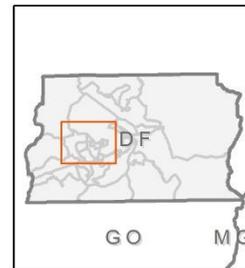


**Figura 5.20: Mapa com os pontos candidatos a instalação de contêiner semienterrado e as redes de esgotamento sanitário e água – Pôr do Sol.**



**Legenda**

- Pontos candidatos a instalação de contêiner
- Rede de abastecimento de água
- Rede de esgotamento sanitário



Candidatos a Instalação de Contêiner Semienterrado Santa Luzia

SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
Transverse Mercator

Fonte:  
SLU / SEGETH / IBGE/ OSM

Realizado por: Camila Lopes dos Santos



1:8.000



**Figura 5.21 Mapa com os pontos candidatos a instalação de contêiner semienterrado e as redes de esgotamento sanitário e água – Santa Luzia.**

Embora aparente que os candidatos estão em cima da rede de esgoto ou água, eles foram realocados cerca de 5 metros quando se sobreporiam, mas como a escala do mapa é de 1:30.000, 1:10.000 e 1:8.000 para Sol Nascente, Pôr do Sol e Santa Luzia, respectivamente, não é possível ver com essa riqueza de detalhes.

Os pontos candidatos de cada setor habitacional estão apresentados na tabela 5.5 abaixo, conforme a numeração no mapa e o endereço do local.

**Tabela 5.5: Possíveis locais de instalação de contêiner semienterrado numerados e seus endereços**

<b>Setor Habitacional</b>	<b>Contêiner</b>	<b>Endereço</b>
Sol Nascente	1	Madureira Entrada
Sol Nascente	2	Madureira 2
Sol Nascente	3	Av Palmeiras
Sol Nascente	4	Ch 150 Qd 2 Lt 01 - Bufalos
Sol Nascente	5	Ch150 Qd 05 Conj 01 Lt 21
Sol Nascente	6	Shsn Vc 311 Cond Gilliard Ch 101
Sol Nascente	7	Escola Rural P Norte Shsn 94
Sol Nascente	8	Ch 117 Cond Brasil Conj G
Sol Nascente	9	Cond Pinheiros
Sol Nascente	10	Via Principal Vc 311 Ch 94a
Sol Nascente	11	Chac dos Bodes
Sol Nascente	12	Tabajara
Sol Nascente	13	Curral da 11
Sol Nascente	14	Ch Cachoerinha Ind Ouvidoria
Sol Nascente	15	Sem endereço confirmado
Sol Nascente	16	Ch Cachoerinha Slu Ch 151
Sol Nascente	17	Sem endereço confirmado
Sol Nascente	18	Sem endereço confirmado
Sol Nascente	19	Qd 02 Conj F Cond Vencedor
Sol Nascente	20	Muro da Macumba
Sol Nascente	21	Sem endereço confirmado
Sol Nascente	22	Lagoa
Sol Nascente	23	Qnp 27 Conj I Garagem Da Sol
Sol Nascente	24	AE 01 Qnp 27 - Amigão Da Construção
Sol Nascente	25	Ch. 113 Abaixo da madeiraira Amigão da Construção
Sol Nascente	26	Ch 75 Conj F
Sol Nascente	27	Ch 74

<b>Sol Nascente</b>	28	Escola Classe 66 Segundo
<b>Sol Nascente</b>	29	Escola 66
<b>Sol Nascente</b>	30	Abacateiro Ch 2 Conj G
<b>Sol Nascente</b>	31	Sem endereço confirmado
<b>Sol Nascente</b>	32	Sem endereço confirmado
<b>Sol Nascente</b>	33	Ao lado do posto policial
<b>Sol Nascente</b>	34	Ch. 81/82
<b>Sol Nascente</b>	35	Cond Genesis Conj O
<b>Sol Nascente</b>	36	Condomínio Gêneses Quadra de Esportes
<b>Sol Nascente</b>	37	Balão da Cerveja
<b>Sol Nascente</b>	38	Sem endereço confirmado
<b>Pôr do Sol</b>	1	SHPS Qd. 701 Conj. A Casa 01
<b>Pôr do Sol</b>	2	SHPS Conj. J Casa 32
<b>Pôr do Sol</b>	3	SHPS Qd. 501 Conj, em frente a Igreja Pentecostal
<b>Pôr do Sol</b>	4	SHPS Qd. 502 Conj. C Casa 01
<b>Pôr do Sol</b>	5	SHPS Qd. 503 Conj. A Casa 29
<b>Pôr do Sol</b>	6	SHPS Qd. 504 "sem conj." Casa 10
<b>Pôr do Sol</b>	7	SHPS Qd. 207 Conj. A Casa 05
<b>Pôr do Sol</b>	8	SHPS Qd. 205 Lote 01 Casa 13
<b>Pôr do Sol</b>	9	SHPS Qd. 205 Conj. C Casa 03
<b>Santa Luzia</b>	1	Próximo ao campo sintético mais para o início
<b>Santa Luzia</b>	2	Próximo ao campo sintético mais para o final
<b>Santa Luzia</b>	3	Em frente a Qd 21 Lt 210, ao lado da Qd 24 Lt 02
<b>Santa Luzia</b>	4	Área CAESB, em frente a Rua 32, Qd 39, Lt 61
<b>Santa Luzia</b>	5	Rua SL 32, Qd 39, Lt 61
<b>Santa Luzia</b>	6	Quadra 53, Lote 02
<b>Santa Luzia</b>	7	Rua 54, Quadra 53 Lote 117
<b>Santa Luzia</b>	8	Rua SL 15, Quadra 16, lote 49 a 51, Santa Luzia
<b>Santa Luzia</b>	9	Ao lado da cerca do lixão, entrada para SL

Diante dos possíveis pontos de instalação foi rodada a extensão Network Analyst, de locação-alocação, buscando maximizar o atendimento da população com os locais selecionados. Para aplicar essa solução é necessário dispor de uma rede viária, informar os pontos de demanda (população), as facilidades (possíveis pontos de instalação) e determinar a impedância (raio de influência do contêiner).

A rede viária utilizada no estudo foi a do OpenStreetMap (OSM) disponibilizada para download gratuito no próprio site. O OSM é um projeto de mapeamento colaborativo para criar um mapa livre e editável de todo o globo. A Tabela 5.6 apresenta as informações consideradas para cada setor habitacional para a aplicação da ferramenta.

**Tabela 5.6: Informações utilizadas na ferramenta de locação-alocação.**

<b>Setor Habitacional</b>	<b>Rede Viária</b>	<b>Demanda</b>	<b>Facilidades</b>	<b>Corte de Impedância</b>
<b>Sol Nascente</b>		Centroide setores censitário do IBGE		
<b>Pôr do Sol</b>	OSM	Centroide setores censitário do IBGE e Pontos em cima de cada casa	Pontos georreferenciados com histórico de acúmulo de resíduos	Dados obtidos do questionário
<b>Santa Luzia</b>		Pontos em cima de cada casa		

Os locais selecionados para instalação de contêiner semienterrado no Sol Nascente são apresentados na Figura 5.22. Solicitou-se ao programa a escolha de 29 pontos para atender a demanda espacial do local, contudo, foram escolhidos 24 pontos, pois com a distância definida de 275 metros, alocar mais 5 pontos, não atenderiam uma demanda maior de população.

Isso se sucedeu, provavelmente, devido aos pontos de demanda fornecidos, estes são dados de 2010 do IBGE e, entre sete anos (2017), o crescimento no setor não necessariamente acompanhou a mesma proporção entre os setores censitários.

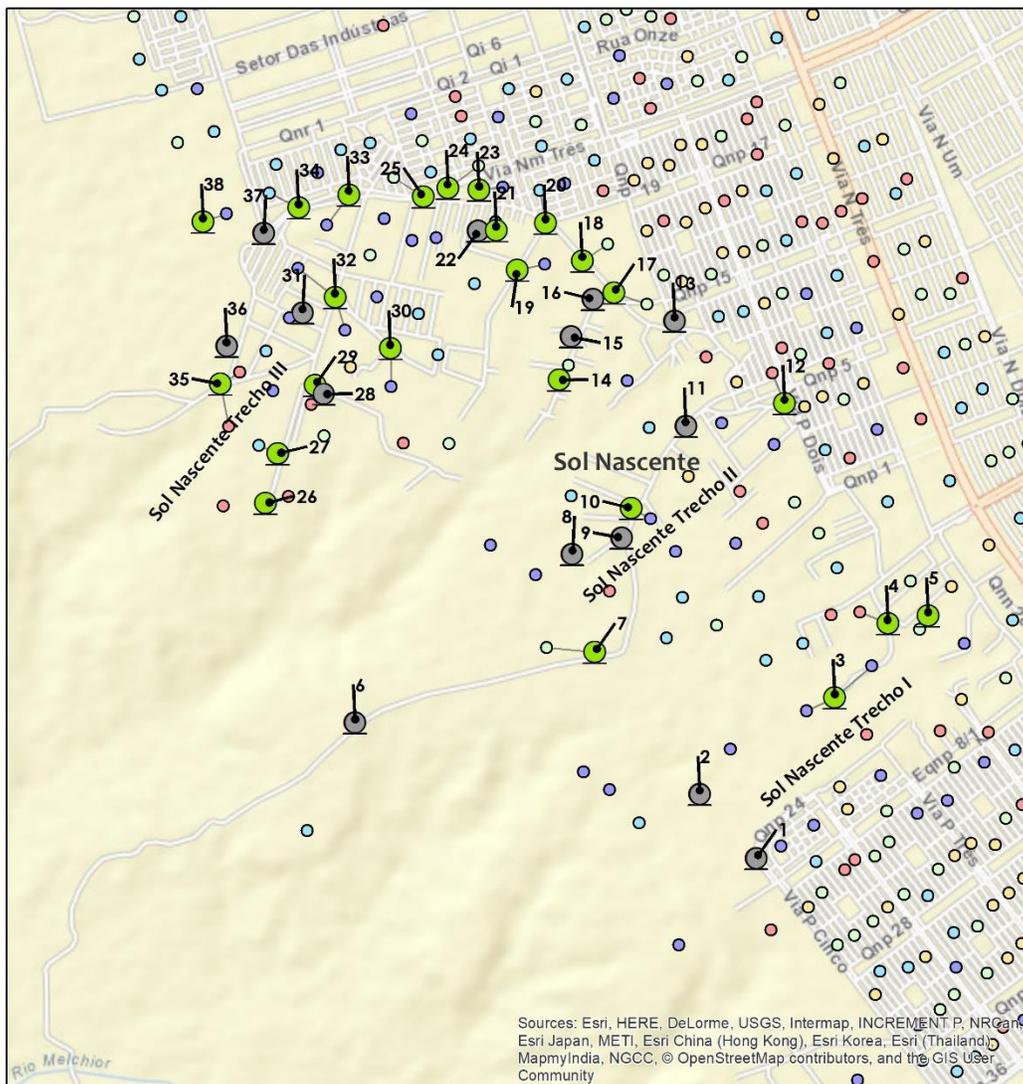
Ademais, percebe-se que a maioria dos pontos escolhidos estão no trecho III do Sol Nascente, de fato lá reside a maior parte da população do setor habitacional e deve ser alocado mais pontos neste trecho. No entanto, há pontos no final dos trechos I e II sem nenhum contêiner instalado e os habitantes desses locais terão de andar bastante até encontrar um local para descartar os resíduos corretamente, ou acabarão descartando em um local inadequado.

Desse modo, foi rodado o programa novamente, colocando aqueles esses dois pontos (2 e 6) como requeridos e os demais candidatos. Com isso, a ferramenta buscará os 29 pontos necessários dentre

os 37 possíveis, sendo estes pontos desses 29, dois serão os pontos 2 e 6. O resultado pode ser visualizado na Figura 5.23.

Na Figura 5.24 são mostrados os pontos selecionados para o Pôr do Sol. A solução proposta pelo programa apontou que apenas 5 pontos são suficientes para atender a demanda, já que o raio de influência definido foi 200 metros, ou seja, alocar contêineres em outro candidato não atenderá uma demanda maior de população. Isso ocorreu, provavelmente, pelo mesmo motivo do Sol Nascente, os pontos de demanda estão desatualizados e não refletem na verdadeira distribuição da população.

Ao analisarmos os centroides dos setores censitários com uma imagem de satélite (Figura 5.25), percebemos que provavelmente há um contingente populacional bem maior ao que é representado pelos centroides dos setores censitários. Para tanto, o programa foi rodado novamente, agora, com a demanda definida com pontos criados em cima das casas, o resultado pode ser visualizado na Figura 5.26.



Pontos Selecionados para Instalação de Contêiner Semienterrado Sol Nascente

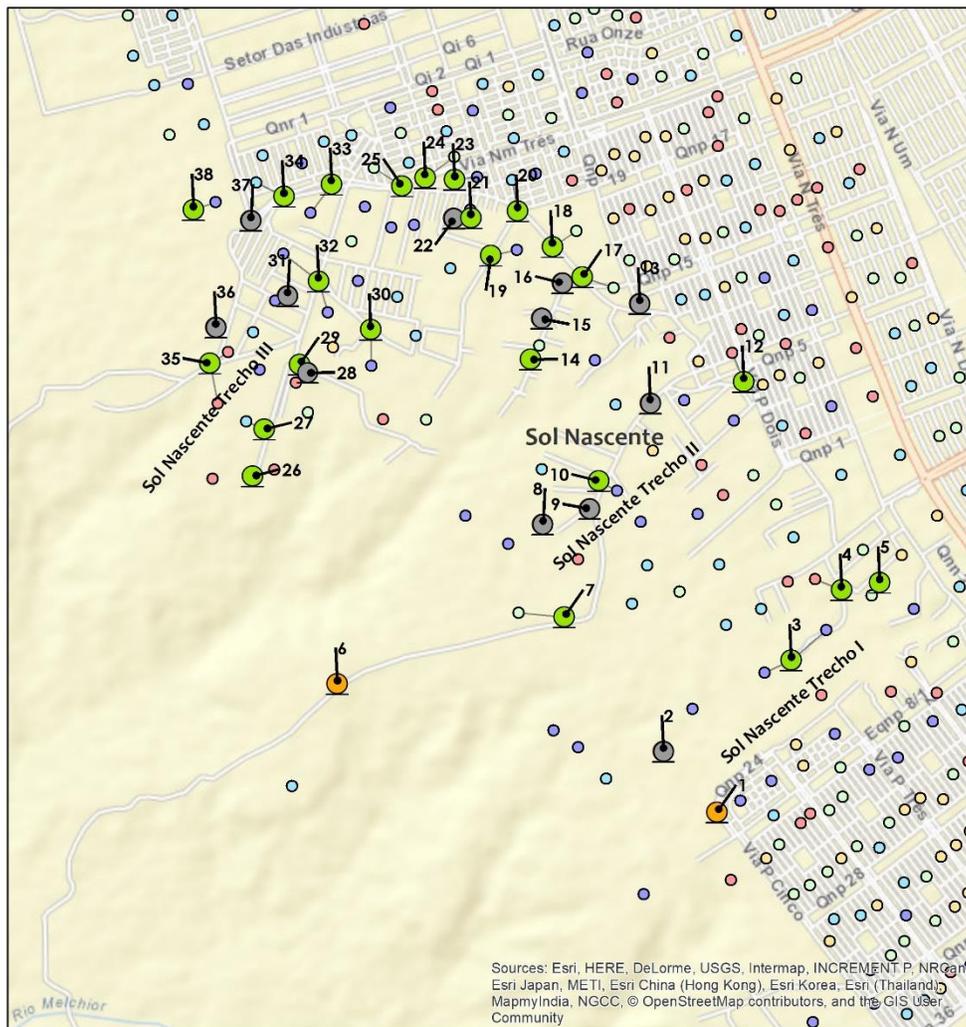
SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Transverse Mercator  
 Fonte:  
 SLU / SEGETH / IBGE / OSM  
 Realizado por: Camila Lopes dos Santos



1:30.000

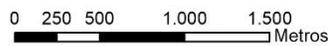


**Figura 5.22: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Sol Nascente.**



Pontos Selecionados para Instalação de Contêiner Semienterrado Sol Nascente

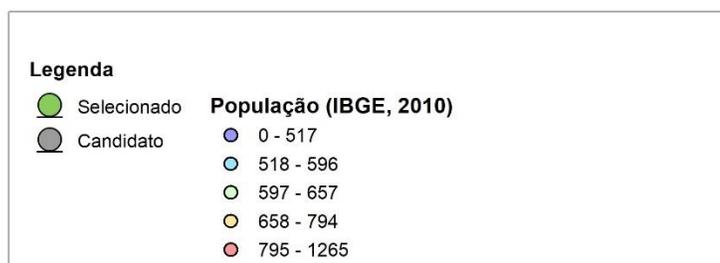
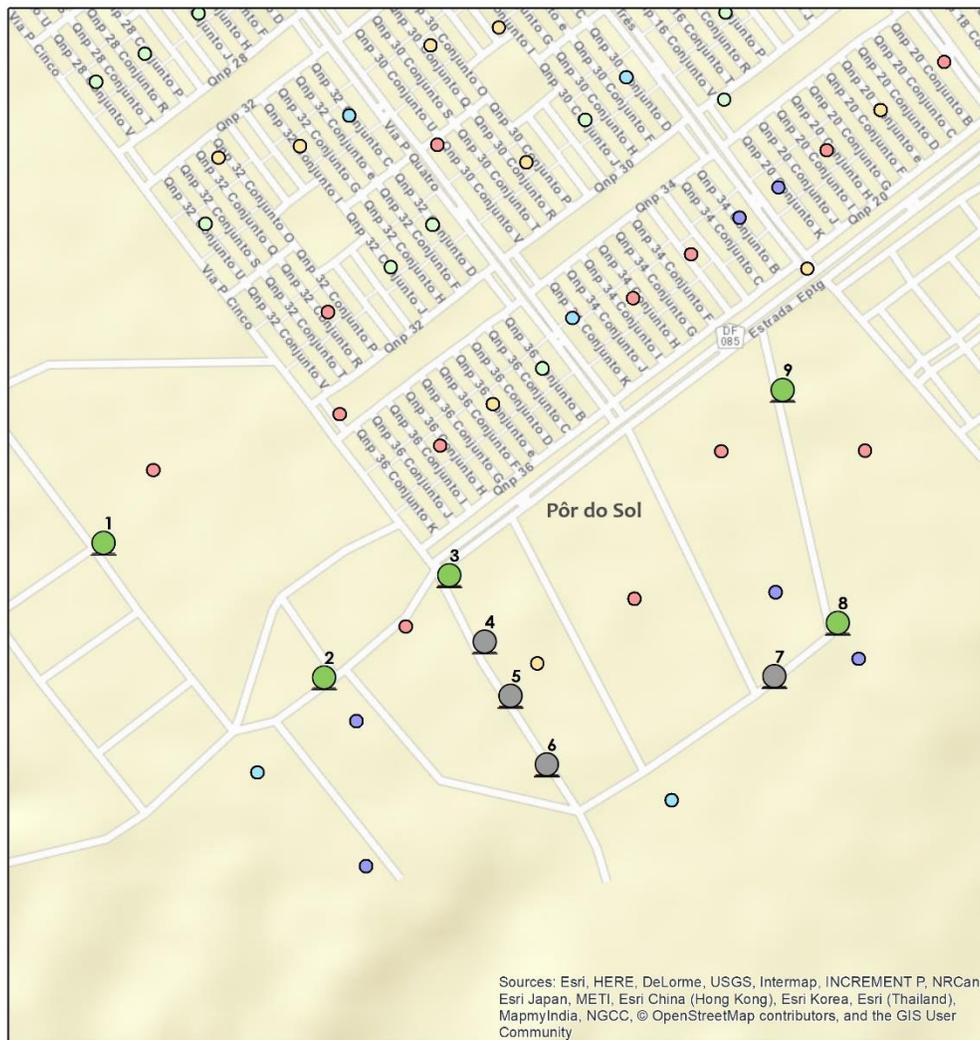
SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Transverse Mercator  
 Fonte:  
 SLU / SEGETH / IBGE/ OSM  
 Realizado por: Camila Lopes dos Santos



1:30.000

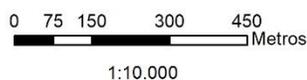


**Figura 5.23: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Sol Nascente com pontos requeridos.**

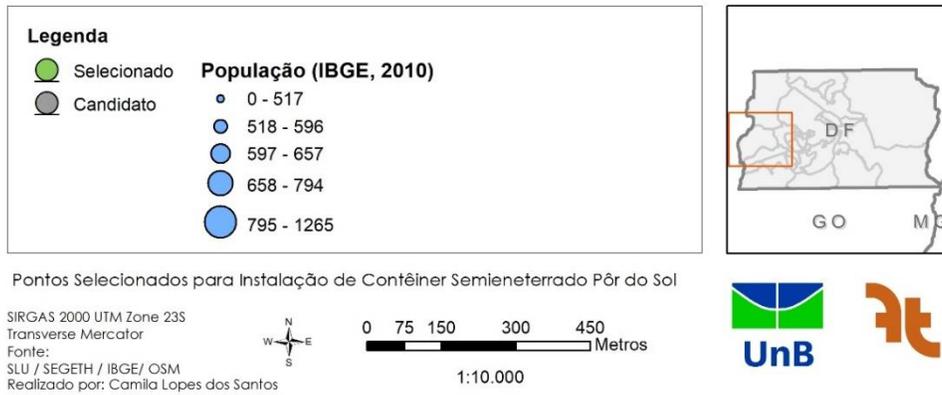
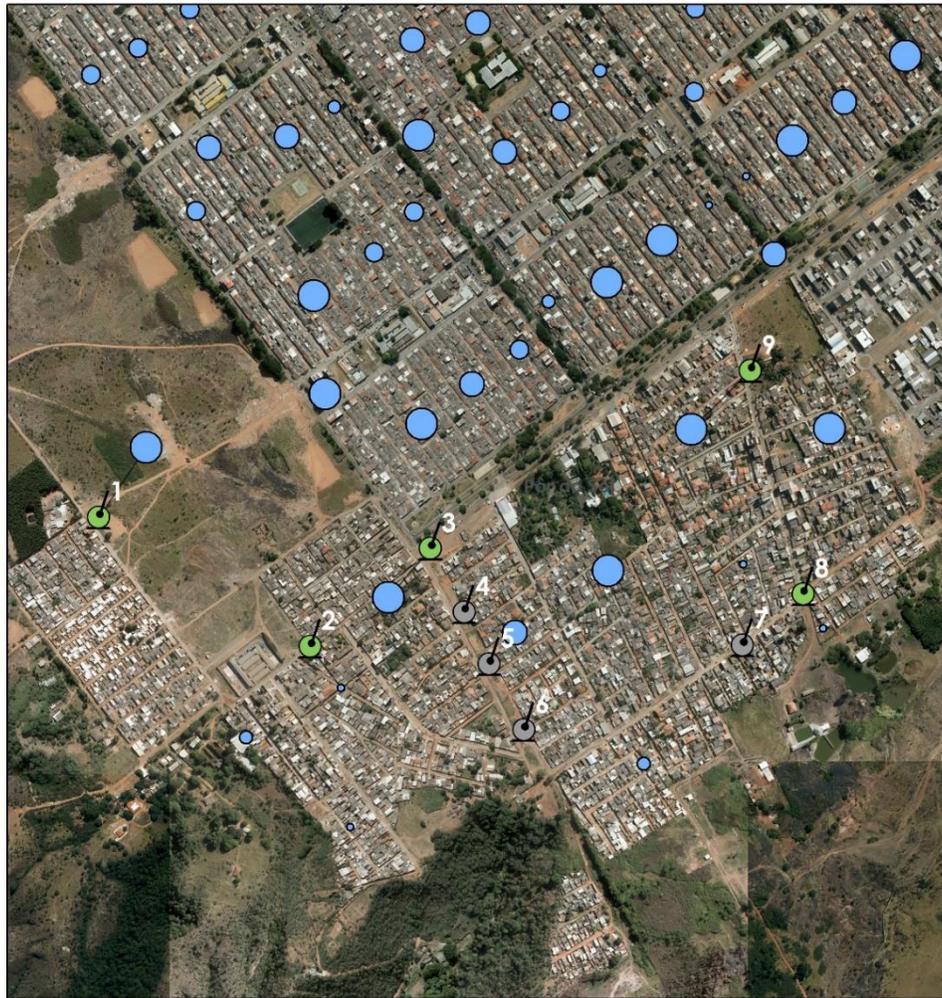


Pontos Selecionados para Instalação de Contêiner Semienterrado Pôr do Sol

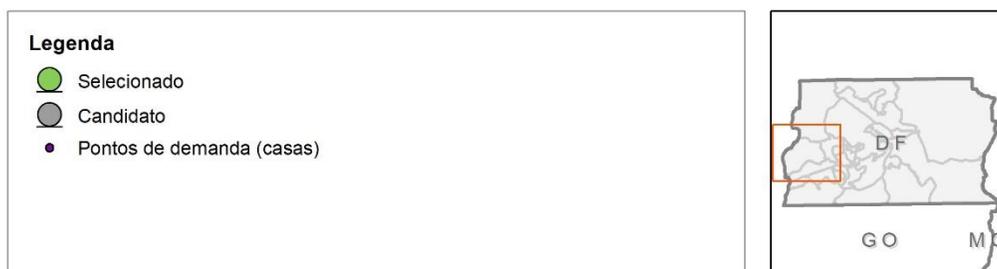
SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Transverse Mercator  
 Fonte:  
 SLU / SEGETH / IBGE/ OSM  
 Realizado por: Camila Lopes dos Santos



**Figura 5.24: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Pôr do Sol com dados de população do IBGE (2010).**



**Figura 5.25: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Pôr do Sol com dados de população do IBGE (2010), com imagem de satélite.**



Pontos Selecionados para Instalação de Contêiner Semienterrado Pôr do Sol (casas)

SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Transverse Mercator  
 Fonte:  
 SLU / SEGETH / IBGE/ OSM  
 Realizado por: Camilla Lopes dos Santos



1:10.000



**Figura 5.26: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado no Pôr do Sol com nos pontos de demanda criados em cima das casas.**

Agora, com os pontos de demanda criados em cima das casas, o programa selecionou o número necessário de contêineres (oito), atendendo uma maior quantidade de pessoas (Figura 5.26).

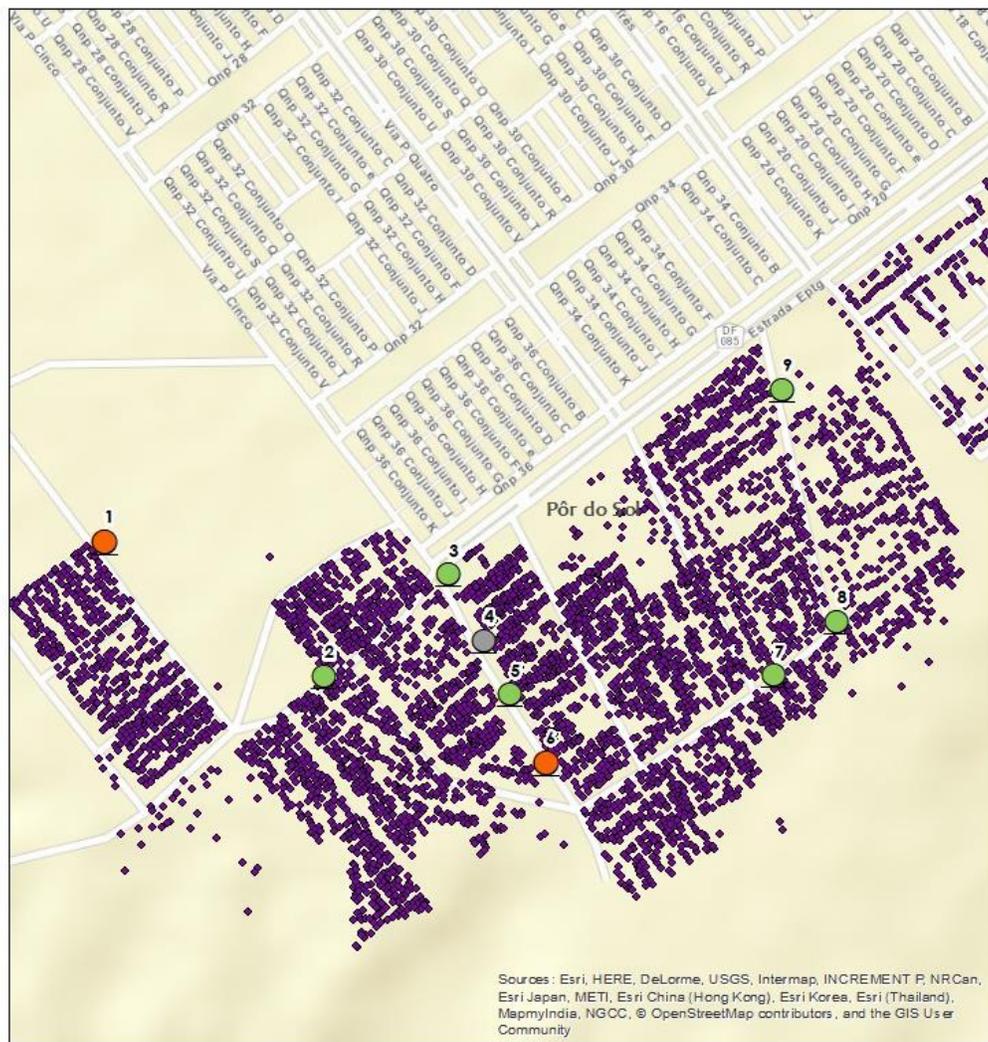
Nota-se que alguns pontos foram alocados bem próximos um do outro, enquanto a região que abrange o candidato 6 está sem nenhum destino para seus resíduos nas proximidades. Fica evidente que o programa busca atender o maior contingente populacional, mas como não existe a possibilidade de informar a área que se deseja atender, ele pode escolher pontos próximos que atendam uma mesma população, pois nessa ideia ele estaria atendendo mais pessoas.

Além disso, ao se estabelecer a distância (raio de influência do contêiner), a ferramenta coloca todas as possibilidades de atendimento com distância maior que a definida como inviável, sem pensar que talvez fosse melhor alocar um contêiner em 6 que atenda uma quantidade menor de pessoas e remover um dos pontos 4 ou 5, pois, assim, alguns habitantes da região próxima a 4 e 5 teriam que andar mais do que os 200 metros estabelecidos, cerca de 50 metros a mais, todavia, garantiria uma cobertura maior ao setor habitacional.

De certo modo, entende-se que o programa escolhe os pontos, buscando maximizar o atendimento e a eficiência do contêiner. Nessa perspectiva, os pontos 1 e 6 foram colocados como requeridos e os demais como candidatos, a fim de que o programa buscasse um resultado melhor, o resultado é apresentado na Figura 5.27.

É importante evidenciar que a solução de colocar alguns pontos candidatos como requeridos no programa foi uma decisão tomada para evitar que o software propusesse uma solução não satisfatória. Essa decisão evita a existência de áreas em que a população tenha que andar uma porcentagem muito superior ao raio de influência estabelecido a fim de descartar os resíduos sólidos gerados adequadamente.

Para Santa Luzia, foi adotada a metodologia de criação de pontos em cima das casas apenas, pois a ocupação e expansão da área surgiu a pouco tempo, como visto nos mapas da CODEPLAN e os centroides dos setores censitários não representam a realidade da região, como pode ser visto na Figura 5.28.



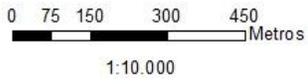
**Legenda**

- Selecionado
- Requerido
- Candidato
- ◆ Pontos de demanda (casas)

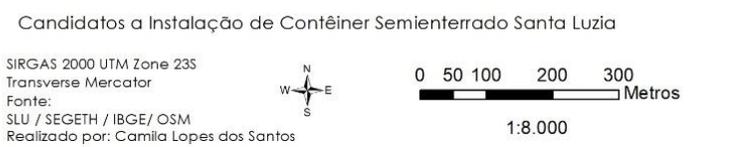
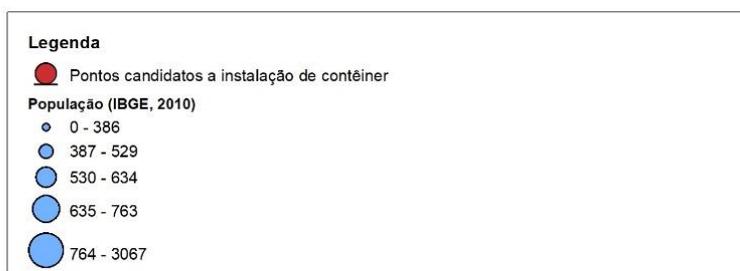


Pontos Selecionados para Instalação de Contêiner Semienterrado Pôr do Sol (Req.)

SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Transverse Mercator  
 Fonte:  
 SLU / SEGETH / BGE/ OSM  
 Realizado por: Camilla Lopes dos Santos

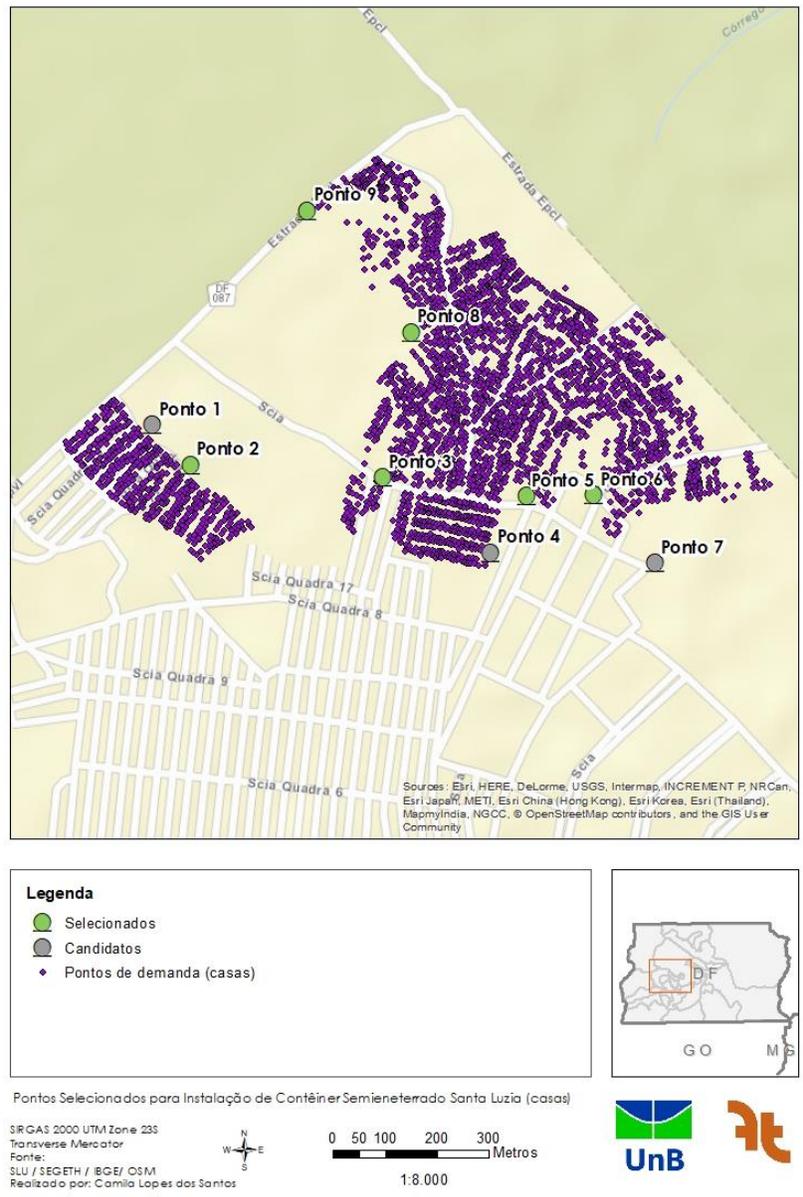


**Figura 5.27: Pontos selecionados para instalação no Pôr do Sol.**



**Figura 5.28: Mapa com os pontos candidatos a instalação de contêiner semienterrado, centroide dos setores censitários do IBGE e imagem de satélite.**

Quanto ao setor habitacional Santa Luzia, percebe-se, na Figura 5.28, que existem apenas quatro pontos de demanda ao utilizar os dados do IBGE (2010), ao passo que a região, apresenta, atualmente, muito mais habitantes. Assim, os pontos de demanda foram os pontos criados em cima das casas. O resultado da seleção dos candidatos a instalação de contêiner para Santa Luzia é apresentado na Figura 5.29.



**Figura 5.29: Pontos selecionados para a instalação de contêiner semienterrado em Santa Luzia.**

Para verificar a abrangência de cada contêiner, foi utilizada a ferramenta de área de serviço, que avalia a acessibilidade por intermédio de dados de vias de acesso, diferentemente do buffer que gera uma circunferência ao redor de um ponto. De maneira a visualizar a diferença entre as duas ferramentas mais facilmente, foi gerado um buffer de 150m (linha azul) e um 200m (linha roxa) e uma área de serviço de 200m, apresentados na Figura 3.30. Observa-se como a área de influência por meio da área de serviço considera os obstáculos, enquanto o buffer cria apenas uma circunferência.



**Figura 5.30: Comparação entre a área de influência por meio de um buffer e pela área de serviço.**

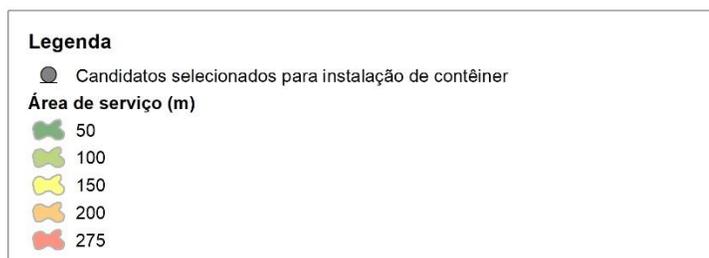
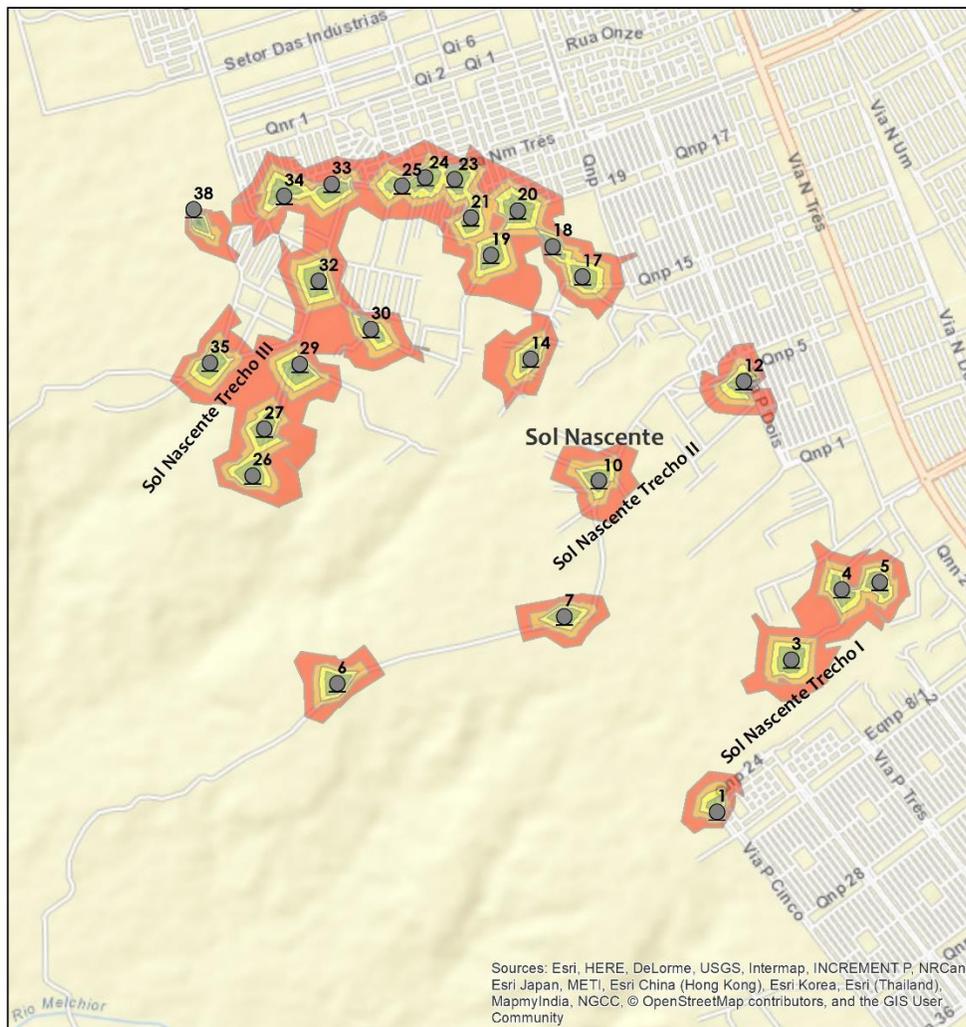
Portanto, serão criadas área de influência considerando o quanto as pessoas estão dispostas a andar em cada setor (raio de influência do contêiner). É válido ressaltar que essa área não será gerada como uma circunferência, mas sim, a partir do ponto selecionado (centro) e as vias de acesso a ele.

Na Figura 5.31, observa-se que, possivelmente, com dados de população mais atualizados, os mais pontos poderiam ser selecionados de forma a cobrir a toda a área assentada, pois tem áreas que não estão sendo atendidas nem pelo raio de 275 metros e tem candidatos para ser instalado.

Na Figura 5.32 é apresentada a área de influência dos pontos selecionados no Pôr do Sol. Percebe-se que mesmo ao selecionar o número de contêineres considerado adequado para o local, há área que não estão sendo atendidas. Isso ocorre devido ao fato de haver poucos pontos para seleção, decorrência da urbanização que não permite o tráfego de caminhões, além disso pontos muito próximos um do outro, atendendo uma mesma população.

Na Figura 5.33 é possível verificar a área de influência dos pontos selecionados em Santa Luzia. Este foi o setor só não apresentou um melhor resultado em virtude das ruas estreitas que impossibilitam a passagem de caminhões. Conquanto, grande parte da área teve cobertura de coleta.

As Figuras 5.31, 5.32 e 5.33 mostram a área de influência dos contêineres selecionados.



Área de Serviço - Sol Nascente

SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
Transverse Mercator

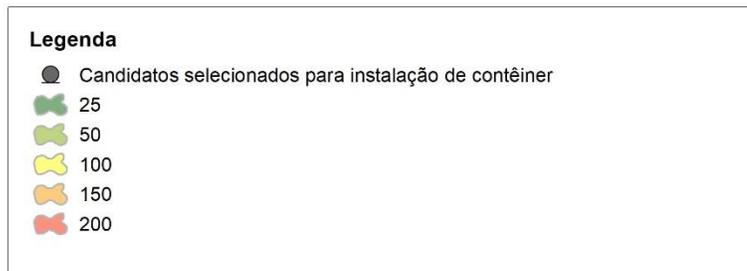
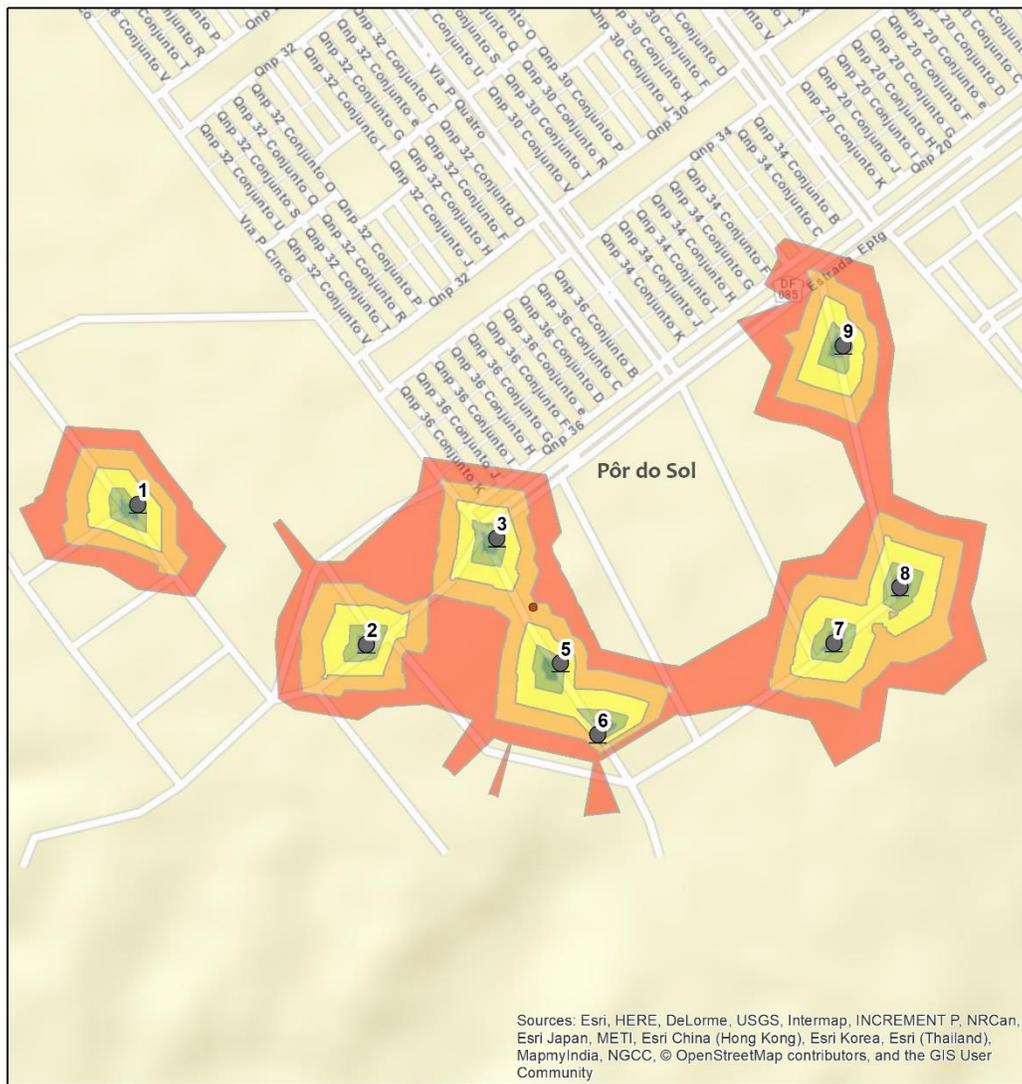
Fonte:  
SLU / SEGETH / IBGE/ OSM  
Realizado por: Camila Lopes dos Santos



1:30.000

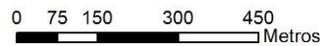


**Figura 5.31: Mapa de abrangência dos candidatos selecionados no Sol Nascente.**



Área de Serviço - Pôr do Sol

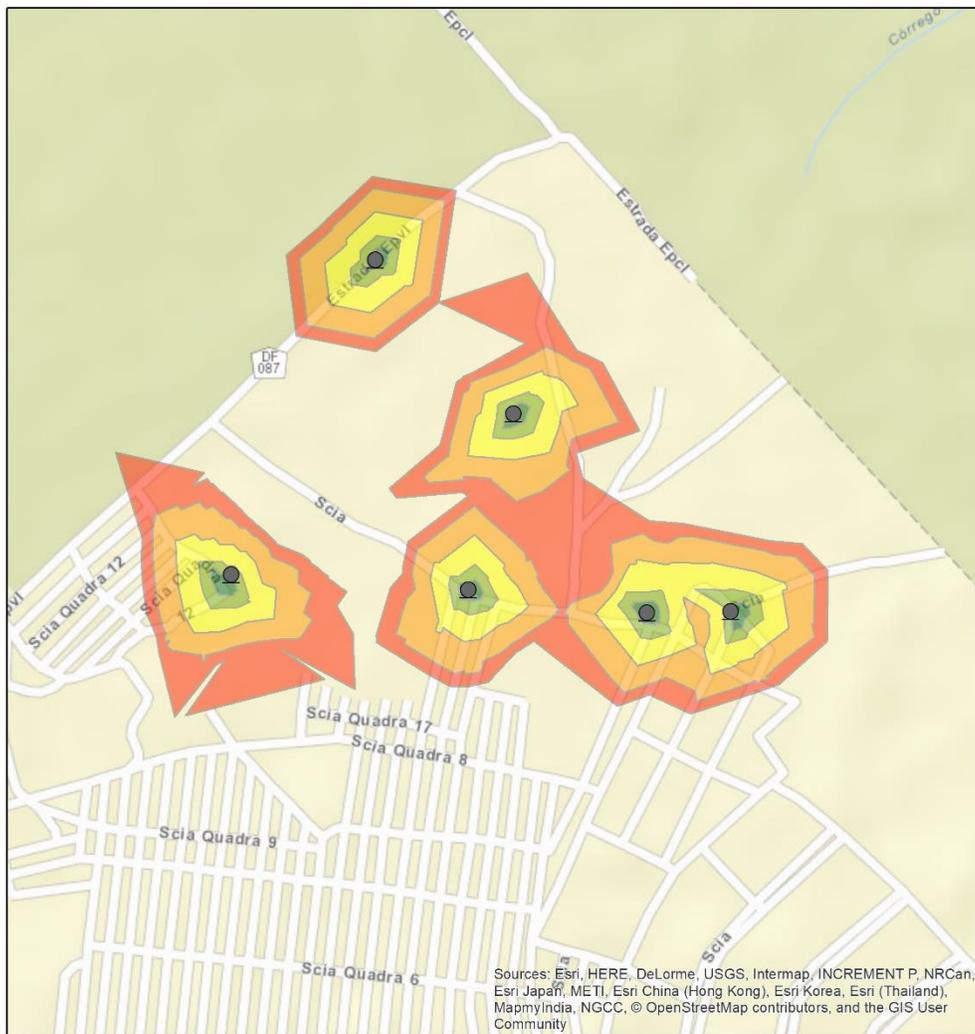
SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Transverse Mercator  
 Fonte:  
 SLU / SEGETH / IBGE/ OSM  
 Realizado por: Camila Lopes dos Santos



1:10.000



**Figura 5.32: Mapa de abrangência dos candidatos selecionados no Pôr do Sol.**



**Legenda**

- Candidatos selecionados para instalação de contêiner

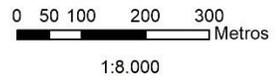
**Área de serviço (m)**

- 25
- 50
- 100
- 150
- 175



Área de Serviço - Santa Luzia

SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Transverse Mercator  
 Fonte:  
 SLU / SEGETH / IBGE/ OSM  
 Realizado por: Camila Lopes dos Santos



**Figura 5.33: Mapa de abrangência dos candidatos selecionados no Santa Luzia.**

## **6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

Desenvolveu-se um procedimento de seleção de locais para instalação de contêiner semienterrado, o qual foi aplicado em regiões de difícil acesso e de baixa renda no Distrito Federal, como, o Sol Nascente, Pôr do Sol e Santa Luzia.

Para tanto, foram identificadas as regiões administrativas com saneamento precário e aplicada a metodologia em duas dentre as RA identificadas, compondo três setores habitacionais. Contudo, a proposta metodológica de análise por RA, nem sempre reflete as peculiaridades locais, por conseguinte seria interessante analisar cada RA separadamente e buscar possíveis áreas com saneamento precário dentro delas.

Nos setores habitacionais estudados, constatou-se as condições de saneamento deficiente, ao se verificar a disposição inadequada dos resíduos, áreas com assoreamento e erosão, devida à ausência da rede de drenagem, além das habitações com ruas estreitas, casas com estruturas precárias e sem ordenamento territorial definido. A visita técnica foi fundamental para entender a dinâmica da cidade e as formas das habitações que podem ser limitantes ao apresentar ruas muito estreitas que impedem o tráfego de caminhões.

Com os dados do questionário, ficou explícito o interesse da população em utilizar os contêineres semienterrados, visto que mais de 90% da população de todos os setores indicou que usa ou usaria o recipiente para descartar seus resíduos sólidos gerados. Esta conjuntura motiva a adoção de políticas públicas que incentivem o uso deste equipamento em áreas de baixa renda.

Os resultados obtidos no estudo indicam a área de abrangência de um contêiner semienterrado por setor, vista as singularidades de cada local. Percebeu-se que algumas regiões dentro dos setores habitacionais estão em condições tão insalubres que os habitantes se dispõem a andar uma distância maior, a fim de cessar o problema de disposição imprópria dos resíduos que atrai animais e é fonte de vetores de doenças.

Atentando-se aos resultados específicos do estudo, verificamos que ao considerar a área de abrangência de um contêiner como uma circunferência, superestimou-se a sua abrangência, de forma a desconsiderar qualquer interferência no caminho, como, casas, comércios, muros e outros obstáculos.

Os mapas de área de serviço de cada setor (Figuras 5.31, 5.32 e 5.33) consideram tais obstáculos, calculando a área de abrangência de cada contêiner com base nas vias de acesso, assim é possível averiguar que os polígonos formados pelas áreas de influência não se assemelham a uma circunferência, o que revela uma provável superestimação quanto a área de influência de um contêiner.

Frente às limitações de dados de população, os quais são de 2010, a modelagem e simulação da seleção de locais para instalação de contêineres foi bem-sucedida, abrangendo grande parte dos setores estudados, com exceção do Sol Nascente que no trecho I resultou em um atendimento ainda não satisfatório. Para uma melhor distribuição dos contêineres no Sol Nascente, talvez fosse interessante fazer uma análise de cada trecho separadamente, quantificando o número de contêiner ideal para cada setor com base na área assentada e na população residente, já que a área assentada do setor é bem espaçada. Como o Sol Nascente já apresenta alguns contêineres instalados, um estudo comparando os pontos selecionados com os que já instalados é relevante.

A quantificação de contêineres com base na geração de resíduos e na área assentada permitiu ponderar as reais necessidades do setor, tanto na questão de resíduos gerados, quanto na distância percorrida pelos habitantes para dispor os resíduos adequadamente. Ademais, a análise prévia dos possíveis pontos de instalação propiciou uma agilidade no processo, dado que não houve pontos que foram escolhidos e apresentaram algum impedimento para instalação.

Tendo em vista os aspectos observados, os resultados obtidos foram, majoritariamente, satisfatórios visto que os pontos de instalação de contêiner selecionados pelo software, melhorarão as condições vividas naquelas comunidades. Não obstante, o Sol Nascente apresentou áreas sem atendimento do serviço de coleta, já que o programa não pode escolher os pontos necessários, como quantificado na metodologia, em consequência dos dados de população desatualizados. É factível criar pontos de demanda em cima das casas e verificar se há um resultado melhor do que o obtido nesse caso. Para Santa Luzia, além da falta de dados de população, há uma parte do setor que não tem acesso para caminhões, o que impossibilitou o mapeamento de pontos para a instalação, assim essa área não foi coberta para atendimento.

Como o contêiner semienterrado tem a possibilidade de remoção e reinstalação em outro ponto a um custo sustentável, há a viabilidade de reavaliar os parâmetros adotados e reaplicar a

metodologia em casos de atualização de dados de população, urbanização da área ou qualquer condição que possa trazer resultados melhores.

É válido ressaltar que as frequências de coleta adotadas em cada setor são consideradas altas, pois, comumente, a coleta é realizada uma vez ao dia. Essa situação atípica ocorre com o objetivo de universalizar a coleta nas áreas de estudo. Uma possível solução para diminuir a frequência seria adotar um contêiner de volume maior, entretanto isso afeta a espacialização dos contêineres nos setores e deve ser ponderado o que trará mais benefícios.

Dada a dificuldade de obtenção de dados de população e de geração de resíduos dos setores, o mais adequado seria estudar áreas que já apresentem esses dados atualizados para se ter uma maior eficácia, minimizando falhas. Outrossim, é interessante que a metodologia aplicada seja utilizada em áreas em processo de urbanização e/ou em fase de planejamento urbano, pois assim, é possível criar acesso ao serviço de limpeza urbana a toda área assentada. É vantajoso atrelar a área de estudo com locais que possuem agentes de educação para atuar na questão da educação ambiental.

Uma avaliação sobre como a alocação eficiente dos contêineres pode levar a uma otimização de rotas e diminuição nos custos do serviço de coleta, é extremamente relevante, uma vez que serve de complemento ao presente estudo.

Em caso de replicabilidade do estudo, propõe-se a análise dos diversos tipos de contêineres semienterrados disponíveis no mercado de modo a optar pelo contêiner mais apropriado para a localidade haja vista o volume necessário, o formato, design e custo, tanto de operação, quanto de manutenção. Para casos como o de Santa Luzia, em que as vias são muito estreitas, pode haver a possibilidade de utilizar caminhões menores, adaptados a região, contudo, é necessário avaliar a eficiência deste em virtude da sua capacidade reduzida.

Recomenda-se ainda a realização de uma pesquisa em domicílios a fim de estimar a população residente, mapeando os domicílios entrevistados para utilizá-los como ponto de demanda. Também é aconselhado elaborar uma análise gravimétrica nas regiões que forem selecionadas para estudo com o propósito de aperfeiçoar os dados de coleta dos resíduos e trazer insumos suficientes para a tomada de decisão sobre a utilização de contêineres para coleta seletiva e para coleta convencional, separadamente.

Com a instalação dos contêineres semienterrados nos locais, sugere-se que sejam desenvolvidos estudos futuros que relatem os benefícios em saneamento trazidos àquelas populações em consequência da instalação destes equipamentos nas comunidades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12980 - Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. ABNT., p. 1–6, 1993.
- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. Brasil: Abrelpe, 2015.
- ABREU, José Luiz Crivelatti. Controle dos resíduos sólidos com envolvimento de população de baixa renda. **Revista de saúde pública**, v. 24, n. 5, p. 398-406, 1990.
- ABREU, Maria de Fátima. Estudos e proposição de logística e alternativas tecnológicas e institucionais para os serviços de coleta seletiva. Diagnóstico sobre os serviços de coleta seletiva, triagem e destinação dos resíduos recicláveis no Distrito Federal. Produto 1. Brasília: SLU, 2015.
- ARRIBAS, Claudia Andrea; BLAZQUEZ, Carola Alejandra; LAMAS, Alejandro. Urban solid waste collection system using mathematical modelling and tools of geographic information systems. **Waste Management & Research**, v. 28, n. 4, p. 355-363, 2010.
- BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. Elementos de gestão de resíduos sólidos. **Belo Horizonte: Tessitura**, v. 1, 2012.
- BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA-FILHO, José Vicente. Logística ambiental de resíduos sólidos. **São Paulo: Atlas**, 2011.
- BASTISTELLA, Mateus; MORAN, Emilio. F. Geoinformação e Monitoramento Ambiental na América Latina. **São Paulo: Editora Senac São Paulo**, 2008.
- BERRÍOS, M. R. O lixo nosso de cada dia. In: CAMPOS, J.O., BRAGA, R. e CARVALHO, P.F. (Orgs). **Manejo de resíduos sólidos: pressuposto para a gestão ambiental**. Rio Claro, SP: Laboratório de Planejamento Municipal – DEPLAN – IGCE – UNESP, 2002. p.09-39.
- BOSKOVIC, Goran; JOVICIC, Nebojsa. Fast methodology to design the optimal collection point locations and number of waste bins: A case study. **Waste Management & Research**, v. 33, n. 12, p. 1094-1102, 2015.
- BRAGA, José Olavo Nogueira et al. O uso do geoprocessamento no diagnóstico dos roteiros de coleta de lixo da cidade de Manaus. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 387-394, 2008.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Artigo 23. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)>. Acesso em 04 mar. 2017. **Publicado no Diário Oficial da União**. 05 de outubro de 1988.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de Julho de 2001. Estatuto das Cidades. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em < [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/110257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm)>. Acesso em 20 de maio de 2017.

BRASIL. Lei Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei Nº6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em 04 mar. 2017. **Publicado no Diário Oficial da União**. 08 de janeiro de 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. Altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília (DF), 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em 15 de abril de 2017.

BRASIL(a). Ministério das Cidades. Lei de Saneamento Básico Perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos. Livro I. **Brasília: Editora**, 2009.

BRASIL(b). Ministério das Cidades. Lei de Saneamento Básico Perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos. Livro II. **Brasília: Editora**, 2009.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANASA). **Brasília, DF**, 2014.

CARDONA, María J. *et al.* Determinación del Método Óptimo de Operaciones de Ensamble Bimanual con el Algoritmo de Dijkstra (o de Caminos Mínimos). Información Tecnológica. **Vol. 28(4)**, 125-134. 2017.

CARNEIRO, Fabiana Padilha *et al.* Os resíduos da construção civil na cidade do Recife. ENEGEP. 2004.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado 3ª edição. **São Paulo: CEMPRE**, 2010.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. Edgard Blücher, 1999.

CODEPLAN(a). “Pesquisa distrital por amostra de domicílios - Distrito Federal - PDAD/DF 2013”, Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central, Brasília, Brasil. 2016.

CODEPLAN(b). “Pesquisa distrital por amostra de domicílios – Ceilândia - PDAD/DF 2013”, Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central, Brasília, Brasil. 2016.

CODEPLAN(c). “Pesquisa distrital por amostra de domicílios – SCIA/Estrutural - PDAD/DF 2013”, Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central, Brasília, Brasil. 2016.

COLOMBARI, Juliana Cristina; MORETTI, Edvaldo. Cesar. A política nacional de resíduos e a sua concretização em Paulínea-SP. Revista Formação, n.21, volume 2, 2014, p. 49-70.

CORBUSIER, Le. Planejamento urbano. In: **Coleção debates**. São Paulo: Perspectiva, 2000.

CUNHA, Sara Maria Maia da; MARQUES, Teresa Sá. O SIG ao serviço do ordenamento do território: modelo de implementação: trabalho de projecto aplicado ao Município de Felgueiras. **Porto: Universidade do Porto**, 2009.

DIAS, G. F. **Populações marginais em ecossistemas urbanos**. 2ª edição, Brasília, DF: IBAMA, 1994.

DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana. – Coleta Automotizada. Disponível em <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p\\_secao=109](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=109)> Acesso em 20 nov. 2017.

ELSAMEN, Amjad Ahmad Abu; HIYASAT, Rund Ibrahim. Beyond the random location of shopping malls: A GIS perspective in Amman, Jordan. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 34, p. 30-37, 2017.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. – About the ArcGIS Network Analyst extension tutorial. Disponível em <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/about-the-network-analyst-tutorial-exercises.htm>> Acesso em 10 nov. 2017.

GALLARDO, Antonio et al. Methodology to design a municipal solid waste generation and composition map: A case study. 2014. **Waste Management**, v. 36, p. 1–11, 2015.

HELLER, Léo; CASTRO, José Esteban. Política pública e gestão de serviços de saneamento. In: **Política pública e gestão de serviços de saneamento**. UFMG/Fiocruz, 2013.

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. **Rio de Janeiro: IBAM**, 2007.

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. **Rio de Janeiro: IBAM**, 2001.

IBGE. Recenseamento de 1960. Programa Internacional. Documentos Censitários, série E – Número 3. **Rio de Janeiro: IBGE**, 1959.

INPE - Introdução à ciência da geoinformação. **Introdução à Ciência da Geoinformação**, p. 345, 2001.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos. **Brasília: Ipea**, 2012.

IPEA(a) - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Favelização no Brasil entre 2000 e 2010: Resultados de uma Classificação Comparável. **Brasília: Rio de Janeiro, Ipea**, 2014.

IPEA(b) - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Distribuição de aglomerados subnormais na rede urbana e nas grandes regiões brasileiras. **Brasília: Rio de Janeiro, Ipea**, 2014.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Relatório brasileiro para o Habitat III. **Brasília: ConCidades, Ipea**, 2016.

JUCÁ, José Fernando Thomé. Estudos e proposição de modelagem para execução eficiente dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Distrito Federal. Produto 2. Brasília: SLU, 2016.

KARADIMAS, Nikolaos V. Routing Optimization Heuristics Algorithms for Urban Solid Waste Transportation Management. Issue 12, Volume 7. 2008.

KINOBE, J. R. *et al.* Optimization of waste collection and disposal in Kampala city. **Habitat International**, v. 49, p. 126–137, 2015.

KLEINBERG, J., y Tardos, É., Algorithm design, Boston, Pearson/Addison-Wesley. 2006.

LACERDA, Márcio Gonçalves; BRASILEIRO, Luzenira Alves. Análise do uso de SIG no roteamento dos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 356-360, 2008.

LEME, Simone Maria. Comportamento da população urbana no manejo dos resíduos sólidos domiciliares em Aquidauana – MS. **Geografia - v. 18, n. 1**, 2009.

MIOT, Hélio Amante. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. **J Vas Bras Vol. 10 Nº 4**, 2011.

MONTEIRO, José Henrique Penido. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. 2001.

MORAES, Luis Roberto Santos. Acondicionamento e coleta de resíduos sólidos domiciliares e impactos na saúde de crianças residentes em assentamentos periurbanos de Salvador, Bahia, Brasil. **Rio de Janeiro, Cad. Saúde Pública**, 23 Sup4:S649, 2007.

NOSSA BRASÍLIA. Mapa das Desigualdades, 2016. Disponível em <[https://archive.org/stream/MapaDesigualdades2016V.1.2/MapaDesigualdades2016\\_V.1.2#page/n1/mode/1up](https://archive.org/stream/MapaDesigualdades2016V.1.2/MapaDesigualdades2016_V.1.2#page/n1/mode/1up)>. Acesso em 23 de maio de 2017.

NUCASE. Transversal - Guia do profissional em treinamento – 1ª. Edição. Princípios básicos de geoprocessamento para seu uso em saneamento, 2013.

O’CONNOR, Dene L. Solid Waste Collection Vehicle Route Optimization for the City of Redlands, California. 2013.

ORNELAS, Adilio Rodrigues. R. Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Dissertação de Mestrado - da Universidade Federal de Minas Gerais. 2011.

PASTERNAK, Suzana. Habitação e saúde. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 51-66, 2016.

PINA, Maria de Fátima Sá; SANTOS, Simone Maria dos; CARVALHO, Marília Sá. Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicadas a saúde. In: **Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicadas a saúde**. 2000. p. 117-117.

- ROLNIK, Raquel. O que é cidade. **Editora Brasiliense**, 2004.
- ROSA, Roberto. Apostila Introdução Ao Geoprocessamento. **Universidade Federal De Uberlândia**, 2013.
- SAMADDER, S. R; KHAN, D. Allocation of solid waste collection bins and route optimisation using geographical information system: A case study of Dhanbad City, India. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 7, p. 666-676, 2016.
- SANTOS, Glauber Eduardo de Oliveira. Cálculo amostral: calculadora on-line. Disponível em: <<http://www.calculoamostral.vai.la>>. Acesso em: [novembro, 2017].
- SLU(a). Relatório Dos Serviços De Limpeza Urbana e Manejo Dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal - 2015. 1 ed., Brasília: Serviço de Limpeza Urbana. 2017.
- SLU(b). Relatório da Análise Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Distrito Federal – 2015. 1 ed., Brasília: Serviço de Limpeza Urbana. 2017.
- UN – United Nations. Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010. A/RES/64/292. 2010.
- VALLE, P. O., REIS, E., MENEZES, J., REBELO, E. Behavioral determinants of household recycling participation: the Portuguese case. **Environment and Behavior**, vol. 36, n. 4, 2004, 505-540.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Report Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water**. Switzerland: WHO, 2014.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Report Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water**. Switzerland: WHO, 2017.
- ZAMORANO, M. et al. A planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection: A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 2, p. 123-133, 2009.



## ANEXO B – Perguntas questionário

- 1) Você usa/usaria um papa lixo? Não, por que?
- 2) Qual distância você está disposto a andar para colocar/jogar seu lixo em um local apropriado? (Dar uma referência de distâncias)
- 3) Quantos sacos de supermercado cheios de lixo você gera por dia?
- 4) Existe uma pessoa que fica responsável por levar o lixo no local correto? Quem? (Filho, mãe, pai)
- 5) Você separa seu lixo em casa?

## ANEXO C – Cálculos quantificação de contêineres.

### Sol Nascente

$$N \text{ geração} = \frac{ERSG * k}{\rho * F * V} = \frac{46,806 * 1,3}{0,290 * 2 * 5} = 21 \text{ contêineres}$$

$$N \text{ espaço} = \frac{Ash}{Aic} = \frac{237.462,50}{\pi * (275)^2} * 237 = 29 \text{ contêineres}$$

### Pôr do Sol

$$N \text{ geração} = \frac{ERSG * k}{\rho * F * V} = \frac{25,76 * 1,3}{0,290 * 3 * 5} = 8 \text{ contêineres}$$

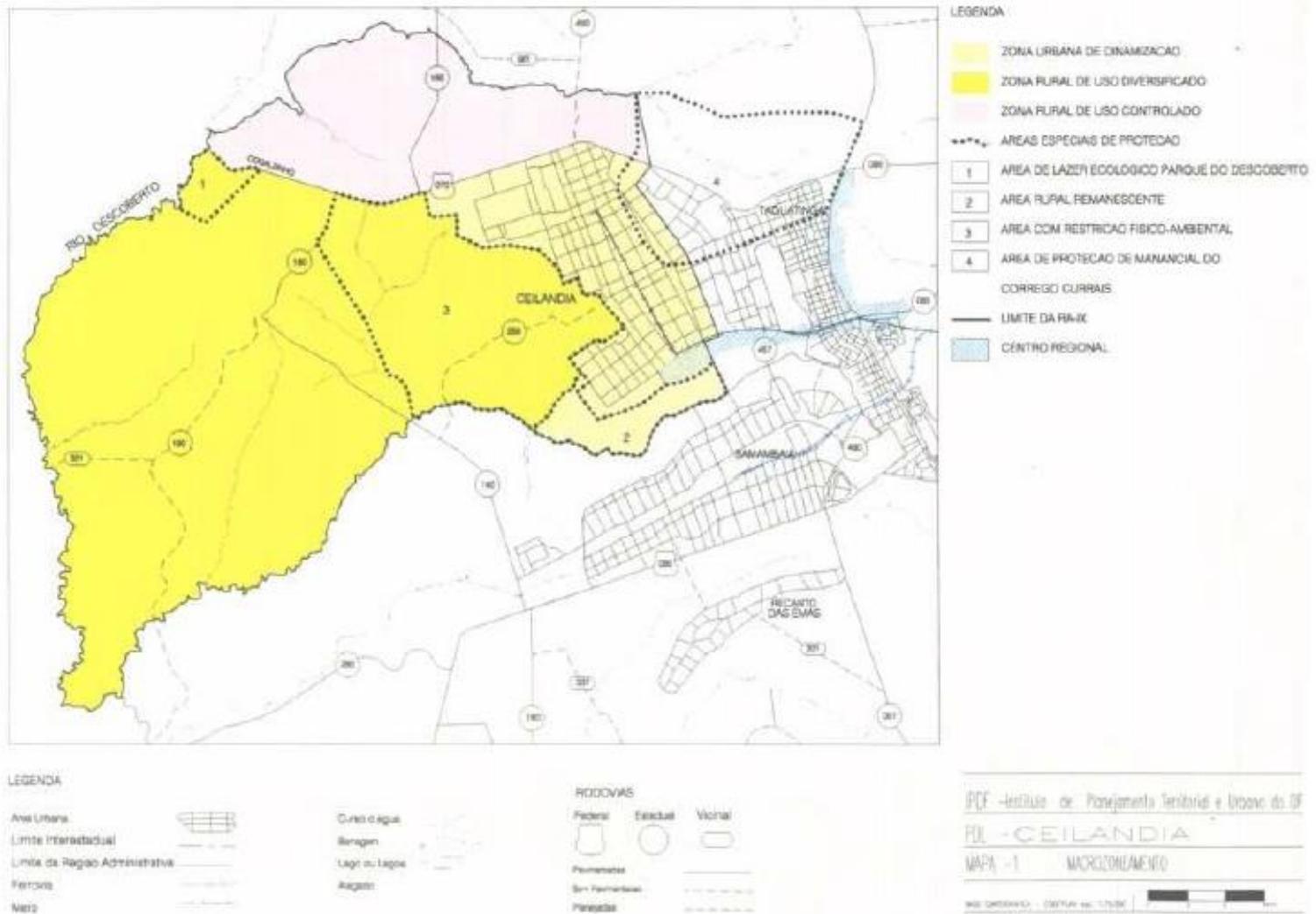
$$N \text{ espaço} = \frac{Ash}{Aic} = \frac{125.600}{\pi * (200)^2} = 8 \text{ contêineres}$$

### Santa Luzia

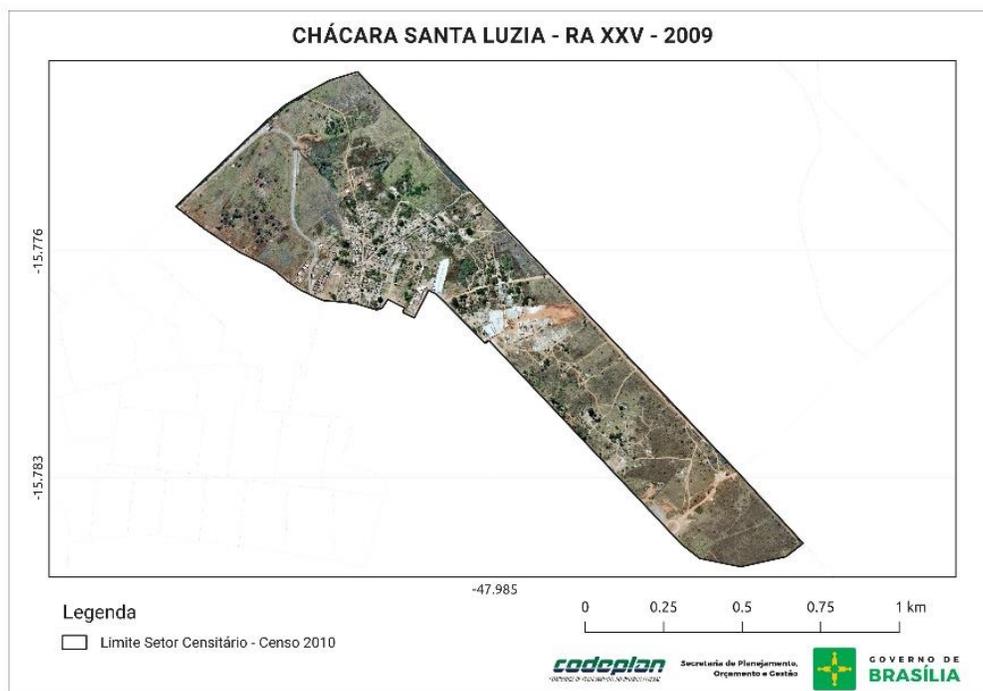
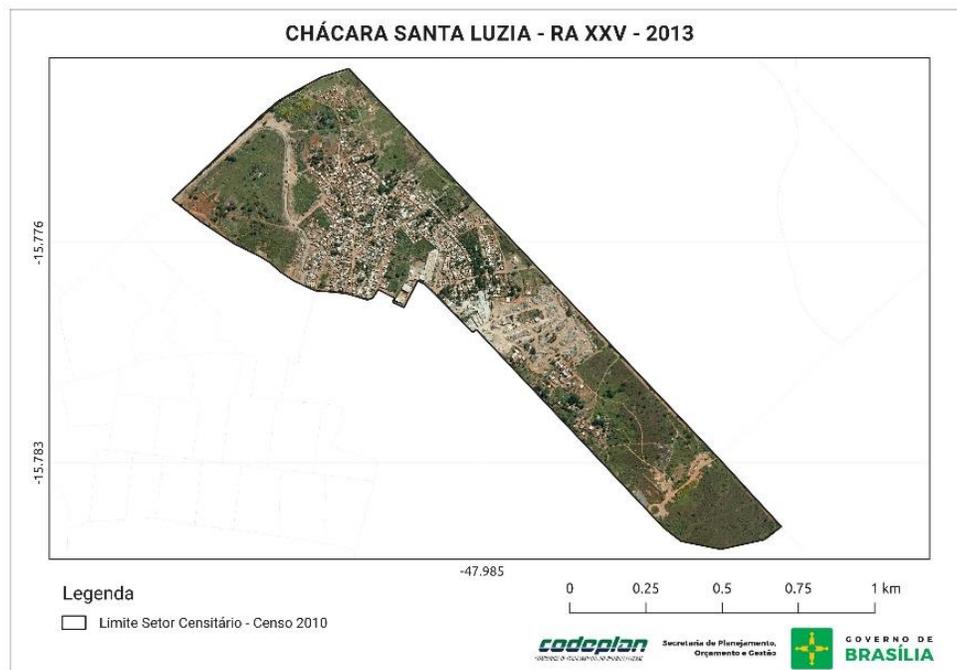
$$N \text{ geração} = \frac{ERSG * k}{\rho * F * V} = \frac{18 * 1,3}{0,290 * 2 * 5} = 6 \text{ contêineres}$$

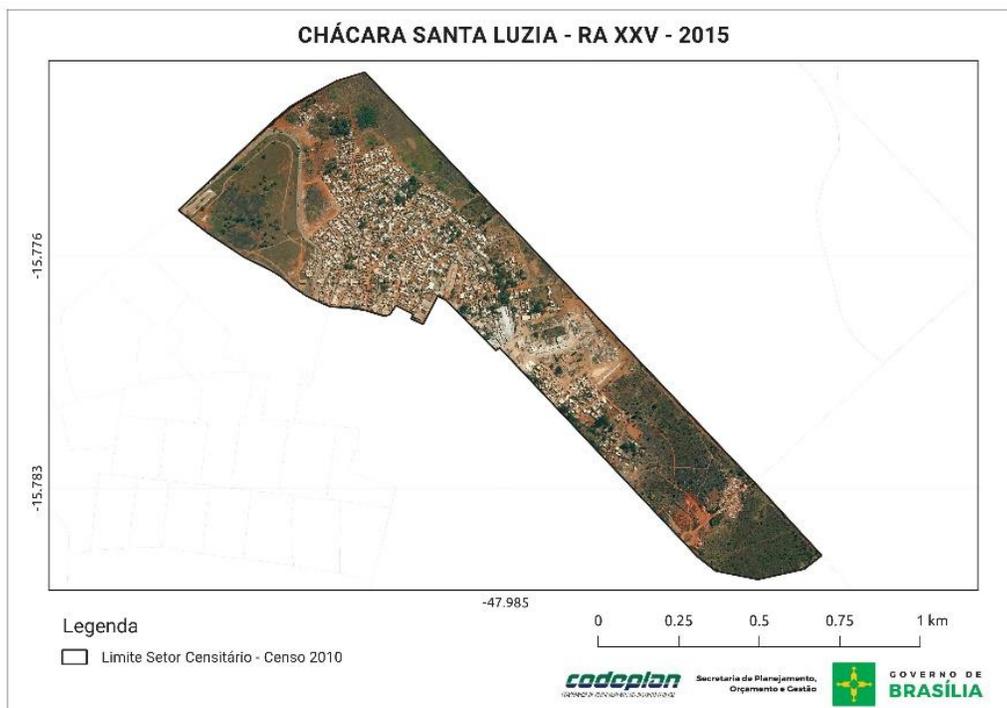
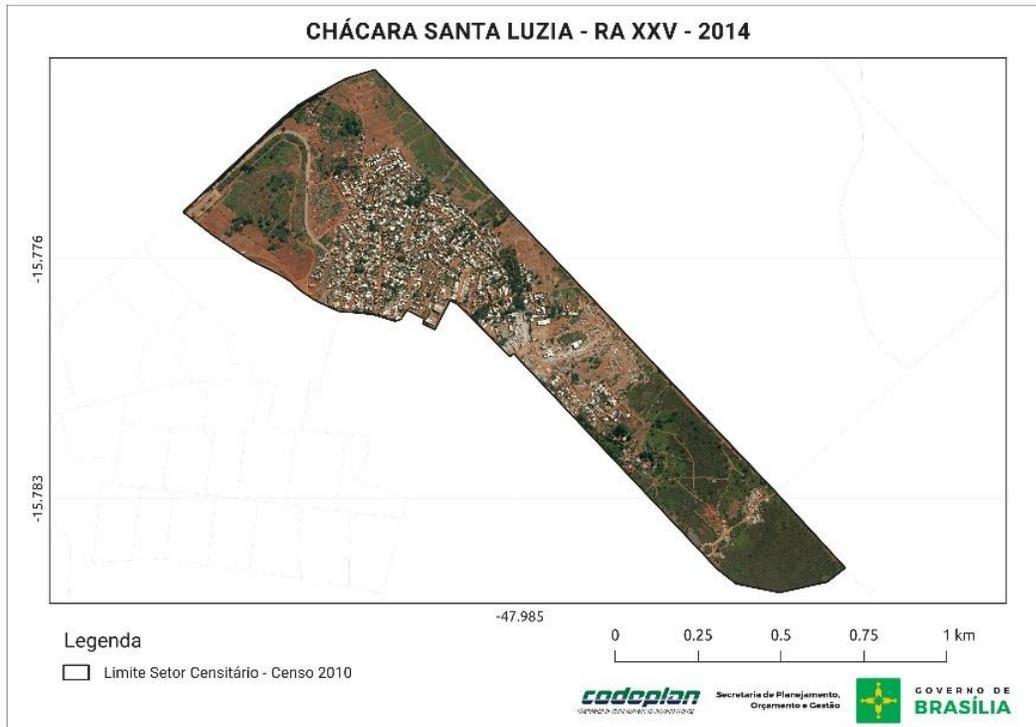
$$N \text{ espaço} = \frac{Ash}{Aic} = \frac{125.600}{\pi * (175)^2} = 4 \text{ contêineres}$$

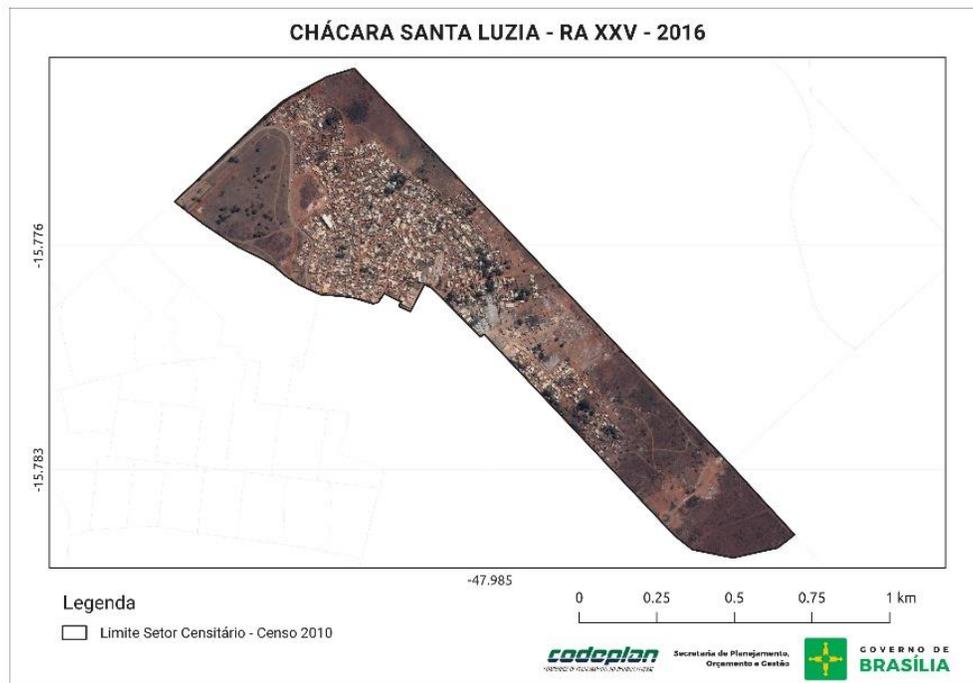
ANEXO D – Mapa de Macrozoneamento de Ceilândia, PDOT (1997)



## ANEXO E – Mapas de expansão de Santa Luzia

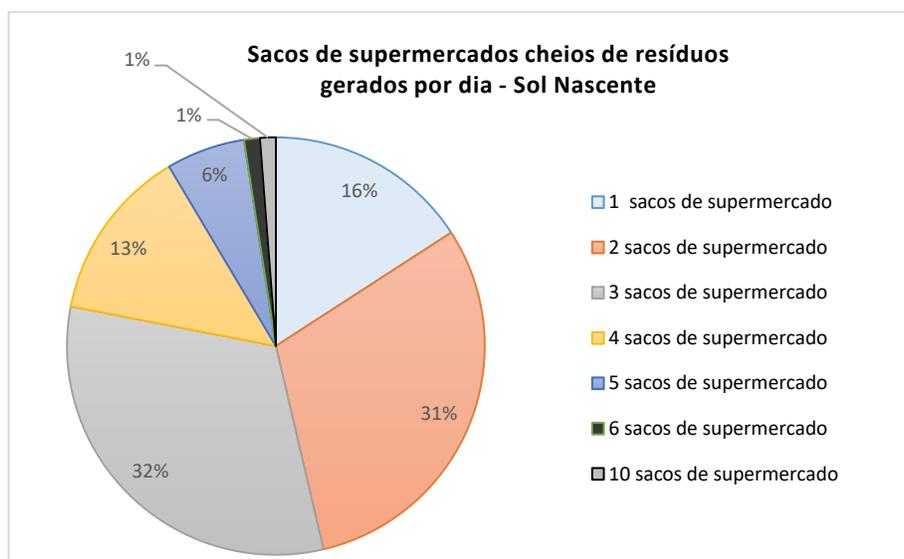


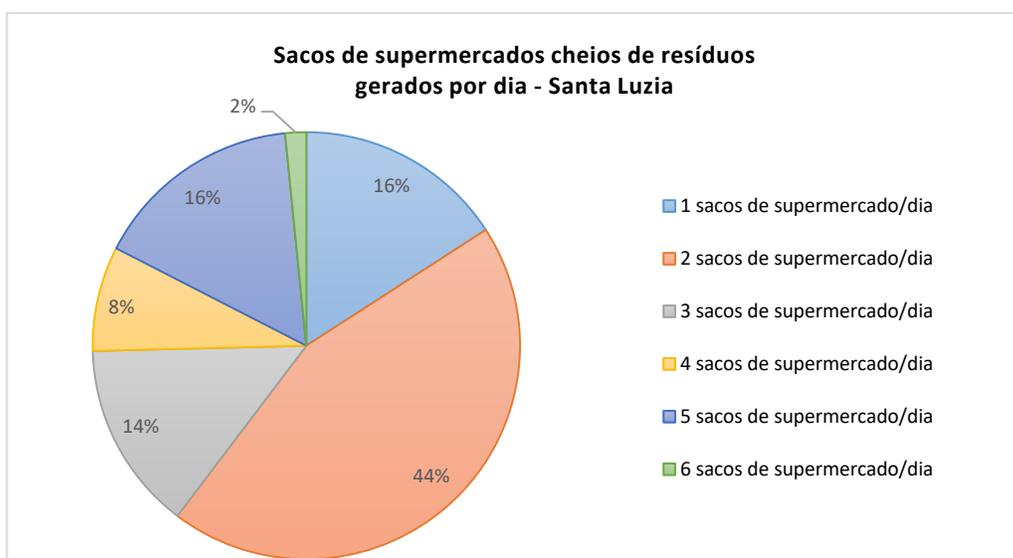
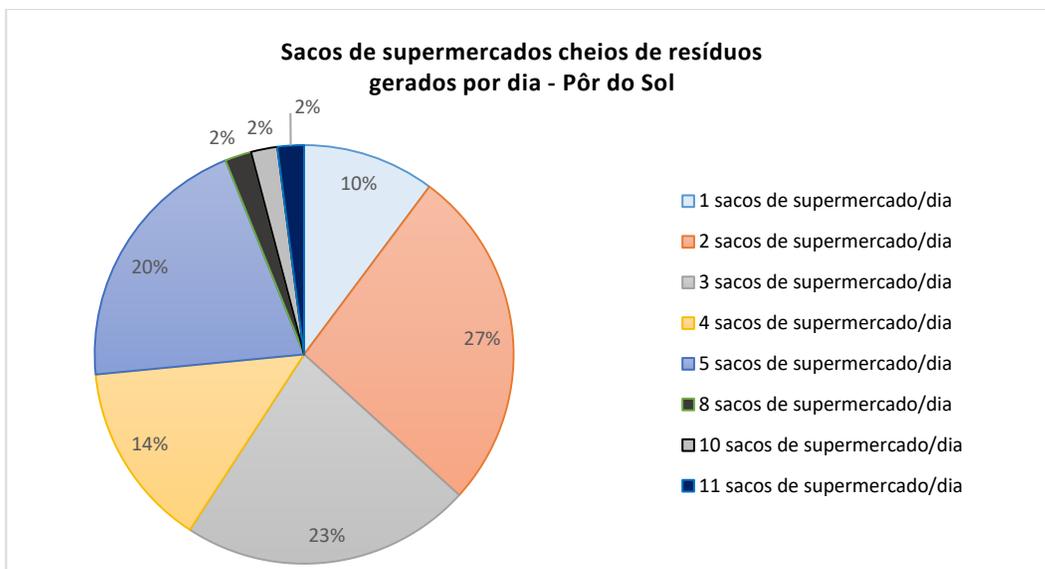




## ANEXO F – Respostas Questionário

### Respostas pergunta 3



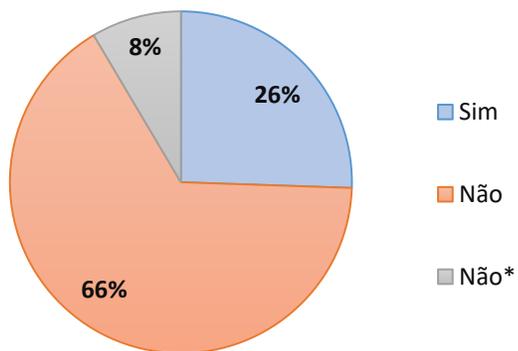


Respostas pergunta 4

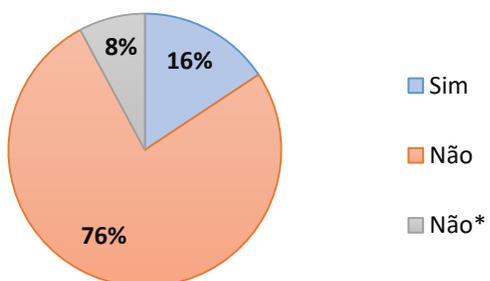
Porcentagem de pessoas que separam os resíduos em reciclável e convencional

Não\*: pessoas que não separam, mas que estão dispostas a separar se tiver coleta seletiva.

**Separam os resíduos (%) - Sol Nascente**



**Separam os resíduos (%) - Pôr do Sol**



**Separam os resíduos (%) - Santa Luzia**

