



# **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO – PPGESA**

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA GERENCIAMENTO  
DOS RESÍDUOS REMOVIDOS EM LIMPEZAS DE REDES  
COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO NA RMB-PA.**

URBANAS-PROPOSTA DE ATOS NORMATIVOS

**DISCENTE: EDGLEUBERSON GUIMARÃES ROCHA**

**ORIENTADOR(A): PROF(A).DR(A). KATIUCIA NASCIMENTO ADAM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**



**BELÉM (2024)**

EDGLEUBERSON GUIMARÃES ROCHA

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA O GERENCIAMENTO DOS  
RESÍDUOS REMOVIDOS EM LIMPEZAS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO  
SANITÁRIO NA RMB-PA.**

Defesa de Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – PPGESA, da Universidade Federal do Pará – UFPA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Linha de Pesquisa: Planejamento, Monitoramento, Operação e Controle de Sistemas de Saneamento

BELÉM-PARÁ, 2024.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará Gerada automaticamente pelo  
módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo (a) autor (a)**

---

R672p

ROCHA, EDGLEUBERSON GUIMARÃES.

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS REMOVIDOS EM LIMPEZAS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO NA RMB-PA / EDGLEUBERSON GUIMARÃES ROCHA. — 2024.

110 f.: il. color.

Orientadora: Prof. Dra. Katiucia Nascimento Adam. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, 2024.

1. Esgoto Sanitário. 2. Rede Coletora. 3. Limpezas de Rede. 4. Resíduos Removidos. 5. Gerenciamento de Resíduos. I. Título.

---

CDD353.93

EDGLEUBERSON GUIMARÃES ROCHA

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA O GERENCIAMENTO DOS  
RESÍDUOS REMOVIDOS EM LIMPEZAS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO  
SANITÁRIO NA RMB-PA.**

Defesa de Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – PPGESA, da Universidade Federal do Pará – UFPA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Linha de Pesquisa: Planejamento, Monitoramento, Operação e Controle de Sistemas de Saneamento

DATA DA AVALIAÇÃO: 27/06/2024

CONCEITO: APROVADO

**BANCA EXAMINADORA**



Professora Dra. Katiucia Nascimento Adam  
Orientadora – PPGESA/ITEC/UFPA



Professor Dr. Manoel José Dos Santos Sena  
Membro – PPGESA/ITEC/UFPA



Professor Dr. Francisco Carlos Lira Pessoa  
Membro externo – PPGEC/ITEC/UFPA

BELÉM-PARÁ  
2024

Dedico este trabalho a minha mãe...*in*  
*memorian* e ao seu irmão (tio e pai)...*in*  
*memorian*, pelos ensinamentos de vida...

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo fôlego de vida e por ter me guiado até aqui.

A Família e familiares pela compreensão nos momentos mais difíceis.

A minha orientadora, a professora Dra. Katiucia Nascimento Adam, pela amizade, inspiração, motivação e não ter me deixado desanimar.

Aos demais professores de minha formação acadêmica, que direta e indiretamente participaram dessa jornada.

Aos colegas da turma do PPGESA de 2021, pela união e companheirismo no período das disciplinas.

Aos caros colegas de trabalho na Unidade Executiva de manutenção de Redes Coletoras-UERC da Companhia de Saneamento do Estado do Pará - COSANPA, em especial ao engenheiro Alessandro Viegas, por sua colaboração nas discussões sobre pisos impermeáveis para o dispositivo sugerido. E do então graduando de engenharia e estagiário, Marcos de Souza, por sua colaboração na automação do modelo matemático.

Aos Professores das Bancas examinadoras por suas relevantes colaborações.

E ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - PPGESA, pela oportunidade ímpar em avançar em minha formação acadêmica.

Meu muito obrigado!

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito  
debaixo do céu”.  
*Eclesiastes 3:1*

## RESUMO

Os serviços públicos de limpeza de redes coletoras de esgoto sanitário geram resíduos, que se bem geridos colaboram para com a vida útil dos aterros sanitários, previnem degradação ambiental e evitam que prestadores desses serviços tornem-se passíveis a penalidades civis e criminais, conforme artigo nº 60 da lei de crimes ambientais nº 9.605/1998. Este trabalho objetiva apresentar proposta de uma metodologia de gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras de esgoto-RCE sanitário na RMB. E cujos os resíduos removidos nas limpezas de RCE são concentrados na área da ETE II, na Av. Tavares Bastos, S 1°24'18.4" W 48°26'52.3". O trabalho foi realizado em 03 etapas, sendo na 1ª etapa determinado o volume (m³) dos resíduos não grosseiro, decantáveis nos tanques de detritos dos caminhões hidrojetos, removidos nas limpezas de RCE, no ano de 2022, considerado para efeito comparativo os 3 meses mais e mesmo chuvoso desse ano. Na determinação volumétrica foi utilizado modelo matemático de determinação de volumes de cilindros horizontais e, para validação desse modelo, foi realizado cubagens, com padiola de 1m³, dos resíduos decantáveis dos tanques de dois caminhões, em triplicata, e comparado as médias aritméticas dos volumes obtidos. na 2ª etapa foi identificado o local tecnicamente adequado para: acondicionar, higienizar e dispor à destinação final os resíduos removidos nas limpezas de RCE e para isso foi analisado as características do SES, onde são concentrados os resíduos em questão, considerando a disponibilidade de área para ampliação, seguranças (pessoal e patrimonial) e a proximidade de uma unidade preliminar de estação de esgoto sanitário, para tratamento da parte líquida, por fim na 3ª etapa foi apresentado proposta de uma metodologia para gerenciamento desses resíduos, para isso, foram compilados sequencialmente, das etapas anteriores todos os passos, desde o controle das informações das ordens de serviços, para execuções das limpezas das RCE até a destinação final dos resíduos gerados nessa limpezas de RCE. Como resultado os valores de volumes determinado, para os três meses mais chuvosos de 3,182 m³, e para os três meses menos chuvosos 3,147 m³. O período chuvoso foi considerado o mais crítico para uma possível extrapolação anual. O local de coordenada geográfica 1°24'17.4"S 48°26'49.9"W, no terreno da ETE II, foi o adotado para implantação de dispositivo com piso impermeável e cobertura transparente, interligado à elevatória 4 da ETE II. Concluindo-se que é possível a aplicação da metodologia apresentada para o gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas de RCE, para destinação imediata a aterro sanitário. Já para a prática de reúsos desses resíduos será imprescindível estudos específicos para essa finalidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgoto Sanitário. Rede Coletora. Limpeza. Resíduos. Gerenciamento.

## ABSTRACT

Public cleaning services for sanitary sewage collection networks generate waste. Proper management of this waste helps to extend the useful life of landfills, prevent environmental degradation and prevent sanitation service providers from becoming subject to civil and criminal penalties, according to article n. 60 of the environmental crimes law n. 9,605/1998. The objective is to present a proposal for a methodology for managing waste removed in the cleaning of sewage collection networks sanitary - SCNS. Developed in the area Sewage Treatment Station-STS II, at Avenue Tavares Bastos, S 1°24'18.4" W 48°26'52.3". The work was carried out in 3 stages, with the first stage determining the volume (m<sup>3</sup>) of non-coarse waste, decantable in the waste tanks of hydrojet trucks, removed in the SCN cleanings, in the year 2022, considering for comparative purposes the 3 rainiest and even months of that year. In the volumetric determination, a mathematical model for determining volumes of horizontal cylinders was used and, to validate this model, cubages were carried out, with a 1m<sup>3</sup> stretcher, of the decantable waste from the tanks of two trucks, in triplicate, and the arithmetic means of the volumes obtained were compared. In the 2nd stage, the technically suitable location was identified to: package, sanitize and dispose of the waste removed in the SCN cleanings for final disposal. To this end, the characteristics of the SSS were analyzed, where the waste in question is concentrated, considering the availability of area for expansion, security (personal and property) and the proximity of a preliminary sewage station unit for treatment of the liquid part. Finally, in the 3rd stage, a proposal for a methodology for managing this waste was presented. To this end, all the steps from the previous stages were compiled sequentially, from the control of the information on the service orders for carrying out the SCN cleanings to the final disposal of the waste generated in this SCN cleaning. As a result, the volume values determined for the three rainiest months were 3.182 m<sup>3</sup>, and for the three less rainy months, 3.147 m<sup>3</sup>. The rainy season was considered the most critical for a possible annual extrapolation. The location with geographic coordinates 1°24'17.4"S 48°26'49.9"W, on the STS II site, was adopted for the implementation of a device with impermeable flooring and transparent covering, interconnected to pumping station 4 of STS II. It was concluded that it is possible to apply the methodology presented for the management of waste removed in the cleaning of SCN, for immediate disposal in a sanitary landfill. For the practice of reusing this waste, specific studies for this purpose will be essential.

**KEYWORDS:** Sanitary Sewage. Collection Network. Cleaning. Waste. Management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Exemplo de manutenção preditiva em redes coletoras. ....	21
Figura 02 – Exemplo de manutenção preventiva em redes coletoras. ....	22
Figura 03 – Exemplo de manutenção corretiva em redes coletoras. ....	23
Figura 04 – Ilustração do exemplo de manutenção corretiva em RCE. ....	24
Figura 05 – Exemplo de varetas desentupidoras de esgoto. ....	24
Figura 06 – Ferramental utilizando em campo, pela equipe do caminhão hidrojetado. ....	25
Figura 07 - Exemplos de caminhões hidrojetados, hidrovácuo e combinados. ....	26
Figura 08 – Caminhão hidrojetado tipo combinado utilizado pela COSANPA na RMB. ....	27
Figura 09 – Fluxograma geral de destinação dos resíduos removidos de limpezas de RCE. ...	32
Figura 10 - ETE II, local de concentração dos resíduos removidos nas limpezas de RCE. ....	34
Figura 11 - Localização das unidades de negócios da COSANPA na RMB. ....	36
Figura 12 - Localização dos SES existentes em Belém, Ananindeua e Marituba, da RMB. ...	38
Figura 13 - Área de abrangência das manutenções das RCEs, na RMB. ....	39
Figura 14 - Gráfico comparativo de três períodos histórico de precipitações. ....	41
Figura 15 - Etapas desenvolvidas no trabalho. ....	43
Figura 16 – Planilha modelo utilizada em campo. ....	45
Figura 17 – Planilha modelo para resumo anual das alturas (h) coletadas em campo. ....	46
Figura 18 - Ilustração dos tanques horizontais e hipóteses para os cálculos. ....	47
Figura 19 - Ilustração das áreas do setor circular, triângulo isósceles e do segmento circular. ....	49
Figura 20 - Planilhas comparativa entre os volumes determinados e os medidos por cubagem. .....	50
Figura 21 – Materiais e equipamentos utilizados na determinação da umidade. ....	51
Figura 22 - Passo a passo desenvolvido na Etapa 1. ....	52
Figura 23 - Fluxograma resumo das ações na Etapa 2. ....	53
Figura 24 – Passo a passo resumo das ações na Etapa 3. ....	54
Figura 25 - Informações de identificação dos caminhões hidrojetados. ....	55
Figura 26 – Vista interna do caminhão da COSANPA. ....	56
Figura 27 – Vista interna de um dos caminhões da prestadora de serviço. ....	57
Figura 28 – Implantação da conexão retentora em um dos caminhões da prestadora de serviço. .....	59
Figura 29 – Local receptor da parte líquida obstruído. ....	60
Figura 30 – Resíduos removidos no local receptor da parte líquida obstruído. ....	60
Figura 31 – Resíduos removidos das limpezas das RCEs, areias pedregulhos e líquidos. ....	63

Figura 32 – Descarga de líquidos na drenagem.....	64
Figura 33 – Descarga de líquido no canal de saída do efluente tratado do reator UASB. ....	64
Figura 34 – Resíduos grosseiros e gorduras removidas em limpezas das RCEs.....	65
Figura 35 - Registros coleta das alturas dos resíduos decantados nos tanques dos hidrojetos.	66
Figura 36 - Padiola para cubagem dos volumes de resíduos. ....	68
Figura 37 – Cubagem de volume de resíduos removidos em limpezas de RCEs.....	68
Figura 38 – Caminhão posicionado para a cubagem de resíduos removidos das RCEs.....	69
Figura 39 – Alturas (cm) coletadas no ano de 2022 dos resíduos dos tanques nos hidrojetos.	69
Figura 40 – Planilha comparativa entre os volumes determinados e os medidos por cubagem. .....	71
Figura 41 – Coleta de amostra para determinação do percentual de umidade natural dos resíduos.....	71
Figura 42 – Sequência de registros do 1º dia-26/12/2023.....	73
Figura 43 – Sequência de registros do 09º dia-03/01/2024.....	74
Figura 44 - Determinação do percentual de umidade natural dos resíduos.....	74
Figura 45 - Modelos de planilhas utilizadas na determinação de volumes dos resíduos. ....	76
Figura 46 - Volume de areias removidas no ano de 2022. ....	79
Figura 47 – Alternativas para implantação do local de acondicionamento dos resíduos. ....	82
Figura 48 – Fluxograma geral dos resíduos líquidos descarregados no local de acondicionamento. ....	84
Figura 49 – Fluxograma geral dos resíduos sólido não grosseiro no local de acondicionamento. ....	85
Figura 50 – Fluxograma geral dos resíduos sólido grosseiro no local de acondicionamento. .	86
Figura 51 – Registros fotográficos da execução do local de acondicionamento dos resíduos.	86

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01 – Resultados obtidos dos teores de metais, umidade higroscópica e granulometria. .....	30
Tabela 02 - Planilha modelo a ser utilizada na organização dos dados de campo. ....	44
Tabela 03 – Serviços realizados nos três meses mais e menos chuvosos do ano de 2022. ....	61

## **ABREVIATURAS**

CI – Caixa de Inspeção

CP – Caixa de Passagem

EEB – Estação Elevatória de Esgoto Bruto

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

GSAN – Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento

M<sup>3</sup> - Metro cúbico

PV – Poço de Visita

PPGESA – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

RCE – Rede Coletora de Esgoto

RCES – Rede Coletora de Esgoto Sanitário

SES - Sistema de Esgotamento Sanitário

TIL – Terminal de Inspeção e Limpeza

TL – Terminal de Limpeza

TQ – Tanque

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket

## **SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

COSANPA – Companhia de Saneamento do Estado do Pará

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira

NR – Normas Regulamentadoras

UERC – Unidade Executiva de manutenções de Redes Coletoras de esgoto sanitário

UNs – Unidades de Negócios

USTE – Unidade de Serviços de Manutenção de redes coletoras e Tratamento de esgoto sanitário

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Gerais.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Específicos .....</b>	<b>19</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Limpezas De Rede Coletoras De Esgoto Sanitário.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Resíduos Das Limpezas De Rede Coletoras De Esgoto Sanitário .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Destinação Final De Resíduos Removidos Nas Limpezas De Rces .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4 Bases Legais Justificando O Gerenciamento De Resíduos De Saneamento.....</b>	<b>32</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Áreas De Estudo .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Definições Do Período De Pesquisa.....</b>	<b>41</b>
<b>4.3 Etapas Da Pesquisa.....</b>	<b>42</b>
4.3.1 Etapa 1: Determinação do volume de resíduo não grosseiros removido das RCEs....	43
4.3.3 Etapa 2: Local adequado para: acondicionamento e armazenamento para destinação desses resíduos.....	52
4.3.4 Etapa 3: Proposta de metodologia para gerenciamento de resíduos removidos nas limpezas de RCE .....	54
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 Etapa 1: Estimativa Dos Volumes De Resíduos Removidos Nas Limpezas Das RCEs</b>	<b>55</b>
5.1.1 Características dos hidrojetos utilizados .....	55
5.1.2 Levantamento de informações gerenciais disponíveis .....	61
<b>5.2 Etapa 2: Local De Acondicionamento E Armazenamento Para Destinação Dos Resíduos De RCE.....</b>	<b>81</b>
<b>5.3 Etapa 3: Proposta De Metodologia De Gerenciamento Dos Resíduos Removidos Nas Limpezas De RCE.....</b>	<b>88</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>91</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES .....</b>	<b>93</b>

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE 1 - Croqui do local de descarga e acondicionamento dos resíduos .....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE 2 – Planta da rede coletora para descarga da parte líquida dos resíduos, conectando o PV anexo do local de acondicionamento ao PV da EEEB-4.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE 3 - Corte A da rede implantada no local de descarga e acondicionamento dos resíduos.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE 4 - Corte B da rede implantada no local de descarga e acondicionamento dos resíduos.....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE 4 - Vista frontal e lateral do local de acondicionamento dos resíduos .....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE 5 – Lista de materiais utilizados na execução do local de acondicionamento dos resíduos .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO - Proposta de Metodologia de Gerenciamento de Resíduos Removidos em Limpezas de RCE .....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As organizações humanas em cidades, em geral, demandam da necessidade de infraestruturas urbanas de saneamento básico: sistemas de abastecimentos de água, de esgotamento sanitário, coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos e sistemas de drenagens pluviais urbanas. Essas infraestruturas são imprescindíveis para a manutenção da qualidade da vida humana e a conservação do meio ambiente. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), “o saneamento básico é essencial para prevenir doenças e melhorar a qualidade de vida” (OMS, 2020). Além disso, estudos indicam que “os sistemas de saneamento são fundamentais para a proteção dos recursos hídricos e a saúde pública” (HUTTON & CHASE, 2016).

Nos sistemas de esgotamento sanitário existe a unidade de coleta e transporte de esgoto sanitário, as Estações Elevatórias de Esgoto Bruto sanitário (EEB) e Estações de Tratamento de Esgoto sanitário (ETE). No caso da unidade de coleta, tem a função de coletar e transportar os dejetos humanos para tratamento adequado (ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 2000). E conforme NBR 9649/1986, é constituída de ramais prediais, para coletar o esgoto sanitário das edificações, e direcioná-lo à rede coletora através de dispositivos de inspeções como: Terminais de Limpezas-TLs e Caixas de Inspeções-CIs. A rede coletora de esgoto-RCE por sua vez, possui também dispositivos de inspeções e limpezas que são os Poços de Visitas-PVs, Terminais de Inspeções e Limpeza-TILs. E são geralmente, através das tampas, singularidades e acessórios de visita e de inspeções, que tanto na rede coletora, como nos ramais prediais, os resíduos indesejáveis acessam a unidade de coleta. Outros acessos podem ser citados, como por exemplo, conexões e juntas mal implantadas, bem como, em ocorrências de fissuras ou rompimentos das tubulações (METCALF & EDDY, 2016).

Com o acesso de resíduos indesejáveis a rede coletora torna-se imprescindível os serviços de manutenção (corretiva e preventiva) para preservação da eficiência de funcionamento e, um dos serviços essenciais das manutenções são os de desobstrução e limpeza dos ramais prediais e redes coletoras de esgoto sanitário-RCESSs, que são em geral realizadas mecanicamente, com uso de caminhões hidrojetos combinado (hidro vácuo), e manualmente, com varetas desentupidoras (PEREIRA e SILVA, 2010).

A grande maioria dos serviços de limpeza de redes coletora atualmente são realizadas mecanicamente com hidrojateadores, tipo combinado, que possuem tanque/reservatórios, em geral de forma geométrica cilíndrica, divididos em três compartimentos, sendo de 0.5 m<sup>3</sup>, para água limpa do sistema hidráulico, outro para armazenamento dos detritos de capacidade 50% do total do tanque e outro para água limpa a ser utilizado na mangueira de alta pressão. Esses

tanques de armazenamentos, são projetados para utilização com alto vácuo, até 700 mmHg e pressão, até 0,7 Kgf/cm<sup>2</sup>. Dotado ainda, de uma válvula de segurança/retenção, ajustada para abertura com 0,5 Kgf/cm<sup>2</sup> para evitar que a pressão interna ultrapasse esse valor. E circuito pneumático (ligação do vácuo-compressor ao tanque) onde a válvula de retenção é responsável pelo bloqueio da formação do vácuo interrompendo a ação de sucção, sendo instalada no início do circuito pneumático, para entrar em ação quando o tanque atingir o nível cheio (PROMINAS, 2015). E é quando são realizadas as limpezas dos tanques de detritos desses caminhões hidrojateadores, para em seguida começar novo ciclo de usos desses caminhões.

Ao se atingir os níveis exigidos para a limpezas desses tanques, é possível observar que os resíduos retidos nos tanques de detritos desses caminhões hidrojateadores, em geral, são constituídos por materiais grosseiros, em menor quantidade como: madeiras, pedras, plásticos e, em maior quantidade: de solos como: areias, argila e siltes misturados a partículas menores sólidas de matéria orgânica ativa.

Também se observa, que esses resíduos podem gerar sérios riscos ao meio ambiente e a saúde humana, neste último os operários que ficam expostos a esses riscos biológico, ao manusearem estes resíduos, devendo utilizar equipamentos de proteção individual (EPIs) como: luvas, botas, jardineiras, óculos de proteção, máscaras e capacetes, visando minimizar a exposição aos riscos biológicos, NR-32 (BRASIL, 2019), pois esses resíduos por estarem misturados ao esgoto sanitário são ricos em patógenos e contaminantes nocivos à saúde humana. E ao meio ambiente quando descartado *in natura*, sem tratamento adequado gera degradação ao solo e aos aquíferos subterrâneos pela infiltração da parte líquida.

Legalmente os descartes *in natura* no meio ambiente trazem consequências aos prestadores desses serviços, tornando-os passivos às penalidades legais, como nos artigos nº 60 e 61 da lei de crimes ambientais nº 9.605/1998 (BRASIL,1998), de sofrerem notificações e multas por agências reguladoras, a exemplo do capítulo IV da lei nº 9.576/2020 (BELÉM, 2020) na cidade de Belém.

E para eliminar os riscos à saúde humana, ao meio ambiente e até os passivos jurídicos ambientais, os prestadores dos serviços de manutenção de RCE devem atentar para o artigo 20 da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS, considerando as alíneas, tornando os geradores de resíduos sólidos a elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos. E para elaboração de um plano de resíduos, mais especificamente dos resíduos removidos nos serviços de desobstrução de RCE, é imprescindível a caracterização quanti e qualitativa para que seja determinado o volume gerado mensalmente e a classificação físico química e biológica desses resíduos.

A partir das informações supracitadas surgem alguns questionamentos. No tocante aos resíduos removidos nas limpezas de rede coletora, que são succionados, armazenados e transportados nos tanques dos caminhões hidrojateadores. O que fazer com esses resíduos? Qual o destino ambientalmente adequado a esses? Pois nesses resíduos, além das partes sólidas/grosseiras, já citadas anteriormente, possuem também uma parte líquida, que deve retornar ao sistema de coleta do SES e, uma parcela, formada por sólidos (maior parte areias) e líquidos, de cujo o tamanho (volumétrico) também é desconhecido, em relação ao todo dos resíduos removidos nas atividades de limpezas de redes coletoras. E esse conhecimento é fundamental para a determinação do espaço adequado para o acondicionamento e tratamento desses resíduos.

A partir do conhecimento das características desses resíduos poderão ser analisados e indicados, por exemplo, subprodutos formados e os possíveis usos desses resíduos, Villa e Ryals (2021), apresentaram estudos sobre resíduos removidos de caixa de areia das ETEs que apontam a possibilidade de utilização na recuperação do solo para agricultura. E segundo Yamane, (2007) e Borges *et al* (2016), também podem ser utilizados na indústria da construção civil. E apesar de, serem estudos de resíduos removidos do tratamento preliminar de ETEs, deve-se considerar a falta de estudos dos resíduos somente da unidade de coleta e que transporta tanto os esgotos quanto parte dos resíduos em questão vão parar nas unidades de tratamento preliminar das ETEs do SES dessa unidade de coleta.

Com isso, este trabalho tem o propósito final de subsidiar a concessionária estadual, a implementar instrução normativa de gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário, bem como, subsidiar na implantação de seu plano de gerenciamento dos resíduos gerados nos serviços de manutenção e operação de SESs. Sendo para isso, proposto uma metodologia com protocolos técnicos práticos, desenvolvida para o gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras dos SESs dos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba, onde atualmente a concessionária responsável pelas manutenções nos sistemas de abastecimento de água - SAAs e esgotamento sanitário - SESs é a Companhia de saneamento do estado do Pará-COSANPA. De uma forma geral, no desenvolvimento deste trabalho são necessárias três Etapas básicas, em que nas Etapas 1 e 2 deve ser identificado as características qualitativa e quantitativa dos resíduos removidos nos serviços de limpezas do sistema de coleta de esgoto sanitário. E por fim na Etapa 3, a partir de análise das informações de características do SESs, onde são concentrados os resíduos em questão, faz-se a indicação de locais para o correto acondicionamento e as possíveis destinações ambientalmente adequada, visando atender parte dos objetivos previstos na Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Gerais**

Propor uma metodologia de gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras de esgoto-RCE sanitário na RMB.

### **2.2 Específicos**

1. Determinar o volume (m<sup>3</sup>) de resíduos não grosseiros removidos, nas limpezas e desobstrução de RCE, nos três meses mais e menos chuvosos;
2. Indicar local tecnicamente adequado para: acondicionar, tratar e dispor à destinação final desses resíduos;
3. Apresentar resumo de uma metodologia para gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Para o embasamento técnico-científico deste trabalho foram consultados artigos científicos, publicações de dissertações e teses. E para delimitação e definição de acervo a ser utilizado com referencial teórico foi realizado busca sistematizada o Portal de Periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação (MEC) e Google Scholar.

As palavras-chave pesquisadas foram as relacionadas a: limpezas de redes coletoras, resíduos removidos em limpezas de redes coletoras e planos de gerenciamento de resíduos de saneamento. E para a busca no idioma inglês foram consideradas as palavras-chaves: cleaning, collection networks, waste removed, sewage waste management.

Os buscadores utilizados foram o CAPES e o Google Scholer, tendo sido aplicados os filtros: período último 20 anos, qualquer idioma, ordem de relevância, com os booleanos E, AND e OR. Porém para essa configuração o retorno foi de 0 (zero) publicações relacionadas especificamente a gerenciamento de resíduos de removidos de limpezas de RCE. O que aumenta a importância de se produzir trabalhos de pesquisas relacionadas a esse assunto.

#### **3.1 Limpezas De Rede Coletoras De Esgoto Sanitário**

Os sistemas de coletas devem ser bem mantidos, pois do contrário haverá ocorrências de obstrução nas redes coletoras e ramais prediais, e com isso refluxos de esgoto sanitário nas vias e exposição da população atendida por contaminação a patógenos presentes no esgoto sanitário (Pereira e Silva, 2010).

Os mesmos autores, citados anteriormente, comentam que a correta manutenção e operação do sistema de coleta nos SESs, favorece o cumprimento de seu objetivo principal, que é o devido afastamento, da população atendida, de suas excretas, eleva a qualidade de vida, melhora indicadores de saúde pública, e ainda, favorece as rotinas de operação das unidades de tratamento das ETEs nos SESs e, por fim, contribui para boa imagem da concessionária e os índices de satisfação junto a população atendida.

A limpeza regular das redes de esgoto é crucial não apenas para assegurar o funcionamento eficiente do sistema de coleta, mas também para evidenciar sua importância ao atingir a vida útil planejada do projeto. Quando o sistema opera com eficiência, a necessidade de expansão devido ao crescimento populacional pode ser atendida simplesmente aumentando a extensão da rede existente, evitando assim grandes investimentos em um novo sistema de coleta completo. Isso contribui significativamente para uma gestão mais eficaz dos recursos públicos.

Durante a manutenção das redes de esgoto e das ligações prediais de esgoto sanitário, os resíduos mais comuns são os sólidos, tais como fio dental, papel, brinquedos, latas de bebida, absorventes, componentes plásticos e gordura originada do descarte de óleo de cozinha pelos ralos das pias (SILVA et. al, 2014).

As limpezas de rede coletoras podem ser classificadas por três tipos: preditivas, preventivas e corretivas. As preditivas estão relacionadas com a finalidade de monitorar a vida útil do material da rede coletora, utilizando tecnologias avançadas (vídeo inspeção) e mão de obra especializada, já as preventivas estão relacionadas com a funcionalidade da rede coletora, com realização de inspeções em pontos estratégicos da rede coletora com a finalidade de evitar possíveis obstruções e assim ocorrências de rompimentos, o que exige a execução de manutenções corretivas. Por último as preventivas estão relacionadas com a satisfação da população atendida, ou seja do cliente, sempre que este solicitar os serviços de manutenções e por isso está diretamente relacionada com a imagem da empresa.

Na Figura 01, parte “a” e “b”, está apresentado exemplo de manutenção preditiva com uso de plantas de cadastros técnicos e equipamentos de vídeo inspeção, para no caso do exemplo, avaliar as condições internas de um coletor tronco de uma determinada bacia de esgotamento sanitário.

Figura 01 – Exemplo de manutenção preditiva em redes coletoras.



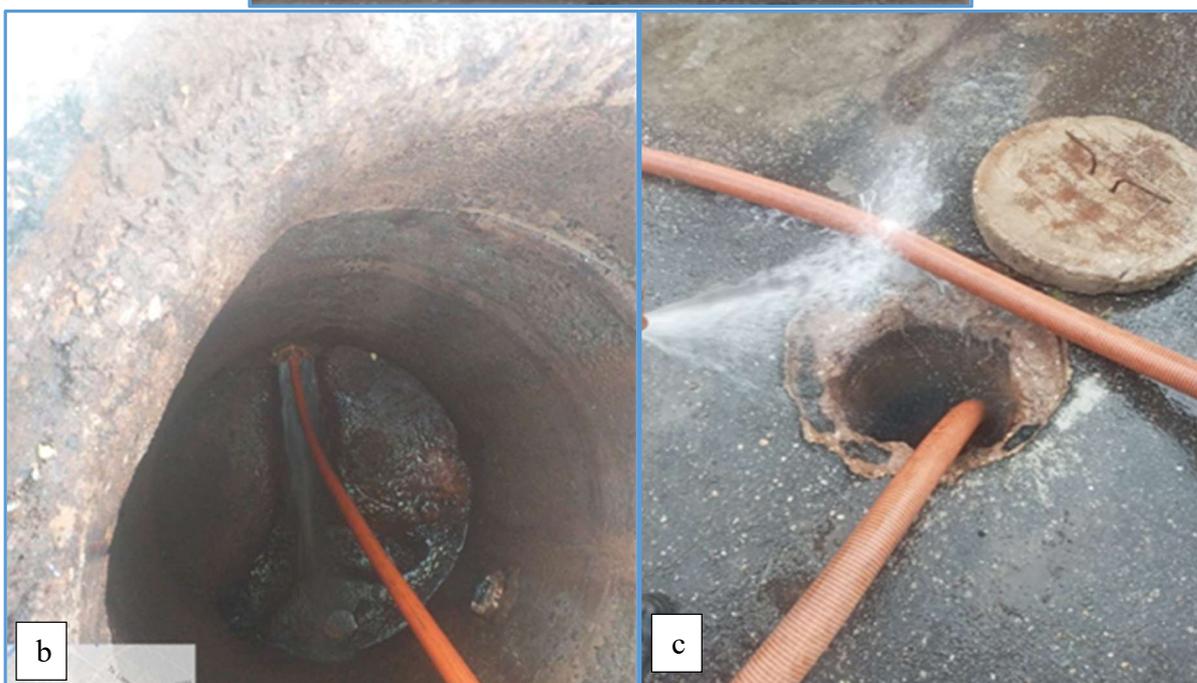
Fonte: Acervo do autor, 2022.

Na Figura 02 está apresentado exemplo de manutenção preventiva com uso de caminhões hidrojetos para constatação de funcionamento da rede coletora de esgoto sanitário. Sendo na parte “a” o jateamento da rede coletora através PV, com duas entradas e uma saída,

na parte “b”, a localização do posicionamento do equipamento hidrojateador e a parte c, a limpeza de finalização da via, para conclusão do serviço.

Para as ações de prevenção são importantes as informações gerenciais de monitoramento e indicadores e mapas tipo de calor indicando a periodicidade e frequência com cada área demanda por serviços de manutenções.

Figura 02 – Exemplo de manutenção preventiva em redes coletoras.



Fonte: Acervo do autor, 2017.

Na Figura 03 está apresentado registros de atividades de manutenções corretivas de limpezas/desobstrução de RCE, tais como: (a) Consultas em plantas cadastrais, para identificação das características da coletora de esgoto sanitário de, profundidade, Diâmetro Nominal e sentido da RCE; (b) Inspeção de PV, com execução de escavações para acesso aos PVs; (c) Limpeza/desobstrução da rede coletora com usos de equipamento mecânico, caminhões hidrojetadores.

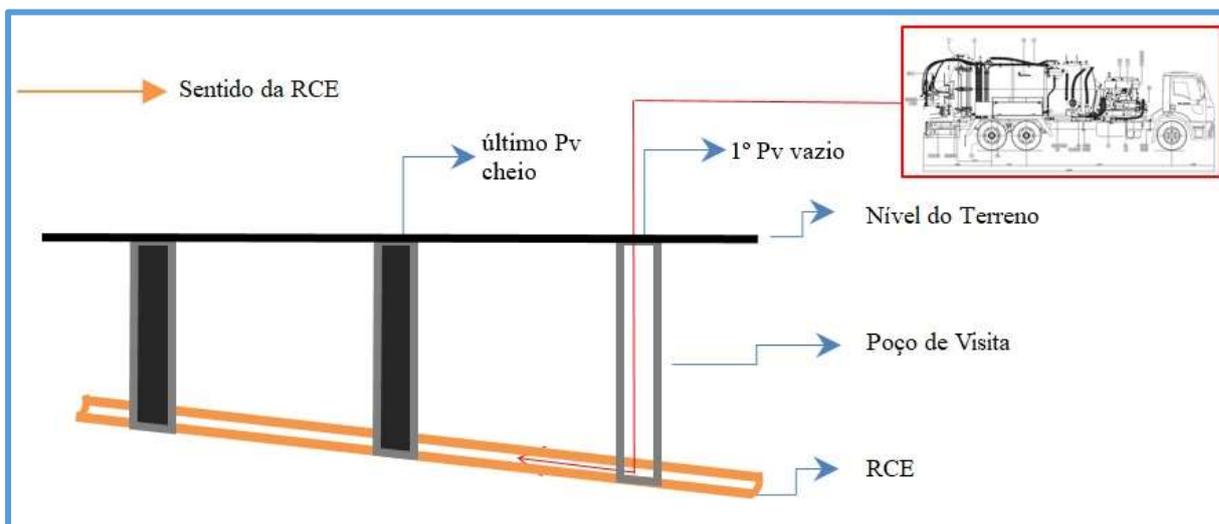
Figura 03 – Exemplo de manutenção corretiva em redes coletoras.



Fonte: Acervo do autor, UERC/COSANPA, 2017.

Para melhor ilustrar esse exemplo de manutenção corretiva de limpeza/desobstrução de RCE é apresentado na Figura 04, o ponto específico onde deve-se iniciar os serviços de limpeza de RCE com uso de hidrojatos. De forma geral deve-se identificar primeiro o sentido da RCE, em seguida o trecho com último Pv cheio e o primeiro PV vazio, onde deve ser inserido a mangueira de alta pressão sempre no sentido de jusante para montante, ou seja, sentido contrário ao da RCE e assim, comece o hidrojateamento da RCE.

Figura 04 – Ilustração do exemplo de manutenção corretiva em RCE.



Fonte: Autor, 2024.

Os serviços de limpeza de redes coletoras e seus acessórios são realizados basicamente de duas formas: manual e mecanizada.

A limpeza de forma manual exige menos tecnologia, não utiliza equipamentos eletromecânicos, é mais arcaica, exige mais esforço físico humano, menos eficiente e expõe mais o trabalhador a riscos biológicos do esgoto. Ainda é bastante utilizada em redes condominiais tipo fundo de lote, em que não há a possibilidade de acessar a rede com equipamentos mecânicos. Essa forma de limpeza utiliza varetas desentupidoras, conforme Figura 04, e o ferramental básico como: pá, picaretas, alavanca, baldes, cordas, gadanho, espátula adaptada, tubo para alavanca de força, cones, placas e fita zebra para sinalizações, conforme Figura 05, além de todos os EPIs recomendados na NR06.

Figura 05 – Exemplo de varetas desentupidoras de esgoto.

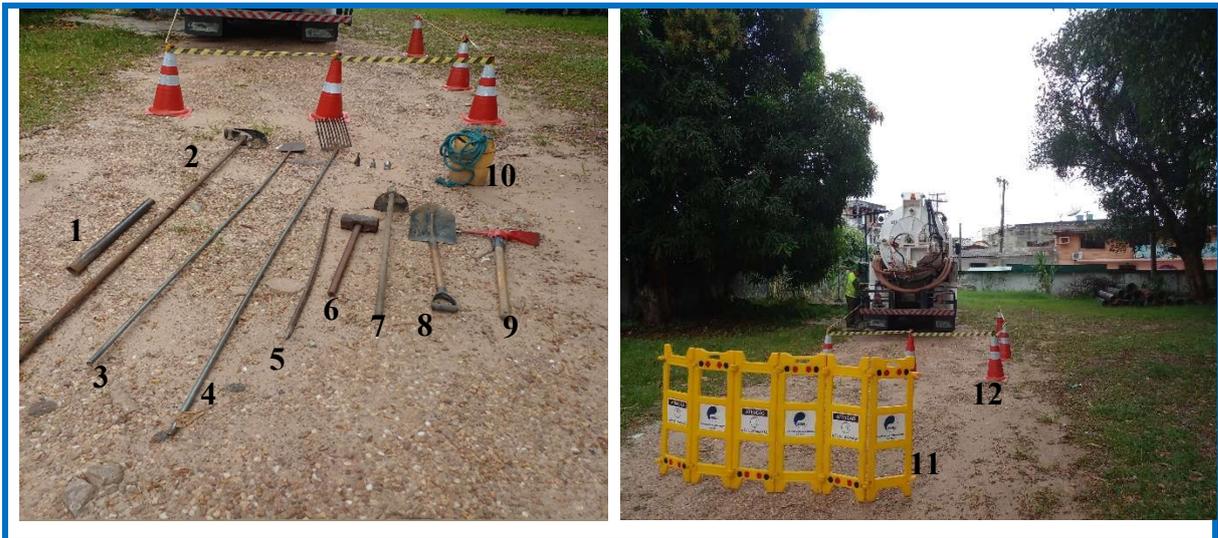


Fonte: Acervo do autor, 2024.

No exemplo da Figura 05 as varetas desentupidoras são em aço, de comprimento de 1,52 m, item 1 e 2,0 m, item 2, e Ø 5/16", as pontas em formato de seta, item 3, e a manivela, item 4, em formato de L, foram fabricados na oficina eletromecânica da COSANPA. Pois há a possibilidade de aquisição no mercado do kit completo ou de apenas as varetas, sem as pontas e a manivela, o que torna mais acessível.

Na Figura 06 estão apresentados o ferramental utilizados nos serviços de limpeza de redes coletoras de esgoto sanitário.

Figura 06 – Ferramental utilizando em campo, pela equipe do caminhão hidrojetado.



Fonte: Acervo do autor, 2022

Legenda:

- 1- Tubo em ferro utilizado como braço de alavanca, para abrir e fechar registros de descarga e sucção;
- 2- Gui da mangueira de alta pressão, utilizado para inserir a mangueira na tubulação;
- 3- Espátula adaptada para usos dentro PV, nas entradas e saídas das tubulações;
- 4- Gadanho adaptado para limpezas dos PV;
- 5- Alavanca, em ferro, utilizadas nas aberturas e inspeções dos PVs;
- 6- Marreta de 10 kg, utilizada nas aberturas de PVs e demolições de asfalto;
- 7- Enxada, média, utilizada nas limpezas dos tanques de detritos e dos locais de serviço em campo;
- 8- Pá com cabo, utilizada principalmente, nas limpezas dos PVs;;
- 9- Picareta, utilizadas nas aberturas e inspeções dos PVs o;
- 10- Balde, em PVC, 20 L, para remoção de detritos, nas limpezas manuais de PVs;
- 11- Placas de sinalização, em PVC;
- 12- Cones de sinalização, em PVC e fita zebraada, para sinalizações em vias públicas;

Quanto aos serviços de limpezas mecanizadas são os que utilizam equipamentos eletromecânicos propulsores de varetas desentupidoras, veículos dimensionados com equipamentos hidrojateadores, a vácuo, alto vácuo e combinado tipo hidrovácuo, conforme exemplificado na Figura 07, e em diferentes configurações e dimensionados para diferentes usos. Também nessa forma de limpezas se utiliza o ferramental básico como: pá, picaretas, alavanca, baldes, cordas, gadanho, espátula adaptada e todos os EPIs recomendados na NR 06.

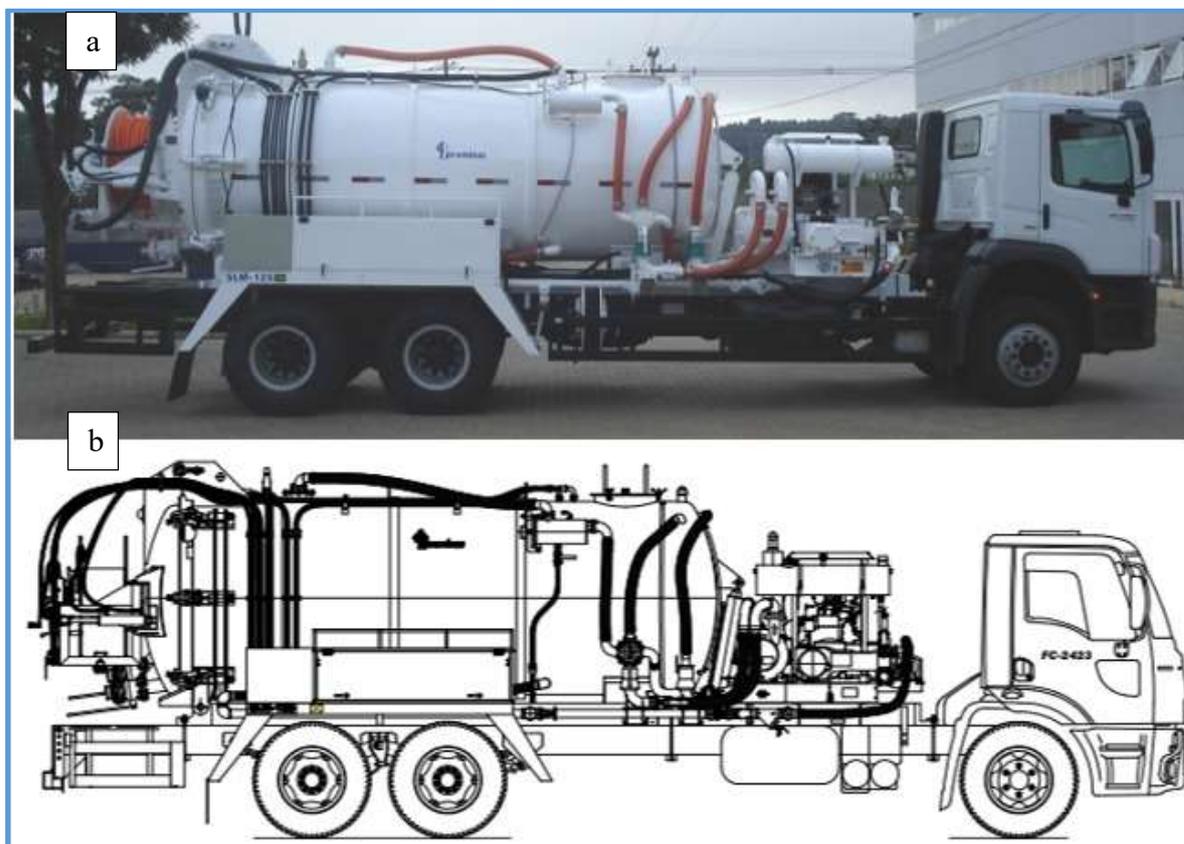
Figura 07 - Exemplos de caminhões hidrojatos, hidrovácuo e combinados.



Fonte: Adaptado de Leite (2022) pg. 56, apud BRASIL, 2008.

Na COSANPA, por exemplo, são utilizados os caminhões do tipo combinado (hidrojato e hidrovácuo) para a realização dos serviços de limpeza das redes coletoras de esgoto sanitário, conforme a Figura 08.

Figura 08 – Caminhão hidrojato tipo combinado utilizado pela COSANPA na RMB.



Legenda:

a- Foto ilustrativa de um dos caminhões utilizados pela COSANPA;

b- Adaptado do manual de operação e manutenção do caminhão hidrojetado utilizado pela COSANPA.

Fonte: Adaptado de manual da PROMINAS, fornecedora dos hidrojetadores à COSANPA, 2015.

Em geral as limpezas de rede coletora de esgoto sanitário geram algum tipo de resíduo, devido a remoção seja de sólidos grosseiros, como pedras, madeiras, garrafas PET, seja por sólidos sedimentados nas redes coletoras, poços de visitas e caixas de inspeções, como areias em diferentes granulometrias misturadas a gorduras, a matéria orgânica e o residual líquido contido no esgoto sanitário.

### 3.2 Resíduos Das Limpezas De Rede Coletoras De Esgoto Sanitário

A Lei Federal 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define, quanto a origem, resíduos sólidos no artigo 3º inciso XVI:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível [...] (BRASIL, 2010).

Ainda quanto a origem a mesma Lei em seu artigo 13, inciso I, atribui uma das classificações de resíduos sólidos os resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, ou

seja, serviços públicos de sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e drenagem pluvial, BRASIL (2010).

Ainda quanto a classificação CEMPRE (2018) relata que os resíduos sólidos podem ser classificados quanto sua natureza física (seco e molhado), química (matéria orgânica e inorgânica) e pelos riscos potenciais ao meio ambiente (perigosos, não perigosos, inertes, não inertes).

Quanto a resíduos oriundos especificamente de limpezas de redes coletoras Silva (2022) realizou caracterização de sedimentos em redes coletoras e observou a escassez de trabalhos técnicos nacionais nessa temática e, os encontrados utilizam como ponto de estudo os poços úmidos de ETEs.

Yamane (2007) constatou que as características das areias que acessam os poços úmidos, de modo geral, são similares às que decantam em poços de visitas e nas redes coletoras. Enfatizado por Lia Ramos e Flores (2009), que também frisam a importância do conhecimento e da evolução temporal das características físicas, químicas e biológicas.

O foco central de Yamane (2007) foi avaliar a eficiência da caleagem (adição e mistura de cal, até atingir pH 12 ou superior) e da insolação natural na higienização do resíduo de caixa de areia através da avaliação da redução de bactérias do grupo coliforme e de ovos de helmintos. Tendo concluído que o uso da caleagem, na higienização do resíduo de caixa retentora de areia, a partir da dosagem de 10% de cal, pode ser considerada eficiente na remoção de bactérias e ovos de helmintos após uma semana de tratamento e a dosagem a partir de 15% de cal, eficiente após 48 horas de tratamento.

Já Silva (2022) estudou especificamente em redes coletoras de esgoto sanitário realizou a caracterização físico-química dos resíduos semissólidos sedimentados em redes coletoras de esgoto sanitário de três pontos de coletas: Sistema de coleta conhecido por “Sistema Antigo” e o SES PROSEGE de Belém-PA e o SES Viver Marituba, em Marituba-PA. Tendo sido coletado, 0,5 kg de semissólido e aproximadamente 4 L de líquido para as análises químicas (BTEX da parte líquida e para alguns metais pesados da parte sólido úmido). Uma parcela de 5 a 10 kg de material em estado semissólido foi destinada para as análises físicas (umidade - %, granulometria - %, massa específica - g/cm<sup>3</sup>, limite de liquidez - % e limite de plasticidade - %). As coletas foram realizadas considerando a sazonalidade de Belém, como os dois períodos do ano, no menos chuvoso foram realizadas no mês de agosto de 2020 e as do período mais chuvoso, foram realizadas nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2021. Considerou-se também as condições socioeconômicas dos três pontos amostrados. Na Tabela 01 estão resumidos os resultados físicos e químicos obtidos, como características qualitativas, das areias

ou resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras realizadas nos municípios de Belém SES-Sistema Antigo e PROSEGE e no município de Marituba.

Tabela 01 – Resultados obtidos dos teores de metais, umidade higroscópica e granulometria.

SESs		SES - S. Antigo (Reduto)		PROSEGE-Marambaia		Viver Marituba-MCMV	
PARÂMETROS		Menos Chuvoso	Mais Chuvoso	Menos Chuvoso	Mais Chuvoso	Menos Chuvoso	Mais Chuvoso
GRANULOMETRIA (%)	Areia Média	12,84	14,1	17,1	28,6	16,44	17,46
	Areia Fina	68,85	70,77	62,08	48,07	59,67	62,71
	Areia Grossa	2,06	1,54	1,07	6,22	4,14	5,15
	Pedregulho		1,62	1,24	1,94	1,68	2,36
	Argila		10,01	9,47		5,68	7,62
	Silte	7,58	1,97	9,02	8,64	12,08	4,7
	Outros	8,67	0	0,02	6,53	0,31	0
UMIDADE (%)	h-%	1,7	0,48	0,66	3,27	2,19	0,52
METAIS (mg/L)	BTEX	*	*	*	*	*	*
	Fe	30,63	3,53	57,75	3,95	nd	nd
	Al	69,47	2,05	285,15	1,9	70,14	nd
	Pb	nd	nd	nd	nd	138,37	0,0042
	Ca	nd	nd	nd	nd	nd	3,82

#### LEGENDA

**Outros:** Outros sólidos como: caroços de frutas, matéria orgânica, lasca de madeiras e folhas;

**nd** Não detectável para o método utilizado;

\* Valores muito abaixo dos limites estabelecidos Resolução CONAMA N°430/2011;

**h%** Umidade higroscópica, medida em laboratório.

Fonte: Adaptado de SILVA, 2022.

Em termos percentuais observa-se, de modo geral, 98 % são areias finas, médias e grossas, argilas e siltes. E os 2% restante de outros sólidos como matéria orgânica, caroços de furta, folha e lascas de madeiras. Indicando possível potencial para reúsos das areias analisadas.

Ainda sobre o trabalho apresentado por SILVA (2022), para uma completa caracterização qualitativa, observa-se a ausência das características biológicas, como por exemplo, o número de ovos de helmintos em uma amostra e, nas características físicas, ausência

do percentual de umidade natural de uma amostra. Características importante para o gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas das RCE.

### **3.3 Destinação Final De Resíduos Removidos Nas Limpezas De Rces**

A destinação ambientalmente adequada dos resíduos oriundos dos serviços de limpeza de redes coletoras contribui diretamente para o aumento da vida útil de aterros sanitários, qualidades do solo, dos corpos receptores e a saúde pública da população atendida por esses serviços de saneamento.

Para a determinação de local adequado ao recebimento, acondicionamento e higienização desses resíduos deve ser considerado a existência ou não de estação elevatória de esgoto sanitário ativa, com viabilidade técnica de recebimento desses resíduos. O ideal é que a implantação desse local seja anexa ou próxima a uma unidade preliminar de uma estação de esgoto sanitário (EEEs ou ETEs), pois facilitará o encaminhamento da parte líquida para o tratamento biológico.

Porém na inexistência de estações de esgoto sanitário viável, a exemplo do sistema antigo e do Macrodrenagem, deve ser estudado alternativas tecnológicas para implantação, no local de lavagem dos caminhões hidrojetados, de tal forma que seja sanitariamente seguro o manejo desses resíduos, e possibilite o tratamento da parte líquida.

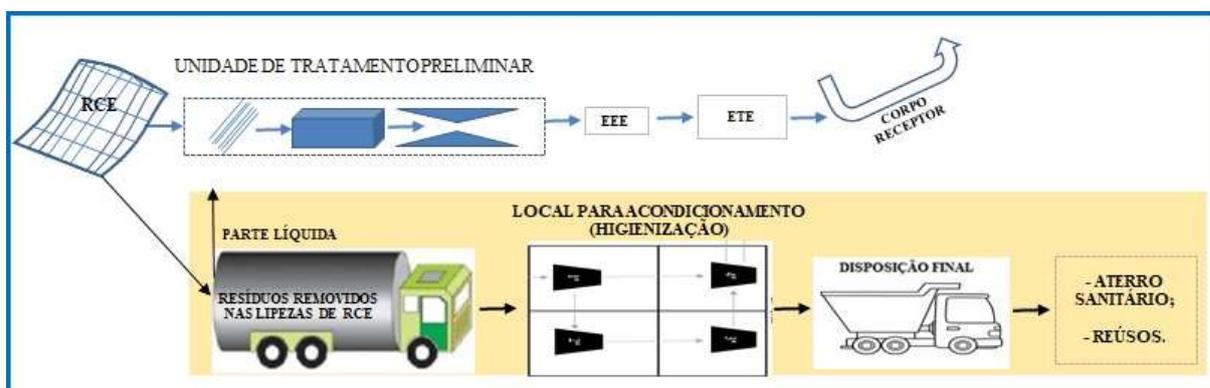
O ideal é que a parte líquida seja direcionada a uma unidade de tratamento a nível secundário, seguida de unidade de desinfecção. Já a parte sólida, especificamente os grosseiros, como: pedras, pedregulhos, madeiras, e plásticos em geral devem passar por higienização com caleagem e insolação, para em seguida serem dispostos a reciclagem, reuso e aterros sanitários.

Já a parte dos resíduos não grosseiro como: areias (finas, médias e grossas) e demais solos, devem passarem por processo desidratação ou secagem, com insolação por exemplo e higienização com caleagem, cloração e insolação (uv) para serem analisada a possibilidade de reuso na agricultura, na recuperação de áreas degradadas e nas indústrias da construção civil, onde por exemplo, que encontra-se carente de novas alternativas para obtenção de areias, visto que a exploração de areia natural em leitos de rios, cavas e áreas de restinga, tem grande potencial de degradação ambiental e tem sido cada vez mais restrita pelos órgãos de fiscalização ambiental, (YAMANE, 2007).

Essas areias, após higienização, também podem ser reutilizadas em obras de saneamento, como: assentamento de tubulações de ramais prediais e redes coletoras de esgoto sanitário, drenagens pluviais, assim como recomposições e preparo de base para recapeamento asfáltico.

Na Figura 09 está apresentado um fluxograma geral da destinação dos resíduos removidos em limpezas das RCE.

Figura 09 – Fluxograma geral de destinação dos resíduos removidos de limpezas de RCE.



Fonte: Autor,2024.

### 3.4 Bases Legais Justificando O Gerenciamento De Resíduos De Saneamento

Da Constituição Federal de 1988, que trata do Meio Ambiente em seu Artigo 225, está explícito que:

[...] todos têm direito ao **meio ambiente ecologicamente equilibrado**, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988).

Ainda no inciso 3º do mesmo artigo supracitado, está expresso que:

As condutas e atividades **consideradas lesivas** ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a **sanções penais e administrativas**, independentemente da obrigação de reparar os danos causados. (BRASIL, 1988).

Na Lei Federal 12.305/2010 é definido em seu artigo 3º e inciso XVII responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos como:

Conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas ...dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei. (BRASIL, 2010).

A Lei Federal 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), em seu artigo 3º, inciso IV apresenta o entendimento que **poluidor é o responsável** direto ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental (BRASIL, 1981).

Ainda conforme a lei 12.305/2010, os geradores estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de seus resíduos gerados e, nesta determinação estão **inclusos os geradores responsáveis por manter e operar sistemas de esgotamento sanitário**, ou seja, os

responsáveis pelos serviços de limpeza de redes coletoras de esgoto sanitário são sujeitos a elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

O PGRS é o documento técnico que contém a indicação e descrição de ações voltadas para o manejo dos resíduos sólidos, abordando as seguintes etapas: geração, segregação prévia, acondicionamento, transporte interno, armazenamento, coleta, transporte externo, tratamento, destinação final e disposição final ambientalmente adequada (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2022).

Já quanto as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, a Lei Federal nº 9.605/1998, imputa responsabilidade pelos problemas que podem ser causados pelo destino inadequado dos resíduos sólidos sempre do produtor do resíduo. Estando explícito nos artigos 2º, 3º e parágrafo único os que foram responsabilizadas administrativamente, civil e penalmente.

Artigo 2º- Quem, de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estes cominadas, na medida da sua culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la. (BRASIL, 1998).

Artigo 3º- As pessoas jurídicas foram responsabilizadas administrativa, civil e penalmente conforme o disposto nesta Lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade. (BRASIL, 1998).

Parágrafo único. A responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, autoras, coautoras ou partícipes do mesmo fato. (BRASIL, 1998).

Ainda na mesma lei em seu artigo 54, estão descritos os crimes ambientais e suas respectivas penalidades, destacando-se o inciso 2º que se referem aos crimes de tornar uma área, imprópria para a ocupação humana; de causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade; e de lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos, **a pena foi reclusão, de um a cinco anos**. E no inciso 3º alerta que incorre nas mesmas penas quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível, (BRASIL, 1998).

Por fim, em dezembro de 2017 foi noticiado em diversos veículos de comunicação a deflagrada a operação “Gramacho”, por suspeita de crimes ambientais, pela Polícia Civil do Pará e o Ministério Público do Estado do Pará, em que foram cumpridos 5 mandados de condução coercitiva, 3 de prisão preventiva, 16 de busca e apreensão, além de mandados para

proibição de contratar com o poder público, de ausentar-se do país e de garantir o funcionamento do aterro sanitário em Marituba (G1 Pará, 2017).

Tendo em face o cenário atual legal e a necessidade de se buscar implantar procedimentos para eliminar os possíveis crimes ambientais, que propõe-se essa elaboração de proposta de gerenciamento dos resíduos removidos nos serviços de limpeza das redes coletoras de esgoto sanitário, na RMB.

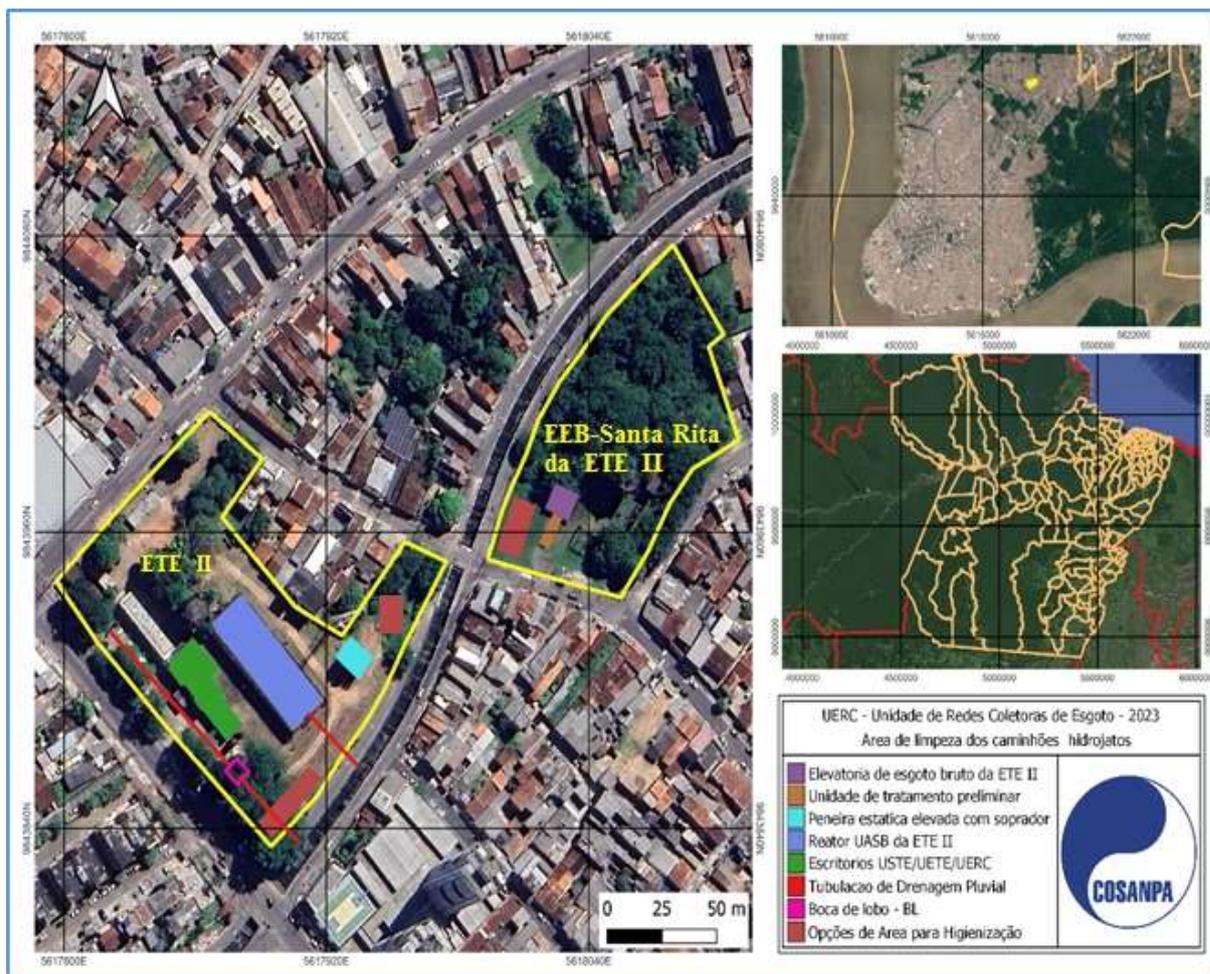
E por fim para efetiva implantação dessa metodologia será disponibilizado à concessionária de saneamento local, todas as informações obtidas neste trabalho para a diretoria de operações, para apresentação a diretoria presidente em reunião de diretoria, afim de que seja emitida Resolução de Diretoria-RD para implantação desse protocolo prático em todas as unidades da concessionária geradoras desses resíduos, até que seja implantado um plano de gerenciamento de resíduos que atenda essa demanda.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Áreas De Estudo**

Para definição da área de estudo observou-se que a unidade executiva de manutenção de redes coletoras – UERC da COSANPA, concentra sua estrutura de mão de obra, equipamentos e informações técnicas, em um único local, onde é considerada sua base, na área da Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário-ETE II, localizada na Avenida Tavares Bastos, sob as coordenadas S 1°24'18.4" W 48°26'52.3", bairro da Marambaia, no município de Belém. É onde são realizadas as limpezas dos tanques de resíduos dos caminhões hidrojateadores, que executam os serviços de limpeza das RCE. Conforme a Figura 10.

Figura 10 - ETE II, local de concentração dos resíduos removidos nas limpezas de RCE.



Fonte: UERC/COSANPA, 2023.

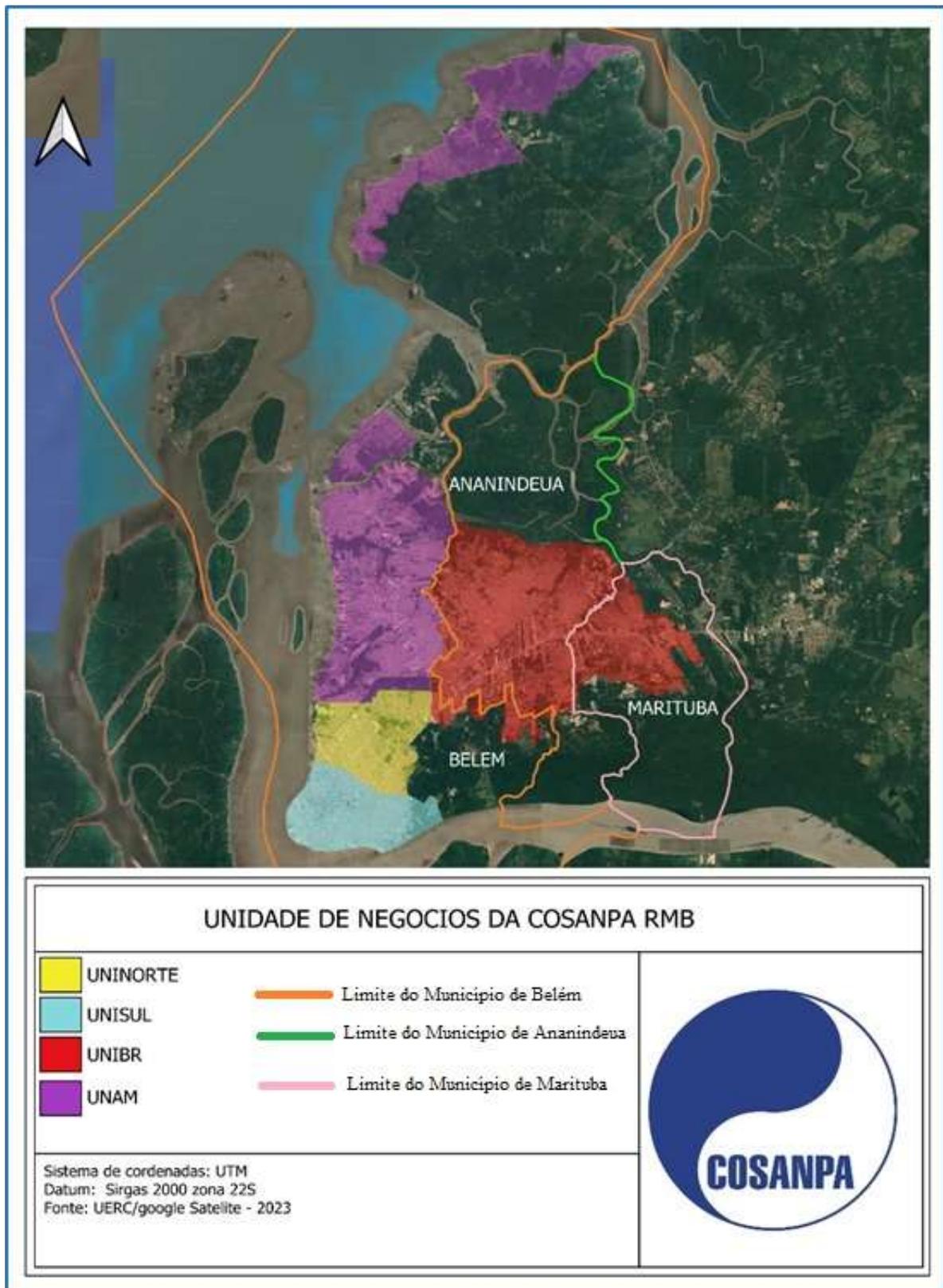
O estudo foi desenvolvido a partir dos resíduos removidos nas limpezas de RCE existentes nos municípios Belém, Ananindeua e Marituba pertencentes a Região Metropolitana de Belém (RMB), que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estimou-se no ano de 2023, que os três municípios possuíam cerca 1.892,682 habitantes, com base no censo de 2022, representando um terço da população do Estado do Pará. E ocupam juntos uma área de 1.353261 km<sup>2</sup>, cerca de 27% da RMB e essa representa 60% do estado do Pará.

A RMB é caracterizada por superfície plana, terra de baixa altitude e declividade suave com hidrografia de grande porte, com alta incidência de favelização (DIAS et al., 2021, apud SILVA 2022, p.24). É uma região localizada em zona estuarina na foz do rio Amazonas, delimitada pelo rio Guamá e a Baía do Guajará e é caracterizada pela expressiva presença de ilhas periféricas (LIMA et al., 2021, apud SILVA 2022, p.24).

No estado do Pará a COSANPA é a responsável pela manutenção e operação dos serviços de saneamento básico de água e esgoto. E nos três municípios em questão, a COSANPA possui sua gestão comercial subdividida em quatro unidades de negócios-UNs, a

saber UNSUL, com os limites do centro de Belém até a rua José Pio lado de números de imóveis pares, UNNORTE, do lado os imóveis de números ímpares da rua José Pios até o bairro Entroncamento, a UNAM, do bairro Entroncamento no eixo da avenida Augusto Montenegro até os distritos Outeiro e Mosqueiro. E por fim, a UNBR, no eixo na Rodovia BR-316, limitando-se do bairro Entroncamento, abrangido o município de Ananindeua, até o limite do município de Marituba. Conforme a Figura 11 a seguir.

Figura 11 - Localização das unidades de negócios da COSANPA na RMB.



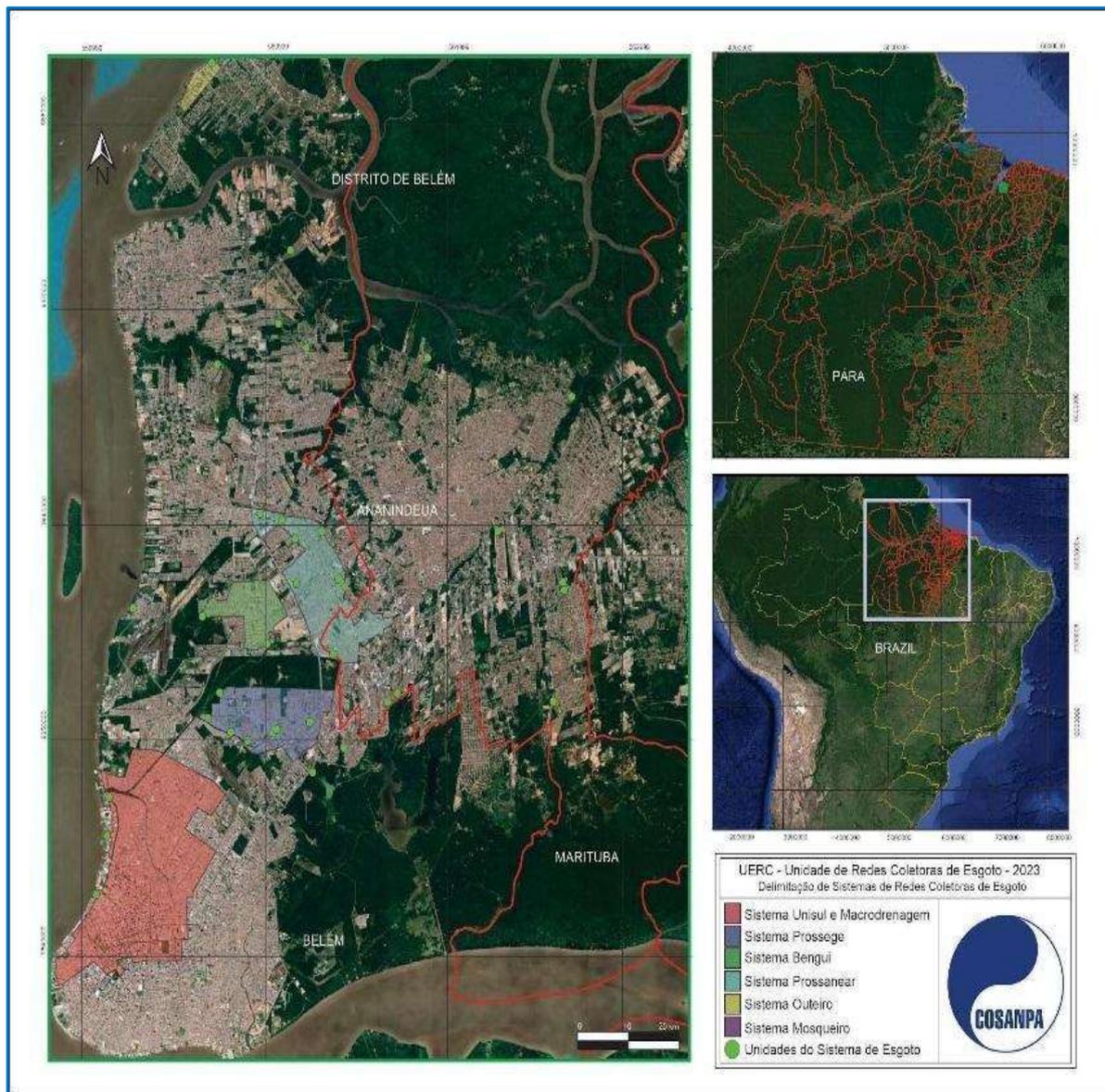
Fonte: UERC/COSANPA, 2023.

A COSANPA possui também a gestão operacional e de manutenções dos sistemas de esgotamento sanitário-SES, para a qual existem a unidade de serviço de coleta e tratamento de esgoto sanitário – USTE, que é subdividida em duas unidades executivas, Unidade Executiva de manutenções de Redes Coletoras - UERC e Unidade Executiva de Tratamento de Esgoto -

UETE, para manter e operar os sistemas de coletas e manter e operar as estações de esgoto respectivamente.

Na Figura 12 está apresentada a localização dos SES existentes nos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba, onde são realizados os serviços de limpezas de RCE.

Figura 12 - Localização dos SES existentes em Belém, Ananindeua e Marituba, da RMB.



Fonte: UERC/COSANPA, 2023.

Quanto as características da RCE dos SES existentes e em funcionamento nos municípios de Belém estão divididas nos seguintes SESs: Sistema Antigo, Macrorenagem, Vila da Barca, Pratinha, Outeiro, Mosqueiro, PROSEGE Marambaia, PROSANEAR e os do Programa Minha Casa Minha Vida-MCMV. Já as RCEs existentes nos municípios de Ananindeua e Marituba são dos SESs pertencentes ao programa MCMV.

As características das RCEs existente podem ser divididas quanto a natureza do material, considerando antes e depois da fabricação das tubulações em Poli cloreto de vinilo –

PVC, que segundo WALKER (1990) deu-se a partir de 1932. No caso os sistemas de coletas chamado de “sistema antigo”, devido terem sido implantados na década de 60, antes da fabricação do PVC, são constituídos de cimento amianto (CA) e manilhas de barros (MB), existentes nos bairros da capital paraense com: Umarizal, Campinas, Reduto, parte de Batista Campos, parte da Cidade Velha, e Marambaia.

Já os SESs implantados após a fabricação do PVC foram PROSEGE, MACRODRENAGEM, PROSANEAR, Vila da Barca, Pratinha, Outeiro, Mosqueiro e os todos do Programa MCMV.

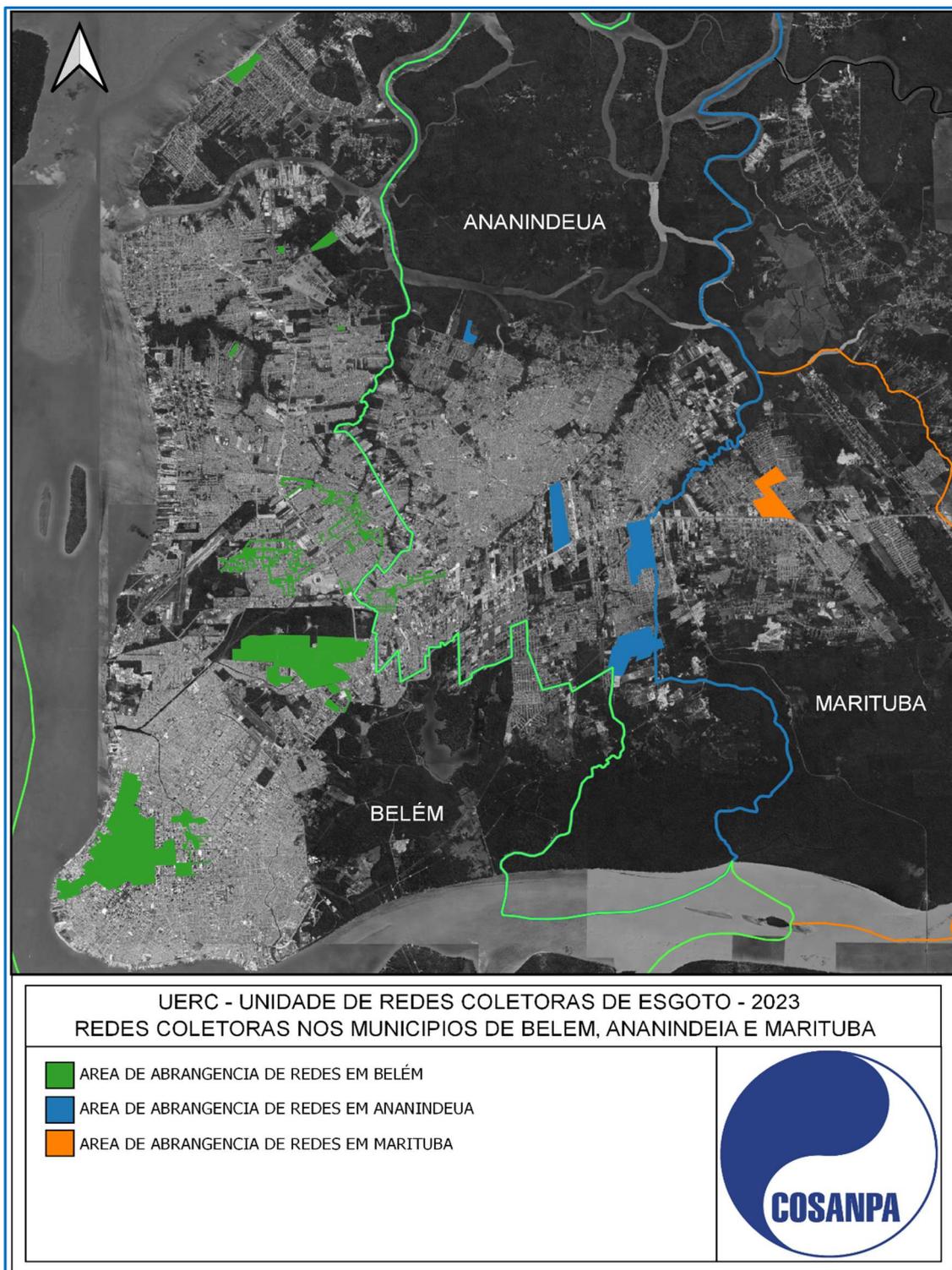
Atualmente o município de Belém possui 530.332 metros de redes coletoras de esgoto sanitário em funcionamento e, destes 50.000 metros, ainda são, em cimento amianto e manilha de barro (Sistemas antigos) e o restante em PVC, subdividas em 14 (quatorze) sistemas de coletas, a saber: PROSEGE, MACRODRENAGEM, PROSANEAR, Vila da Barca, Pratinha, Outeiro, Mosqueiro, MCMV (Viver Maracá, Quinta dos Paricás, Tenoné, Primavera e Independência) e os COHAB (Fé em Deus e Taboquinha). E profundida variando de 1,20 a 5,50 m.

Vale citar que está em processo de incorporação à COSANPA os SESs Bouganville e Tucunduba, bem como outros empreendimentos que estão em fase de obras e assim que concluídos irão para responsabilidade de manutenção e operação da COSANPA. Por tanto, a tendência é sempre crescente da malha de rede coletoras de esgoto sanitário, exigindo assim maior estrutura de equipamentos e contingente de mão de obras especializada.

No município de Ananindeua foram constatados 35.173 metros de redes coletoras, em PVC, subdividas em 9 (nove) sistemas de coleta dos SES PROSANEAR Jaderlândia e os Residenciais MCMV (Ulisses Guimaraes, Juscelino Kubistchek, Tancredo Neves, Portal do Aurá, Maguari Açu, Novo Cristo, Anita Gerosa e Beira Rio). E profundida variando de 1,10 m a 2,5 m. E no município de Marituba 3.658 metros de redes coletoras, em PVC, em 1 (um) sistema de coleta no SES do programa MCMV –Viver Marituba, com profundida variando de 1,60 m a 2,5 m.

Na Figura 13 está apresentado a área de abrangência onde existem redes coletoras de esgoto sanitário e foram registrados os serviços de limpeza de redes coletoras.

Figura 13 - Área de abrangência das manutenções das RCEs, na RMB.



Fonte: UERC/COSANPA, 2023.

Para realização deste trabalho são premissas além da identificação das características do sistema de coleta, as características qualitativas e as características quantitativas dos resíduos removidos em RCE.

As características qualitativas estão citadas no item referencial teórico deste trabalho, que estão baseadas no trabalho de SILVA (2022), devido à escassez de pesquisas sobre os

resíduos removidos em RCE. E a autora ter realizado sua pesquisa com pontos de amostragens localizados dentro da área de abrangência deste trabalho.

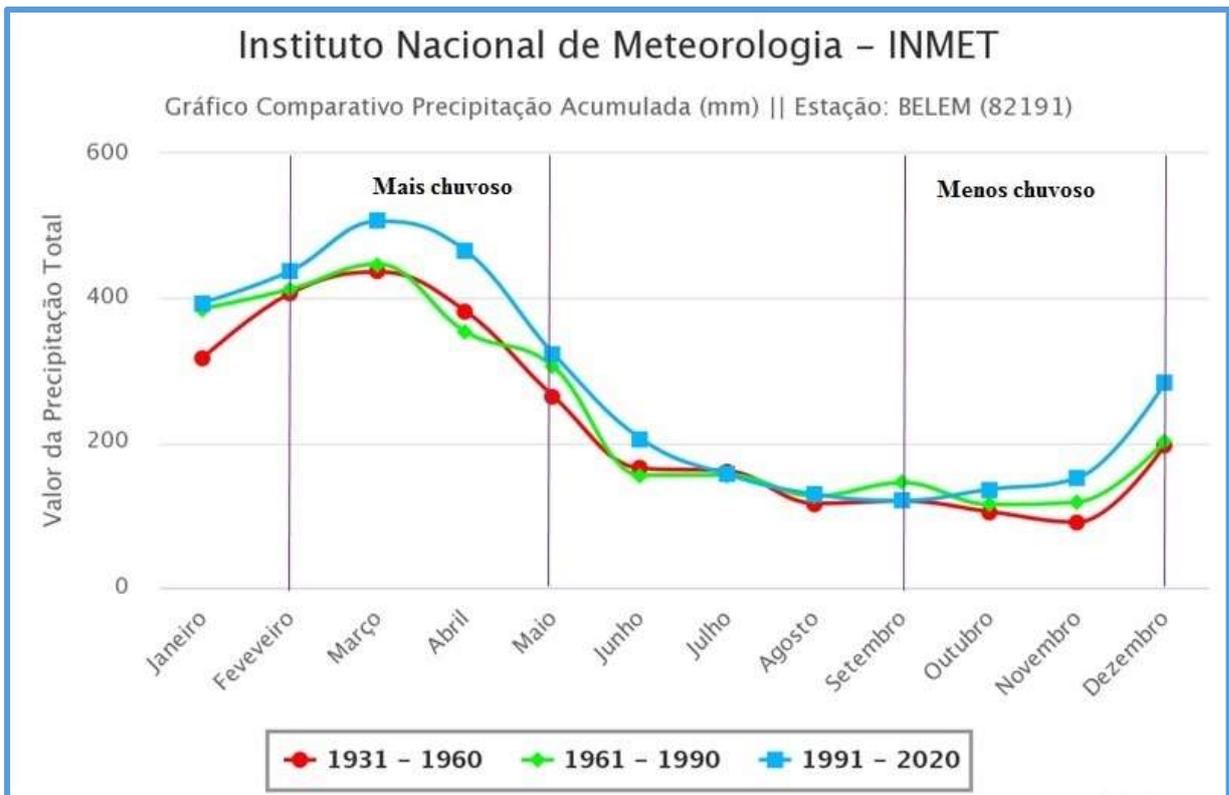
Já quanto a caracterização quantitativa dos resíduos removidos nos serviços de limpeza de RCE, será abordada especificamente neste trabalho a determinação do volume gerado de resíduos não grosseiro removidos nas limpezas de RCE. Para enfim, ser sugerido alternativas de destinação final desses resíduos. E assim ser possível a sintetização de proposta de gerenciamento desses resíduos.

#### **4.2 Definições Do Período De Pesquisa.**

Foi definido a periodicidade da pesquisa para limitar os filtros das informações pesquisadas, tendo sido adotado um período total de 6 (seis) meses, subdividido em três meses mais chuvosos e três meses menos do ano de 2022. E para isso foi consultado à base de dados do INMET, do ano de 2022 e considerado o histórico padrão de precipitação do município de Belém, no período de 1931 a 2020, de em que se percebe ser os meses mais chuvosos de fevereiro, março e abril, e os menos chuvosos setembro, outubro e novembro.

A seguir está apresentado na Figuras 14 o gráfico com as séries históricas de precipitações subdividida em três intervalos de tempo, 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020, sendo possível observar o comportamento padrão das precipitações e adotar os meses de **fevereiro, março e abril** de 2022 como o período mais chuvoso e os meses de **setembro, outubro e novembro** de 2022 como período menos chuvoso.

Figura 14 - Gráfico comparativo de três períodos histórico de precipitações.



Fonte: Adaptado de INMET, 2022.

É importante a limitação da pesquisa em termos temporal, devido a possibilidade de se trabalhar com uma menor quantidade de dados e em seguida realizar extrapolação para um período de um ano, para uma estimativa de volume gerados de resíduos, por exemplo. E em termos de precipitação para se verificar se há diferenças significativas entre ambos os períodos na geração desses resíduos, que facilite concluir e recomendar, o período mais crítico, de maior geração de resíduos para realização de uma extrapolação segura dos valores dos volumes gerados desses resíduos para um período de 12 meses.

Quanto mais preciso for os valores extrapolados para 12 meses ou 1 ano, melhor será a: gestão da aquisição de produtos químicos, utilizados na higienização desses resíduos; projeção da área necessária a ser utilizada para acondicionamento, armazenamento e destinação desses resíduos. E por tanto será melhor aplicado os recursos públicos, destinados às manutenções dos serviços de saneamento.

A seguir estão descritas as etapas que foram desenvolvidas neste trabalho.

### 4.3 Etapas Da Pesquisa

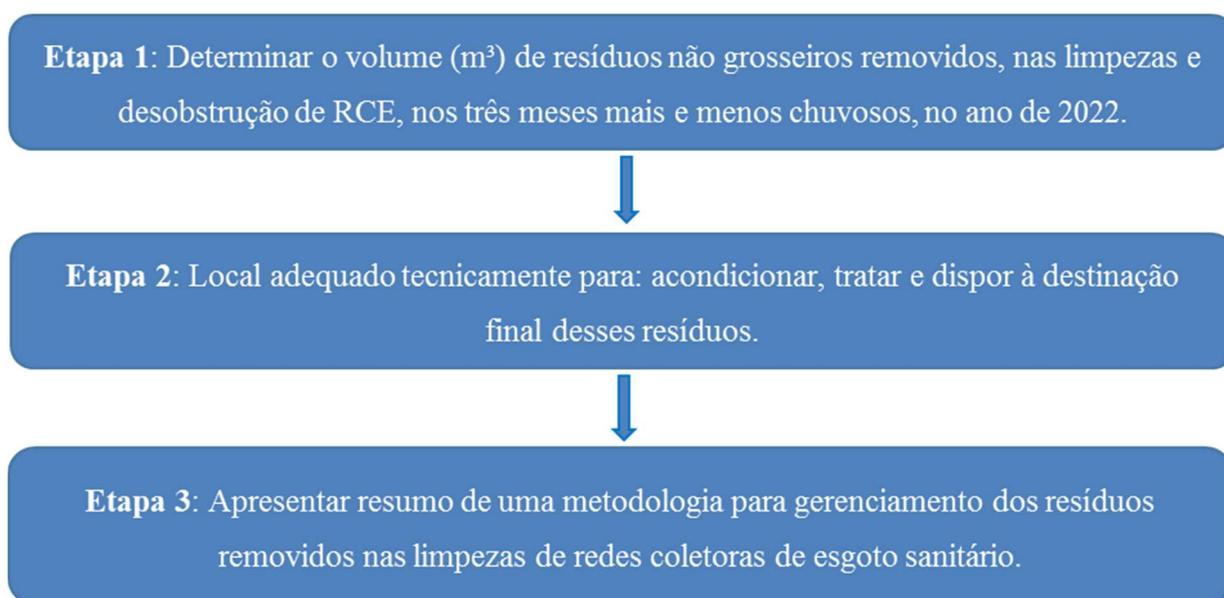
Este trabalho foi realizado em 03 (três) etapas, onde na Etapa 1 a determinação do volume determinado de resíduos, não grosseiros, removidos semanalmente das redes coletoras de esgoto sanitário.

A partir das informações obtidas em visitas de campo, na área da base da UERC e informações analisadas das características do SES da área de estudo, foi possível realizar, na Etapa 2, a apresentação de local, dentro do SESs, para implantação adequada de acondicionamento, tratamento e alternativas possíveis de destinação final.

E por fim, na Etapa 3 foi apresentada proposta de uma metodologia para gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário.

Para melhor exemplificar está apresentado na Figura 15 o fluxograma das etapas desenvolvidas no trabalho.

Figura 15 - Etapas desenvolvidas no trabalho.



Fonte: Autor, 2023.

#### 4.3.1 Etapa 1: Determinação do volume de resíduo não grosseiros removido das RCEs

Na base da UERC foram obtidas ainda, informações sobre as características do sistema de coletas das áreas de abrangência do trabalho de pesquisa; acessado relatórios da quantidade de ordens de serviços-OS executadas, para desobstrução e limpezas de RCE, ramais prediais, PVs e CIs, rotas dos caminhões hidrojateadores no momento das execuções dos serviços de manutenções. Isso referente ao período desta pesquisa.

No caso das ordens de serviços - OSs foram realizadas consultas ao banco de dados Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento-GSAN, que é um software público, livre e disponibilizado pelo governo Federal para utilização no setor de saneamento no Brasil. Software este também utilizado pela concessionária local para gestão dos seus serviços executados. E onde foram coletadas as informações das Ordens de serviços de desobstrução nas

áreas atendidas dos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba. Foram utilizados os softwares Q Gis 3.16 e Google Maps, para elaboração de mapas referentes aos serviços executados, considerando os períodos mais e menos chuvosos.

Para a coleta das informações necessárias para a determinação do volume determinado ( $m^3$ ) dos resíduos removidas nas limpezas de redes coletoras, foram realizadas visitas ao local onde são realizadas as limpezas dos caminhões hidrojetadores. Foram também utilizados: fita métrica para obtenção das dimensões: comprimento (m) e diâmetro (m) do tanque de detritos dos caminhões hidrojetadores; bastão para a batimétrica da altura-h dos resíduos decantados dentro do tanque de detrito. Foi ainda realizado treinamento com as equipes de campo para coleta correta das alturas-h, também conhecida como “flecha” na geometria.

Já para conhecimento das características dos equipamentos hidrojetadores foram realizadas consultas em manuais de manutenção e operação, catálogos de fornecedores/fabricantes dos caminhões utilizados pela concessionária, nas atividades de desobstrução de redes coletoras, tais como:

- ❖ Tipo de caminhão hidrojato (hidrovácuo, hidrojato ou combinado);
- ❖ Identificação dos caminhões: placa e frota;
- ❖ Capacidade do tanque de detrito e de água;
- ❖ Dimensões do tanque cilíndrico de detritos como: comprimento (m) e diâmetro (m);
- ❖ Data e hora da descarga (líquidos) e altura-h dos resíduos a serem raspados (resíduos) nas limpezas dos caminhões hidrojetados.

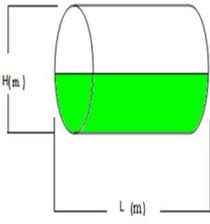
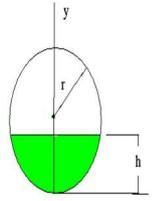
Para organização das informações coletadas acima foram elaboradas tabelas e figuras utilizando o software Excel, versão 2013. Sendo exemplificado na Tabela 02 o modelo de tabela que conterà as informações supracitadas de identificação de cada caminhão hidrojato. E na Figura 16 está apresentado o exemplo de planilha a ser utilizada pela equipe de campo. Nos apêndices constam as planilhas com preenchimento de campo. Já na figura 17 está apresentado o modelo de planilha a ser utilizada para a compilação de todas as alturas (h), coletadas de campo, durante o ano de 2022.

Tabela 02 - Planilha modelo a ser utilizada na organização dos dados de campo.

 <b>PLANILHA RESUMO DAS INFORMAÇÕES DOS HIDROJETOS-ANO: 2022</b>					
IDENTIFICAÇÃO	Hidrojato 1	Hidrojato 2	Hidrojato 3	Hidrojato 4	Hidrojato 5
Placa					
Frota					
Tanque detritos ( $m^3$ )					
Comprimento (m)					
Diâmetro (m)					
Observações:					

Fonte: Autor, 2022.

Figura 16 – Planilha modelo utilizada em campo.

									
<b>COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ</b> <b>DIRETORIA DE OPERAÇÕES</b> <b>UNIDADE DE SERVIÇO E COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO</b>									
<b><u>Controle dos Resíduos - Caminhões Hidrojatos</u></b>									
Mês de 2022									
MARÇO									
<b>Identificação do Caminhão:</b> Placa: _____ Comprimento total do tanque (m): _____ Diâmetro do tanque (m): _____					<b>Altura H limite de raspagem</b> H (cm) de sólido: _____ H (cm) de líquido: _____			<b>Volume (m³):</b> $\pi R^2 H$ $\pi 3,14$ R/D2	
FASE LÍQUIDA (DESPEJOS)					FASE SÓLIDA (RASPAGEM)				
Data	Hora (inicial)	Hora (final)	Local	OBS.: Estava cheio ?	Data	Altura de sólido - h (cm)	V (m³)		
							3,14	0	0
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
				SIM ( ) / NÃO ( )					
 					OBSERVAÇÕES:				

Fonte: Autor, 2022.

Figura 17 – Planilha modelo para resumo anual das alturas (h) coletadas em campo.

  
**COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARÁ - COSANPA**  
**U.E. MANUTENÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO**  
**Registros das limpezas dos caminhões hidrojatos, ANO: 2022**

**RESUMO DOS MESES DO ANO 2022**

**FLEXA h (cm)**

IDENTIFICAÇÃO CAMINHÕES	SEMANAS																								
	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		
	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	
1	PLACA:																								
1	FROTA:																								
1	COMPRIMENTO:																								
1	DIÂMETRO:																								
2	PLACA:																								
2	FROTA:																								
2	COMPRIMENTO:																								
2	DIÂMETRO:																								
3	PLACA:																								
3	FROTA:																								
3	COMPRIMENTO:																								
3	DIÂMETRO:																								
4	PLACA:																								
4	FROTA:																								
4	COMPRIMENTO:																								
4	DIÂMETRO:																								
5	PLACA:																								
5	FROTA:																								
5	COMPRIMENTO:																								
5	DIÂMETRO:																								

Fonte: Autor, 2022.

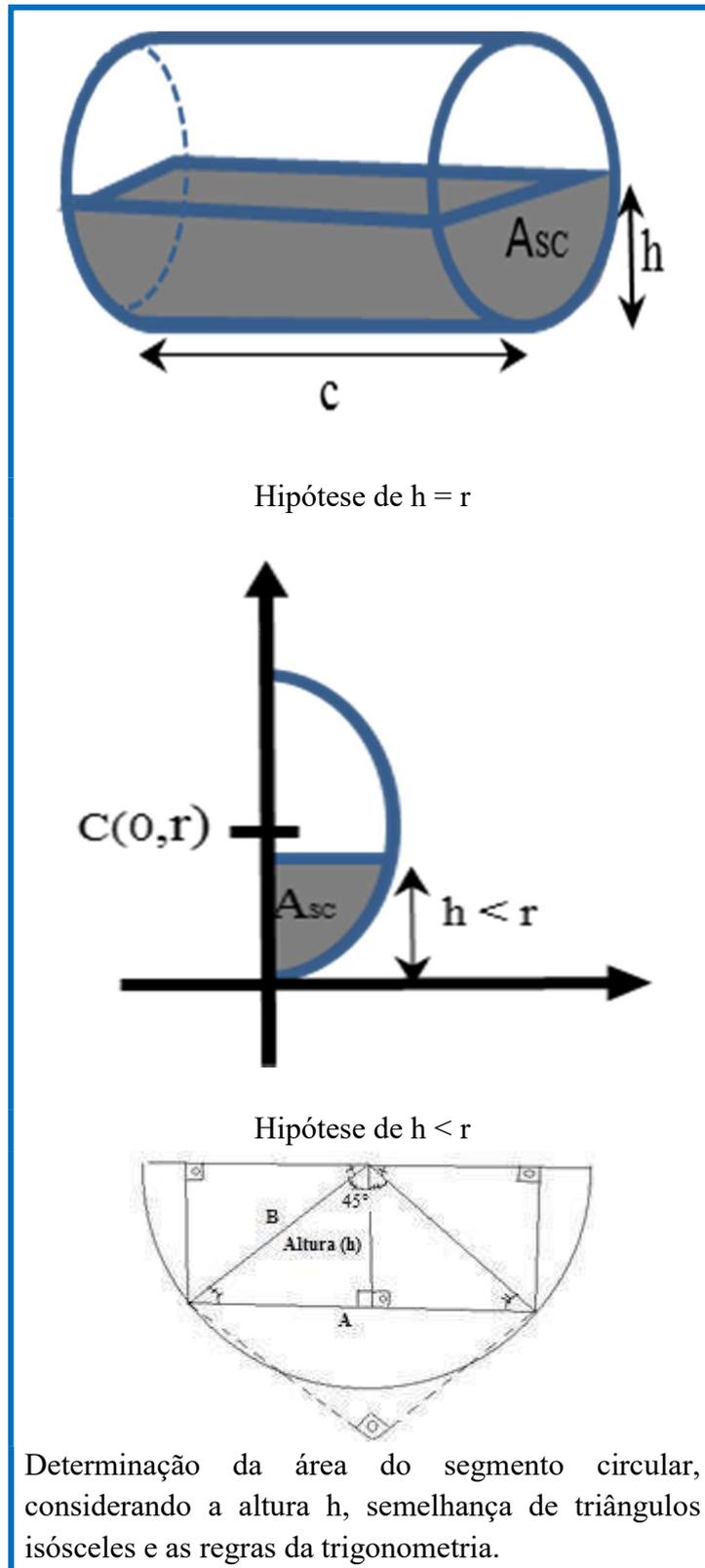
Para elaboração de planilhas para usos nas coletas das informações de campo organização das informações obtidas, bem como na sistematização do modelo matemático aplicado, foi utilizado o software Excel, versão 2013.

O modelo matemático foi desenvolvido conforme ORO e KRIPA (2011) com a aplicação da fórmula 1, em função da altura  $h$ , utilizada para determinar as áreas de segmentos circulares ( $A_{sc}$ ), ilustradas na Figura 18, que apresenta ainda as hipóteses considerada nos cálculos, bem como, o nível dos tanques de detritos nos caminhões hidrojetos, onde a altura  $h$  (m), o comprimento  $c$  (m) foram coletadas em campo e no projeto dos caminhões hidrojetos, obtidos com os fornecedores dos mesmos.

Para a formulação do modelo foi considerado as seguintes hipóteses:

- 1- Considerado o estado de equilíbrio e nivelado do cilindro horizontal;
- 2- Considerada a altura ( $h$ ) ser menor do raio ( $r$ ) do cilindro;
- 3- Considerada a altura ( $h$ ) ser maior do que o raio ( $r$ ) do cilindro;

Figura 18 - Ilustração dos tanques horizontais e hipóteses para os cálculos.



Fonte: adaptado de ORO e KRIPA, 2011.

Como se busca calcular o volume da Figura geométrica da Figura 18, se utiliza a fórmula do cilindro (base x altura) e, nesse caso a área da base é a área mais complexa de se calcular, sendo a mesma considerada a área do segmento circular ( $A_{sc}$ ), calculada pela fórmula (1) em função da altura  $h$ :

$$Asc(h) = \frac{\pi r^2}{2} - r^2 \arcsen\left(\frac{r-h}{h}\right) + (h-r)\sqrt{r^2 - (h-r)^2} \quad (1)$$

Onde:

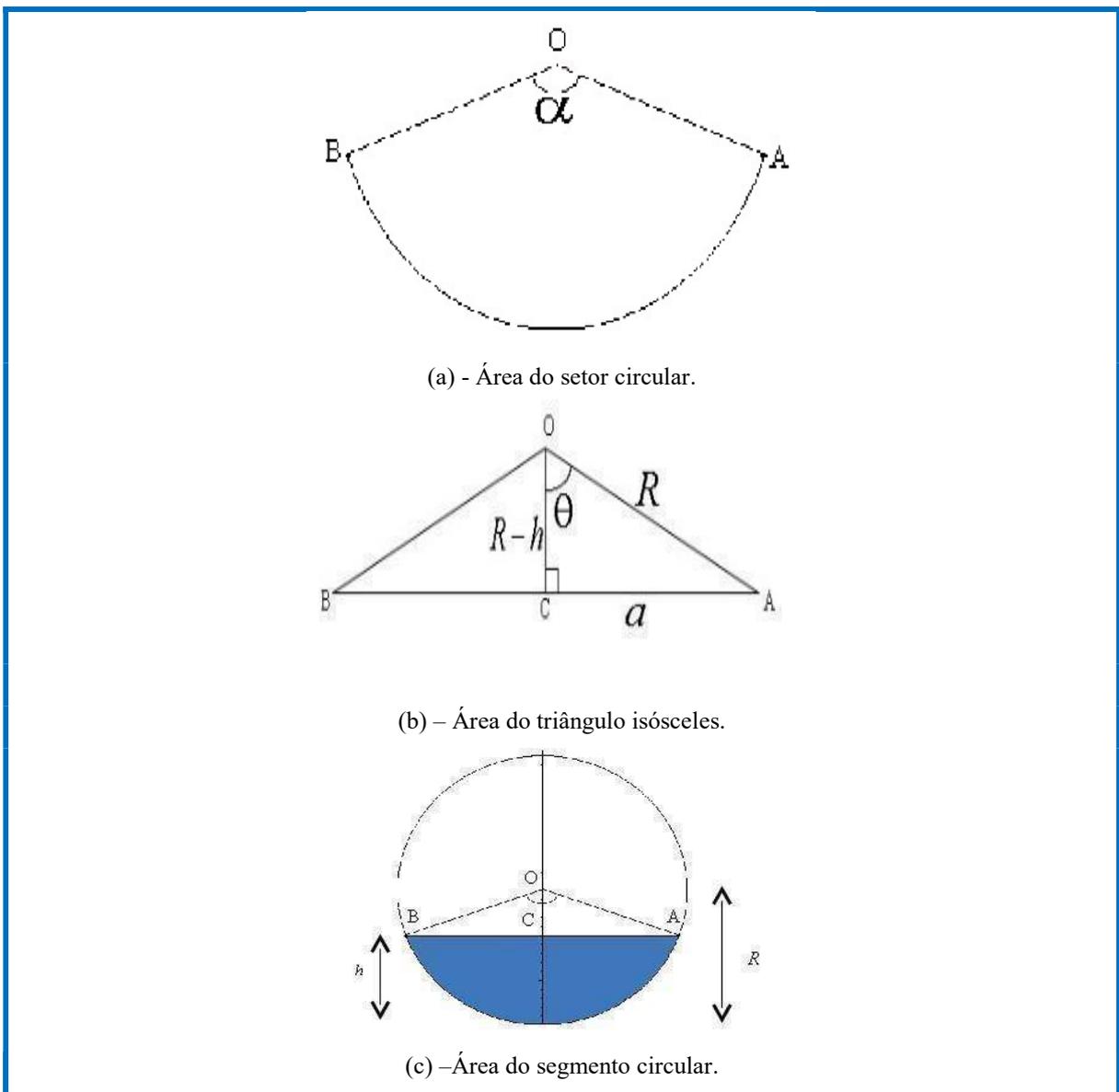
Asc (h) - área do segmento circular, em função de h;

r - raio do cilindro;

arcsen - função trigonométrica.

De forma resumida para se determinar essa área de segmento circular, primeiro calcula-se a área do setor circular e em seguida a área do triângulo isósceles e, por fim faz-se a diferença entre as áreas do setor circular e do triângulo isósceles que resultará na área do segmento circular que se busca, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Ilustração das áreas do setor circular, triângulo isósceles e do segmento circular.



Fonte: adaptado de ORO e KRIPA, 2011.

Para mitigação de erros possíveis nessa determinação de volumes foram realizadas inspeções da parte interna de cada tanque de detrito, de todos os caminhões utilizados, para

constatação de inexistência de compartimento ou zona morta, que pudesse comprometer essa determinação de volume. Essas inspeções ocorreram sempre após as limpezas desses tanques. Foi também aplicado o método de cubagem, com uma padiola fabricada em madeira, de capacidade de 1 m<sup>3</sup>, para comparação com o volume determinado, obtido via modelo matemático, para correções de informações de campo, como erros nas coletas das dimensões dos tanques, por exemplo, e assim validar o uso dessa metodologia para determinação desses volumes.

Na Figura 20 está apresentado a planilha a ser utilizada com as informações de determinação dos volumes com o modelo matemático e com as medidas utilizando a padiola (cubagem).

Figura 20 - Planilhas comparativa entre os volumes determinados e os medidos por cubagem.

Informações Hidrojatos	Data	Informações do Modelo					Informações da Padiola					
		h 1 (cm)	C (m)	D(m)	Vol (m <sup>3</sup> ) Modelo	vol Médio (m <sup>3</sup> )	vol Médio (m <sup>3</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> ) Padiola	h 2 (m)	C(m)	L (m)	

Fonte: Autor, 2024.

Ainda para mitigar erros supracitado e após observar que os detritos decantados nos tanques possuem um elevado teor de umidade, buscou-se realizar a determinação do percentual de umidade afim de implementar no modelo matemático, sendo para isso, realizado a coleta de três amostras dos detritos decantados, após uma das cubagens realizadas, em um balde, em plástico, de 20 l, revestido internamente por sacola de plástico e transferido para três béqueres em béquer de 500 ml cada, para determinação do percentual de umidade em triplicata, tendo sido monitorado, a desidratação ou perda de líquido, as mudanças de massa e volumes das amostras, através de medições das massas das amostras (g), com balança de precisão. A secagem dessa amostra foi realizada em temperatura ambiente, no mesmo no local de estudo e com os cálculos adaptados do item 4.3 da ABNT-NBR 6457/2016.

A definição da umidade (h) de um solo se dá pela razão entre a massa da água (Ma) contida num certo volume de solo e a massa da parte sólida (Ms) existente nesse mesmo volume (CAPUTO, 2017, apud SANTOS, 20??, p.1).

A está apresentada a fórmula (2) utilizada para determinação do percentual de umidade:

$$h (\%) = (Ma/Ms) * 100 \tag{2}$$

Onde:

$h$  (%) – percentual de umidade em uma amostra de solo;

$M_a$  - massa de água, em uma amostra de solo;

$M_s$  - massa de sólido, em uma amostra de solo.

A seguir na Figura 21 estão listados os materiais e equipamentos utilizados nessa determinação de percentual de umidade.

Figura 21 – Materiais e equipamentos utilizados na determinação da umidade.

- 1- 1 Frasco de álcool 70%;
- 2- 1 máscara de proteção de gases tóxicos;
- 3- 1 óculos de proteção;
- 4- 1 bandeja em plástico (20l);
- 5- 1 balde em plástico, 5l;
- 6- 1 par de luvas em PVC;
- 7- 1 balança digital (capacidade 1g a 10kg);
- 8- 1 caneta marcadora de recipiente em vidro;
- 9- 1 prancheta, papel A4 e caneta para anotações das informações;
- 10- 3 béqueres volumétrico (500ml);
- 11- 1 pincel (médio);
- 12- 1 colher em plásticos, tamanho médio;
- 13- 3 Sacos funil em plástico;



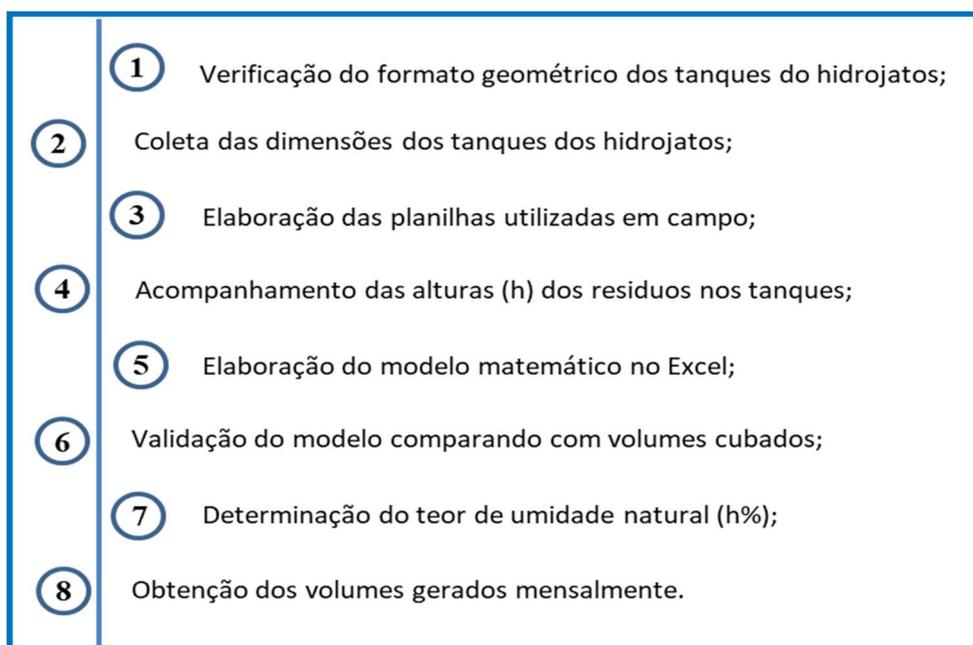
Fonte: Autor, 2024.

O período de realização dessa determinação se deu entres os dias 26 a 29/12/2023 e 02/01/2024, com as coletas de informações sempre nos horários entre 11:30h a 12:00hs.

É importante frisar que essas informações devem ser fidedignas para análises e serem utilizadas como premissas nas etapas posteriores da pesquisa. A fim de que, seja possível, a determinação das características quantitativas dos resíduos removidos, para conhecimento do tamanho do volume de resíduos e seja apontado, por exemplo, o local tecnicamente adequado, dentro do SESs para o devido tratamento/higienização e por último as possíveis destinações finais. Sendo está a ordem para um roteiro básico para elaboração de manuais de gerenciamento de resíduos que poderão ser adotados por concessionárias ou prestadores de serviço, seja de iniciativa privada ou pública.

A seguir está apresentado o resumo desta etapa, conforme a Figura 22 abaixo:

Figura 22 - Passo a passo desenvolvido na Etapa 1.



Fonte: Autor, 2024.

#### **4.3.3 Etapa 2: Local adequado para: acondicionamento e armazenamento para destinação desses resíduos**

Na elaboração desta etapa foram levados em consideração principalmente três fatores, tais como: característica qualitativa dos resíduos, característica quantitativas dos resíduos e as características peculiares dos SESs existentes, na área estudada, identificando onde são concentrados os resíduos removidos nas limpezas das RCE.

Para as características qualitativas foi considerado os resultados obtidos na dissertação de mestrados apresentada por SILVA (2022), Caracterização dos sólidos sedimentados na rede coletora de esgoto da região metropolitana de Belém-PA, que está citado no item referencial teórico deste trabalho e resumido, partes dos resultados obtidos, na Tabela 01, em que está apresentada as informações de forma organizadas por períodos mais e menos chuvoso. Onde constam características qualitativas físicas e químicas de resíduos amostrados em áreas pertencentes a área de abrangência deste trabalho. E das características físicas apresentadas pode-se observar a existência de elevado percentual de sólidos não grosseiros nas amostras analisadas, justificando a necessidade de determinação dos volumes gerados desses sólidos.

Já para a características quantitativas desses sólidos em questão foram consideradas os resultados obtidos na Etapa 1 deste trabalho, onde são apresentados os valores obtidos na determinação do volume de resíduos não grosseiros gerados com os serviços de limpeza das RCE.

Quanto as características peculiares do SESs foram consideradas as informações obtidas nas visitas técnicas ao SESs ETE II, onde estar localizada a base da UERC, unidade da COSANPA, responsável pela manutenção das redes coletoras de esgoto sanitário. Onde foram coletadas todas as informações técnicas e geográficas para apontar quais possíveis alternativas de locais a serem adotadas, para implantação e utilização como local de recebimento, acondicionamento, desidratação, caleagem e armazenamento desses resíduos. Com isso foi levado em consideração as informações de:

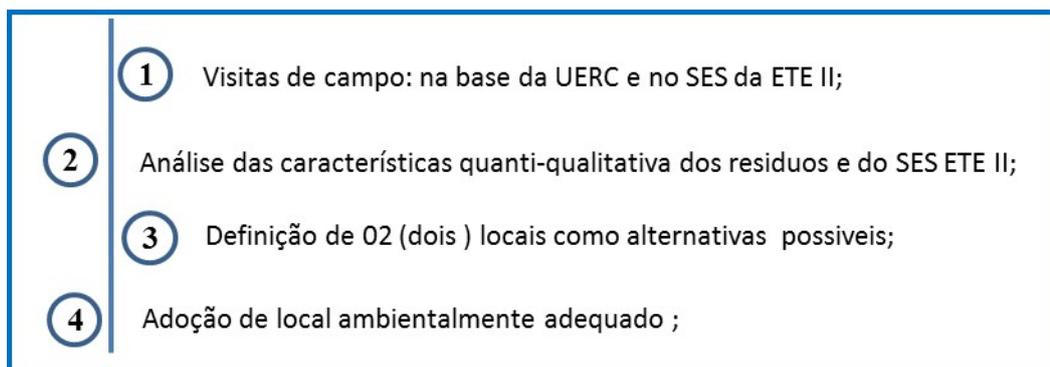
- Melhor disponibilidade de área para futura ampliação, tendo em vista a universalização do acesso aos serviços de esgotamento sanitário e, assim o aumento da extensão de RCE existente a ser mantida se elevará e também as demandas por serviços de limpeza de RCE, exigindo assim, maior área para gerenciamento de um novo volume de resíduos gerados;

- Proximidade com uma unidade preliminar de uma estação de esgoto, para o tratamento da parte líquida.

- Proximidade da base da UERC, para facilitar a segurança dos funcionários nas realizações das atividades de limpeza e manutenções preventivas dos caminhões e dos próprios caminhões que possui maleiro com ferramental e bicos de jateamentos importados, que pode serem vandalizados ou até furtados.

Na seguir na Figura 23 está apresentado um fluxograma resumo das ações necessárias para o desenvolvimento desta etapa do trabalho.

Figura 23 - Fluxograma resumo das ações na Etapa 2.



Fonte: Autor, 2024.

#### 4.3.4 Etapa 3: Proposta de metodologia para gerenciamento de resíduos removidos nas limpezas de RCE

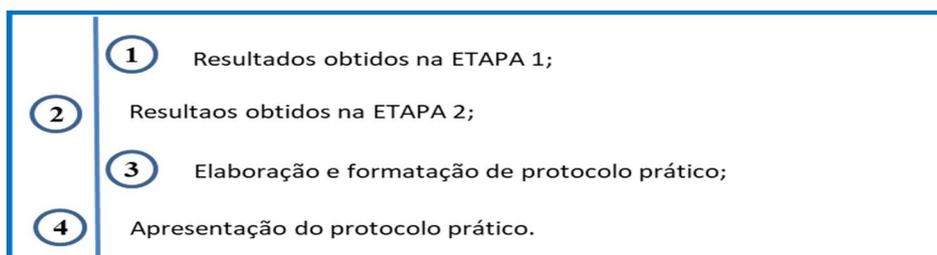
Esta etapa é utilizada para apresentação resumida da metodologia para gerenciamento de resíduos removidos em serviços de limpeza de rede coletoras de esgoto sanitário. E para isso as etapas anteriores são imprescindíveis, pois delas serão compilados os resultados obtidos e elaborado um protocolo prático para o gerenciamento desses resíduos.

A apresentação no formato de protocolo prático é importante para facilitar didaticamente a replicação para técnicos da área de saneamento, coordenadores e gerentes responsáveis por execuções de serviços de limpeza de redes coletoras a replicarem essa metodologia e ainda, para facilitar a aplicação em cidades desassistidas de gerenciamento desses resíduos.

Para replicação desse protocolo prático será disponibilizado todas as planilhas modelos, bem como, o arquivo completo, contendo o modelo matemático, sistematizado e preparado para uso da determinação de volumes dos resíduos não grosseiros, no software Excel, 2013.

A seguir na Figura 24 está apresentado os passos das ações desenvolvidas nessa etapa.

Figura 24 – Passo a passo resumo das ações na Etapa 3.



Fonte: Autor, 2024.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Etapa 1: Estimativa Dos Volumes De Resíduos Removidos Nas Limpezas Das RCEs

Como premissa para a obtenção dos resultados desta Etapa 1 foram coletadas as informações das características dos caminhões hidrojetos utilizados pela COSANPA e as informações gerenciais disponíveis dos serviços executados pela UERC, considerando o período pesquisa. Conforme os itens 5.1.1 e 5.1.2.

#### 5.1.1 Características dos hidrojetos utilizados

Foram constatados que os caminhões utilizados nas limpezas das RCE da RMB são todos do tipo combinados (hidrojetos e Vácuos) com tanques de detritos projetados em formato cilíndrico, o que exigiu a coleta das informações de dimensões para o cálculo de volume de um cilindro, no caso horizontal. Logo foram coletadas as dimensões de comprimento, diâmetro de cada tanque de detrito. Além de placa, frota e capacidade volumétrica do tanque de detrito dos caminhões utilizados no ano de 2022. Conforme apresentado na Figura 24.

Com relação a identificação por frota só os caminhões pertencentes a COSANPA possui e os demais são de prestador de serviço terceirizado, através de contratos licitados, cuja a prática, de usos de serviços terceirizados para realização de desobstrução/limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário, pela COSANPA, começou a partir de março de 2021.

Figura 25 - Informações de identificação dos caminhões hidrojetos.

PLANILHA RESUMO DAS INFORMAÇÕES DOS HIDROJETOS-ANO:2022					
IDENTIFICAÇÃO	Hidrojato 1	Hidrojato 2	Hidrojato 3	Hidrojato 4	Hidrojato 5
Placa	JRS-9B31	QVO-6G22	CZI-6479	QEA-9522	PIG-9E28
Frota	-	-	413	415	-
Tanque detritos (m <sup>3</sup> )	5	8	6	8	8
Comprimento (m)	2,30	2,70	2,38	2,50	2,30
Diâmetro (m)	1,56	1,67	1,75	1,73	1,56
Observações	Os caminhões sem n° de frota são de empresas terceirizadas da COSANPA.				
	Informação de capacidade (m <sup>3</sup> ) foram obtidas do manual dos fornecedores.				

Fonte: Autor, 2022.

No ano de 2022 foram utilizados 5 (cinco caminhões hidrojetos diferentes, sendo 3 (três de empresa terceirizada e dois pertencente a frota da COSANPA).

Esse formato de estrutura de trabalho combinado, entre equipamentos e pessoal de empresa privada com empresa pública se deu a partir de março de 2021. Esse fato traz impactos

importante na gestão de manutenção dos serviços em questão, relacionados tanto da qualidade da mão de obra, se é especializada para desenvolvimento das atividades contratadas, quanto ao tipo, modelo e capacidade dos equipamentos que as empresas prestadoras utilizam.

No tocante a mão de obra inicialmente foi necessário literalmente a instrução/formação da mesma, para se haver o mínimo de expertise em campo nas execuções dos serviços de limpezas de RCE. Para isso foi adotado a mesclagem na formação de equipe com os trabalhadores mais antigos e experientes da COSANPA e os da prestadora de serviço.

Já quanto os equipamentos hidrojateadores, utilizados pelas prestadoras, a UERC inicialmente realizou inspeção em cada taque de detrito de cada caminhão e foram detectadas necessidades de ajustes como a ausência de uma conexão interna nos pontos de descarga dos tanques de detritos dos caminhões das prestadoras. Conexão em ferro fundido, no formato de canto de 90°, de altura de variando de 30 a 45 cm e é responsável para retenção dos resíduos sólidos decantáveis como areias, por exemplo. Diferindo dos caminhões utilizados pela COSANPA, que já foram adquiridos com essa conexão.

Nas Figuras 25 e 26, a seguir, estão apresentadas as vistas internas de um caminhão da COSANPA e de outro da prestadora, bem como o serviço de adequação, na Figura 26, exigido a prestadora. Fato que foi atendido no ano de 2022 durante o período desta pesquisa.

Na Figura 25 está destacado a ausência da conexão retentora de resíduos decantáveis, citada anteriormente, as implicações da **ausência dessa conexão são graves e serve de alerta** para todos que são responsáveis por serviços de limpezas de RCE, que antes de iniciar a utilização de um contrato de terceirização para execução desses serviços deve realização a inspeção de todos equipamentos de hidrojateamento para conhecimento e constatação de que não ocorrerá o descarte do resíduo sólido decantável juntamente com a parte líquida de forma indevida, provocando a obstrução da unidade receptora da parte líquida.

Figura 26 – Vista interna do caminhão da COSANPA.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 27 – Vista interna de um dos caminhões da prestadora de serviço.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Na Figura 26 é apresentado o momento da implantação da conexão no tanque de detrito em um dos caminhões da prestadora de serviço.

Figura 28 – Implantação da conexão retentora em um dos caminhões da prestadora de serviço.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Na Etapa seguinte será melhor abordado os locais a serem descartada cada resíduo, líquidos e sólidos (grosseiros e não grosseiros), mas para entendimento da gravidade citada

anteriormente foi constatado obstruções em local receptora da parte líquida em que nunca antes havia ocorrido.

Nas Figuras 28 e 29 estão apresentados a limpezas para remoção de resíduo depositado após descarte da parte líquida por esses caminhões. Foi quando se exigiu a adaptação de todos os equipamentos terceirizadas que estavam inadequados.

Figura 29 – Local receptor da parte líquida obstruído.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 30 – Resíduos removidos no local receptor da parte líquida obstruído.



Fonte: Acervo do autor, 2023.

### 5.1.2 Levantamento de informações gerenciais disponíveis

Foram compilados de relatórios gerenciais da UERC os valores quantitativos dos serviços realizados nos três meses mais chuvosos (fevereiro, março e abril) e menos chuvosos (setembro, outubro e novembro) do ano de 2022. E resumidos na Tabela 03 a seguir.

Tabela 03 – Serviços realizados nos três meses mais e menos chuvosos do ano de 2022.

Serviços		Mais chuvoso (fevereiro a abril)	Menos chuvoso (setembro a novembro)
Ramal predial	Orçamentos (unidade)	3	14
	Limpeza (mecanizada) (m)	645	453
	Limpeza (manual-vareta) (m)	71	180
	Recuperação (m)	12	86
	Implantação (m)	10	8
Rede	Limpeza (mecanizada) (m)	12.465	10.817
	Limpeza (manual-vareta) (m)	183	525
	Recuperação (m)	95	135
CI	Limpeza (unidade)	56	115
	Elevação (unidade)	1	1
	Troca de tampa (unidade)	7	5
PV	Limpeza (unidade)	12	70
	Elevação (unidade)	0	5
	Troca de tampa (unidade)	6	15
	Implantação (unidade)	0	2
Total de serviços realizados (unidade)		235	261

Fonte: Autor, 2024.

Comparando os quantitativos do período mais chuvoso com o menos chuvoso em relação ao serviço de limpeza/desobstrução de redes coletoras, observa-se que no período mais chuvoso, foram realizadas 12.465 m de limpezas de rede coletora enquanto período menos chuvoso, foram realizadas 10.817 m de limpezas de rede coletora, o que representa uma diferença de 1.648 m, ou seja 15% a mais, de limpezas de RCE, realizadas no período mais chuvoso.

Continuando a comparação entre os períodos observa-se também a diferença de 42% a mais no período mais chuvoso, considerando o mesmo serviço, apenas em ramais prediais, em que foram realizadas a limpeza de 645 m de ramal predial, no período mais chuvoso, enquanto que no menos chuvoso foram realizadas 452 m limpezas de ramal predial. E como as CIs são acessórios dos ramais prediais, observa-se uma demanda de 40%, para serviços de troca de tampas em CI, a mais no período mais chuvoso.

Essas diferenças apresentadas no período mais chuvoso, para maiores demandas por limpezas de RCE, podem ser justificadas as características quanto a natureza do material da RCE, o tipo de pavimentação onde estão situadas as mesmas e seu estado de conservação. E como o ramal predial é acessório da RCE também é afetado diretamente pelo estado da RCE.

Com relação ao serviço de trocas de tampas de PVs, pode ser considerado ainda, as características dos sistemas de coletas e as condições das vias em que os mesmos foram implantados, como por exemplo o sistemas de coletas nos grandes centros urbanos, como no centro de Belém, onde a maioria das visitas das tampas, são em ferro fundido (FºFº) e, por questões de segurança pública e maus hábitos de parte da população, as mesmas são furtadas para serem vendidas a compradores de “ferro velho”. Essa situação eleva as demandas por serviços de reposição, deixa exposta a população usuária da via a risco de acidentes e permite o acesso indevidos de águas pluviais com resíduos sólidos em geral e principalmente areias.

É válido frisar que nas trocas de tampas dos PVs, não são realizadas a substituição só da parte da visita das tampas, mas sim toda a chamada capoeira, que é a tampa com visita. E que as mesmas são confeccionadas em concreto armado, o que demanda tempo para a confecção da armação da estrutura em ferro, para a cura do concreto além dos custos gerados totais com sua implantação.

Ainda com relação ao serviço de troca de tampas de PV, pode ser citado o sistema de coleta do projeto de recuperação da Bacia do UNA, conhecido como macrodrenagem em Belém, que além de ser em área com bastantes furtos de tampas, também possui como uma de suas características a relação de dependência com os sistema de drenagem pluvial, o que faz

com que o esmo gere bastante resíduos sólidos não grosseiros nos serviços de limpeza das RCEs.

Já com relação as maiores diferenças apresentadas no período menos chuvoso, para os serviços de limpeza de PVs e CIs, pode ser compreendido principalmente devido as condições de trabalho serem melhores no período menos chuvoso para execuções de limpeza manuais, por exemplo, onde o operário acessa a parte interna do PV, aumentando a exposição aos riscos biológicos, considera-se também a mobilidade urbana, pois nesse período há maior possibilidade de interrupções parciais de vias, com apoio dos órgãos competentes, para as realizações dos serviços mais complexos de limpeza de RCE. E ainda há de se considerar que nesse período as confecções de novas tampas, são também favorecidas pelas condições climáticas, para reposição nos PVs e CIs. Por fim nesse período, são registrados maior número de ordens de serviços, fato corroborado com o número total de serviços realizados no período menos chuvoso foi de 261, enquanto no mais chuvoso foi de 235, o que representa uma diferença entorno de 10%.

Quanto aos descartes dos resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário na Figura 31 estão três registros referentes aos meses de fevereiro, março e abril de 2022, mostrando os resíduos decantados nos tanques de detritos dos caminhões hidrojetados, que após atingirem seus limites de enchimento, com a não formação de vácuo por exemplo, são parados para realização de limpeza, com a raspagem desses resíduos em solos naturais.

Figura 31 – Resíduos removidos das limpezas das RCEs, areias pedregulhos e líquidos.



Fonte: Acervo do Autor, 2022.

Ainda no registro fotográfico 1 da Figura 31 foi realizado logo após raspagem dos resíduos do tanque de detrito do hidrojato, com coloração bem escura indicando seu estado “fresco”, bastantes úmido, além do líquido escorrido no momento da abertura da tampa do cilindro do tanque de detrito, que não sai nos momentos da descarga dos líquido (Figuras 32 e 33) realizada antes das raspagens dos resíduos decantados.

Já no registro fotográfico 2 um volume de um resíduo raspado do tanque de detrito, com coloração bem mais clara, indicando ter sido removidos há vários dias e essa coloração mais clara se deve, também, já ter sofrido insolação, por isso seu estado mais seco. Ainda no mesmo registro, é apresentado o início de uma raspagem dos resíduos decantados com a tampa do tanque, ainda, semiaberta e o líquido escorrido no solo natural.

Por fim no registro fotográfico 3, considerando o período chuvoso, observa-se o resíduo raspado ainda úmido em solo natural bastantes encharcado.

Os locais de drenagens pluviais que serviam para descarga da parte líquida, geralmente, antes das realizações das limpezas dos tanques de detritos dos caminhões hidrojetos, eram no sistema de drenagem pluvial do prédio da base da UERC e o outro no canal de saída do efluente tratado do reator UASB da ETE II Marambaia, ambos os locais possuem seus fluxos direcionados para o Canal Água Cristal.

Figura 32 – Descarga de líquidos na drenagem.



Fonte: Acervo do Autor, 2021.

Figura 33 – Descarga de líquido no canal de saída do efluente tratado do reator UASB.



Fonte: Acervo do Autor, 2022.

Ainda quantos aos tipos de resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras, pode ser citado pedaços de madeiras, jogados por moradores ou pedestres, que com a “intenção” de ajudar, fazendo sinalização de perigo na via, acabam por obstruir a tubulação, exigindo não só a reposição, como em muitos casos, a troca completa da tampa do PV, mas também a completa limpeza do fundo do PV. Restos de ferragens e/ou partes da tampa antiga, que se deterioram, por exemplo, e cai dentro do PV, como apresentados nos registros fotográfico 1 e 2 da Figura 34. Já no registro fotográfico 3, da mesma figura, está apresentado um exemplo de gorduras petrificadas removidas de dentro de um PV.

Figura 34 – Resíduos grosseiros e gorduras removidas em limpezas das RCEs.



Fonte: Acervo do Autor, 2022.

Os três registros fotográficos foram realizados no sistema de coleta da área central de Belém, conhecido como Sistema Antigo, por ter redes coletoras constituídas em cimento amianto e manilhas de barro. E no caso do volume de gordura encontradas, foi observado que se tratava de área com elevada concentração de restaurantes, onde não estavam realizando

as devidas limpezas das caixas de gorduras-CG dos seus ramais intradomiciliares, ocasionando a passagem do excesso de gordura para a CI, no ramal predial e, em seguida a obstrução das entradas e saídas dos PVs na rede coletora.

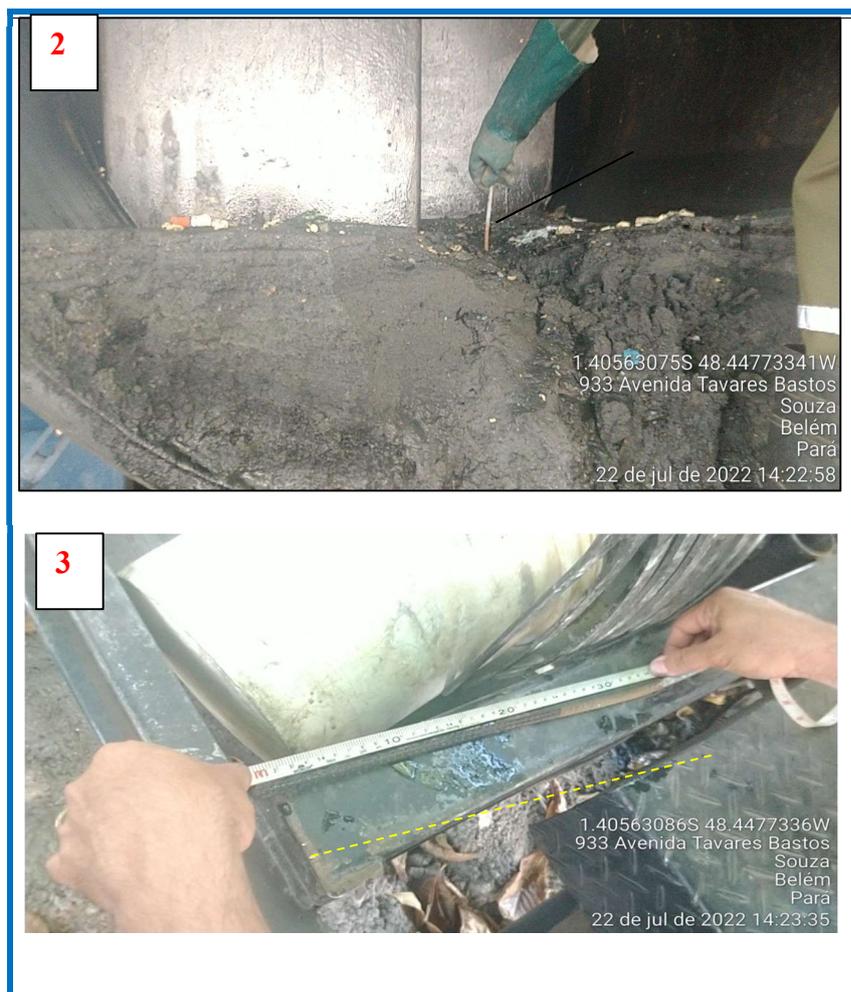
Esses registros só reforçam a necessidade de fiscalização de maus usos de ramais prediais, principalmente em área adensadas de restaurantes, bem como, a massificação de orientações didáticas de condutas de manutenções de instalações hidrosanitárias aos clientes e usuários dos serviços de coleta de esgoto sanitário.

Reforça também a urgência de implantação de um local apropriado com uma rotina de gerenciamento de resíduos removidos em serviços de limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário. E para isso deve ser formatado uma metodologia prática de fácil replicação por todos os responsáveis por execução de serviços de limpezas de RCE, geradores de resíduos, para que se enquadre nas legislações ambientais vigentes, objetivo final deste trabalho.

Na Figura 35 está apresentada uma sequência de 03 (três) registro fotográfico exemplificando a forma como foram obtidas as alturas (flechas) dos resíduos decantados no fundo dos tanques de detrito dos caminhões.

Figura 35 - Registros coleta das alturas dos resíduos decantados nos tanques dos hidrojetos.





Fonte: Autor, 2022.

No registro fotográfico 1 está destacado a posição central dentro do tanque de detrito em que se orientou para a coleta das alturas dos resíduos decantados em cada caminhão, quando os mesmos eram parados para a limpeza de seus tanques de detritos. Já no registro fotográfico 2 está apresentado a barra em ferro utilizada para realização da batimetria, em que foi orientado que a mesma fosse retilínea e prática para inserção no resíduo e com comprimento de máximo 0,70 m, pois os caminhões sempre são com alturas a menor que 0,50 m. E para a conferência das alturas se utilizou fita métrica conforme o registro fotográfico 3.

Afim de mitigar erros na coleta de dimensões dos tanques, erros de operação no preenchimento da planilha do modelo matemático, bem como sua validação, fez-se a comparação dos volumes determinados, através da fórmula de cilindros horizontais e os volumes obtidos através da cubagem dos resíduos removidas nas limpezas de redes coletoras, e para isso foi confeccionado uma padiola, que é um dispositivo bastante utilizado para realização de cubagens em construção civil. E nesse caso foi projetada para a cubagem de 1 (um) metro cúbico, em formato geométrico de cubo, em madeira, nas dimensões de comprimento 1,5 m, largura de 1,0 m e altura de 0,667 m e, sem fundo, conforme a Figura 36.

Figura 36 - Padiola para cubagem dos volumes de resíduos.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Foi oportuno observar que nas realizações das cubagens uma exigência de maior tempo de parada da equipe na limpeza dos caminhões, de equipamento para raspagem e remoção do resíduo cubado, fatos que comprovam não ser prático sua aplicação e ainda, pode afetar a rotina de trabalho da equipe da UERC. Fato que limitou a realização das cubagens em dois caminhões de diferentes dimensões, realizadas em triplicata, sempre após a coletas das informações das alturas dos resíduos, realizada somente no período de dezembro de 2023 e janeiro e fevereiro de 2024, que mesmo fora do período dessa pesquisa, a intenção foi não perder a oportunidade de abrangências de meses menos e mais chuvosos do ano.

Nas Figuras 37 e 38 estão apresentados registros fotográficos de cubagens realizadas nos dois caminhões hidrojetos escolhidos: na Figura 37 o de frota 415 e placa-QEA 9522 e na Figura 38 o de placa QVO 6G22.

Figura 37 – Cubagem de volume de resíduos removidos em limpezas de RCES.



Fonte: Acervo do autor, 2023.

Figura 38 – Caminhão posicionado para a cubagem de resíduos removidos das RCES.



Fonte: Acervo do autor, 2023.

Já na Figura 39 esta apresentado a planilha com o resumo informações de alturas coletadas dos resíduos em cada tanque dos caminhões hidrojetos, que realizaram serviços de limpeza de RCESs no ano de 2022. As informações das alturas (cm) estão organizadas com a identificação de cada caminhão e por semanas nos meses de 2022.

Figura 39 – Alturas (cm) coletadas no ano de 2022 dos resíduos dos tanques nos hidrojetos.



**COMPANHIA DE SANTEAMENTO DO ESTADO DO PARÁ - COSANPA**  
**RE - MANUTENÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO**  
**Registros das Limpezas dos canchêbes hidrôfonos, ANO: 2022**

IDENTIFICAÇÃO CAMINHÕES	SEMANAS																
	RESUMO DOS MESES DO ANO 2022																
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agos	Set	Out	Nov	Dez					
	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	data	h (cm)	
1 PLACA: IRS-9B31 FRUTA :- COMPRIMENTO: 2,30 m DIÂMETRO: 1,56 m	1																
	2	12/jan	0,6														
	3																
	4			24/fev	0,4												
2 PLACA: QVO-6622 FRUTA :- COMPRIMENTO: 2,70 m DIÂMETRO: 1,67 m	1						03/05	0,3									
	2								13/06	0,3							
	3	28/jan	0,35			27/05	0,5		22/07	0,25							
	4					30/05	0,3	24/06	0,4				26/08	0,4	29/09	0,45	28/10
3 PLACA: CZL-6479 FRUTA: 413 COMPRIMENTO: 2,38 m DIÂMETRO: 1,75m= m	1										29/07	0,18					
	2			16/fev	0,3												
	3																
	4																
4 PLACA: OEA-9522 FRUTA: 415 COMPRIMENTO: 2,50 m DIÂMETRO: 1,60 m	1																
	2																
	3			16/mar	0,15												
	4					31/mar	0,7				26/07	0,25					
5 PLACA: PG-9E28 FRUTA :- COMPRIMENTO: 2,30 m DIÂMETRO: 1,56 m	1																
	2					14/abr	0,2										
	3					28/mar	0,2										
4					30/mar	0,19											

Enquanto na Figura 40 estão apresentados os valores de volumes obtidos utilizando o modelo matemático e os valores obtidos utilizando a cubagem, bem com, os valores comparativos médios referentes as três medições realizadas no caminhão 1, de placa QVO 6G22 e, no caminhão 2 de placa QEA 9522.

Figura 40 – Planilha comparativa entre os volumes determinados e os medidos por cubagem.

Informações Hidrojatos	Data	Informações do Modelo					Informações da Padiola					
		h 1 (cm)	C (m)	D(m)	Vol (m³) Modelo	vol Médio (m³)	vol Médio (m³)	Vol (m³) Padiola	h 2 (m)	C(m)	L (m)	
QVO 6G22	22/12/2023	0,50	2,70	1,67	1,35	<b>0,87</b>	<b>0,82</b>	1,0	0,67	1,5	1,0	
	04/02/2024	0,38	2,70	1,67	0,86			0,9	0,63	1,5	1,0	
	09/02/2024	0,29	2,70	1,67	0,41			0,5	0,34	1,5	1,0	
QEA 9522	26/12/2023	0,41	2,50	1,60	1,03	<b>1,09</b>	<b>1,10</b>	1,0	0,67	1,5	1,0	
	25/01/2024	0,38	2,50	1,60	0,80			1,0	0,64	1,5	1,0	
	31/01/2024	0,52	2,50	1,60	1,44			1,3	0,89	1,5	1,0	

Fonte: Autor, 2024.

O valor médio obtido com o modelo matemático, para o caminhão 1, foi de 0,87 m³, enquanto que o valor médio obtido utilizando a cubagem foi de 0,82 m³, sendo a diferença entre eles igual 0,05 m³, o que representa uma diferença, em termos percentuais, de 5,7%. Já o valor médio obtido com o modelo matemático, para o caminhão 2, foi de 1,09 m³, enquanto que o valor médio obtido utilizando a cubagem foi de 1,10 m³, o que representa uma diferença, em termos percentuais, de 0,9%.

Conclui-se que os valores médios comparados estão próximos indicando que o modelo está validado e que, a planilha elaborada do modelo matemático pode ser utilizada em outras unidades da COSANPA. Atentando-se, sempre, para o correto preenchimento para que os volumes determinados sejam coerentes com o que está sendo gerando em campo.

Para a determinação do teor de umidade natural (h%) ausente no trabalho apresentado por SILVA (2022), no qual este trabalho utiliza como referência de caracterização qualitativa, e que é importante para a estimativa dos volumes gerados de resíduos como parte da caracterização quantitativa.

O local da realização desse experimento foi na própria base da UERC, em compartimento protegido de curiosos, de ações de ventos extremos e exposto a insolação natural. Tendo sido acompanhado a evolução da desidratação através das medições de massa dos béqueres com e sem solo, a cada 24 h durante 10 (dez) dias. Conforme ABNT-NBR 6457/2016 e citado por (CAPUTO, 2017, apud SANTOS, 20??, p.1).

Na Figura 41 está apresentada a coleta realizada para a realização das determinações do teor de umidade natural, h%.

Figura 41 – Coleta de amostra para determinação do percentual de umidade natural dos resíduos.



Fonte: Acervo do autor, 2023.

A seguir estão apresentadas, na Figura 42, uma sequência de 09 (nove) registros fotográficos das ações realizadas, após a coleta, que aconteceu também no primeiro dia de observação, que foi no dia 26/12/2023, a partir das 10:00h, para a determinação do teor de umidade natural desses resíduos, tendo se tornado rotina até o 10 ° dia, data de 04/01/2024, sendo que as medições se deram do dia 26 a 29 /12/2023 e continuaram dia 02 a 04/01/2024, devido ao feriado prolongado de final de ano e não houve expediente na COSANPA nesses período. Contudo não afetou o andamento das observações encerrada dia 04/01/2024.

Na sequência de 1 a 3 (Figura 46) estão apresentados os registros das massas dos béqueres seco e limpo, obtido para o béquer: 1-166mg, 2-165 mg e 3- 56 mg. Essas massas são fixas, não variam, e são também o valor da tara que foram utilizadas nas medições realizadas a cada 24h em cada béquer com e sem solo.

Na sequência de 4 a 6 (Figura 46) estão apresentadas as medições de massas dos béqueres com solo, obtido no béquer: 1-578 mg, 2 – 590 mg e 3 – 675 mg. Essas foram as massas iniciais que foram comparadas com as releituras dos dias subsequentes.

Na sequência de 7 a 9 (Figura 46) estão apresentados os desfechos das ações nesse primeiro dia de observações com a retiradas das amostras dos béqueres e disposição em superfície forrada com plástico em formato de funil para facilitar a devolução para os béqueres nas demais sequencias de medições, tendo sido utilizado colhe em plástico e pincel para total transferência dos solos aos béqueres. Em seguida foi realizada a pesagem dos béqueres

confirmando os mesmos valores iniciais de tara. Frisa-se que esta sequência se repetiu para os demais dias de medições.

Figura 42 – Sequência de registros do 1º dia-26/12/2023.



Fonte: Acervo do autor, 2023.

A seguir, na Figura 43, estão apresentados uma sequência de 09 (nove) registros fotográficos realizados no 09º dia de medição, dia 03/01/2024, quando as amostras já se apresentavam estabilizadas, ou seja, sem alterações significativas, para esta pesquisa, de suas massas.

Na sequência de 1 a 3, da Figura 43, estão apresentados os registros fotográficos do início das ações do nono dia de medições, com a medição das massas dos béqueres vazios, com provando estarem como os mesmos valores iniciais, obtidos para o béquer: 1-166mg, 2-165 mg e 3- 56 mg. Já na sequência seguinte, de 4 a 6, da Figura 47, estão apresentadas as medições dos béqueres com as amostras de solo e obtidos os valores para o béquer: 1- 454 mg, 2- 460 mg e 3- 523 mg.

Figura 43 – Sequência de registros do 09º dia-03/01/2024.



Fonte: Acervo do autor, 2024.

Na Figura 44 estão apresentados os resultados obtidos na determinação do percentual de umidade, com 10 dias de monitoramento, sendo observado a estabilização da perda de umidade ocorreu no 6º (sexto) para o 7º (sétimo) dia, verificada pela não alteração significativa das massas (g). Tendo sido concluídos com os cálculos que o percentual a ser considerado no modelo é de 28,47% de líquido presente em cada determinação estimada do volume de resíduos removidos dos tanques de detrito dos caminhões.

Figura 44 - Determinação do percentual de umidade natural dos resíduos.

ESTIMATIVA DO PERCENTUAL DE UMIDADE-1(%)															
DIA	1°			2°			3°			4°			8°		
DATA	26/12/2023			27/12/2023			28/12/2023			29/12/2023			02/01/2024		
AMOSTRA	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
HORA	11:33	11:37	11:40	11:50	11:54	11:57	11:49	11:51	11:54	11:25	11:28	11:30	15:16	15:18	15:23
VOLUME (ml)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	450	450	450	440	440	440
TARA (g)	166	165	56	166	165	56	166	165	56	166	165	56	166	165	56
PESO (g)	578	590	675	524	536	609	484	496	569	465	476	544	454	460	523
DIA	9°			10°											
DATA	03/01/2024			04/01/2024											
AMOSTRA	I	II	III	I	II	III									
HORA	16:25	16:29	16:32	13:48	13:50	13:52									
VOLUME (ml)	420	420	420	420	420	420									
TARA (g)	166	165	56	166	165	56									
PESO (g)	454	460	523	453	460	521									
RESUMO amostras(g)/dias	1°	2°	3°	4°	8°	9°	10°								
I	578	524	484	465	454	454	453								
II	590	536	496	476	460	460	460								
III	675	609	569	544	523	523	521								
EVOLUÇÃO DA DESIDRATAÇÃO DAS AMOSTRAS (g)	1°-2°		2°-3°	3°-4°	4°-8°	8°-9°	1°-10°								
	I	54	40	19	11	0	1								
	II	54	40	20	16	0	0								
	III	66	40	25	21	0	2								
ESTABILIZAÇÃO	2 para 3		3 para 4	4 para 5	5 para 6	6 para 7	7 para 8	8 para 9	9 para 10						
	I	40	19	11	6	4	1	1	1						
	II	40	20	16	8	4	2	1	0						
	III	40	25	21	15	11	5	1	2						
Umidade – adaptado do Método Estufa															
Nº da Cápsula	I	II	III												
Massa da cápsula (g)	166	165	56												
Cápsula + solo úmido (g)															
Cápsula + solo seco (g)															
Massa da água (g)	125	130	154												
Massa do solo seco (g)	453	460	521												
Teor de Umidade (%)	27,59	28,26	29,56												
Umidade média (%)	28,47														
PI (KG)	1°	3°	4°	8°	9°	10°	INDICE-I(%)	I (%)	28,47	Teste	Extrapolado				
PII (KG)	578	484	465	454	454	453	27,59	V(m²)	0,0005	0,00035764					
PIII (KG)	590	496	476	460	460	460	28,26	V(m²)	1						0,72
	675	569	544	523	523	521	29,56	V(l)	1000						715,29
								28,47							

Fonte: Autor, 2023.

Apesar de necessitar de mais histórico e pesquisas mais aprofundadas para caracterização desses resíduos, essa determinação pode ser utilizada como um indicador inicial, para implementação do modelo matemático e padronização inicial do tempo com que os resíduos removidos nas limpezas de redes coletoras ficam acondicionado antes da aplicação da cal. Nesse caso pode-se adotar a aplicação da cal, no 7º dia, após serem removidos do tanque de detrito dos caminhões hidrojetos.

Na Figura 45 estão apresentadas as planilhas de: (1) modelo de formulários, (2) planilha modelo para preenchimento e obtenção dos volumes removidos e (3) memorial de cálculo, utilizadas na determinação do volume desses resíduos.

Figura 45 - Modelos de planilhas utilizadas na determinação de volumes dos resíduos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	entradas					sempre sera metade da area			
3	raio	1				Aliq f R	altura do liquido pelo raio		ok
4	comp	1	ok	A.Circular/m2		0.7			
5	Aliquidos	1.700		3.1410		diametro	diametro total		ok
6	volume	2.346	ok	volume TC/m3		2			
7				3.1410		switch R	troca no raio		ok
8			ok	1/2 area/m2		0.7			
9				1.5705		L Triang Int	altura da base do triang interno		
10			ok	1/2 volume/m3					
11				1.5705		0.714			ok
12			ok	A.liq R/m2		area Tint	are do triangulo equilatero		
13				0.775		0.500			ok
14			ok	arealiq total		cosseno	cosseno		
15				2.346		0.795			ok
16				volume total		angulos	transformacao em angulos		
17				2.346		45.573			ok
18						2x ângulo			
19						91.146			
20						area falt			
21						0.8			
22									



**Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA**  
**UNIDADE EXECUTIVA DE MANUTENÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO - UERC**  
**MONITORAMENTO DOS RESÍDUOS REMOVIDOS NAS LIMPEZAS DE REDE DE ESGOTO**

Ano: \_\_\_\_\_

relatório geral		Janerio		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho	
retirada (l/m <sup>3</sup> )													
1 semana	0,000												
2 semana	0,000												
3 semana	0,000												
4 semana	0,000												
geral	0,000												
Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro		retirada (l/m <sup>3</sup> )	
1 semana	0,000												
2 semana	0,000												
3 semana	0,000												
4 semana	0,000												
geral	0,000												

Retirada total ANO 0,000 CHUVOSO 0,000

MENOS CHUVOSO 0,000

l/m<sup>3</sup> 0,285 anual mais chuva menos chuvoso 0,000 0,000

- CAMINHÃO 1
- CAMINHÃO 2
- CAMINHÃO 3
- CAMINHÃO 4
- CAMINHÃO 5

Preencher com informações: I (m), C (m), D (m).

Preencher com informações variadas, de 1 (m).

NÃO ALTERAR. É local da resposta do modelo.

W9 =SE(F9=0;"0";V9^09)

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	1/2 area(m <sup>2</sup> )	1/2 area(m <sup>2</sup> )	1/2 volume(m <sup>3</sup> )	C Altiq(U)	D total(U)	swatch R(U)	L Triang bit	area Triang bit	cos seno	graus	Zangulos	area face=55	area Liq R	Altiq	volume T			
4																		
5	9.554	2.077	4.777	0.350	2.300	0.350	1.095	0.383	1.26154	72.2811	144.56214	1.81146295	0.266	0.26552	0.611			
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
8																		
9	9.554	2.077	4.777	0.600	2.300	0.600	0.981	0.589	1.02191	58.551	117.10204	1.45736903	0.610	0.60982	1.402			
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
12																		
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
16																		
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
20																		
21																		
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
25																		
26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
29																		
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
33																		
34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			
36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0			

MODELO-FORMULARIO VOLUME-SOLIDOS REMOVIDOS MEMORIAL DE CALCULO.

Fonte: UERC/USTE/DO, COSANPA, 2022.

Ainda na Figura 45, no item 2, está apresentado exemplo da planilha elaborada com o modelo matemático utilizado, com legenda orientava, para facilitar sua utilização. A mesma está disponibilizada na etapa seguinte, através de link criado no *ondrive* para disponibilização.

Já na Figura 46 estão apresentados os volumes de resíduos removidos nas limpezas de RCEs no ano de 2022, considerando o teor de umidade natural obtido de  $h\%$  -28,47% e, ainda destacados os meses menos e mais chuvosos deste mesmo ano.

Figura 46 - Volume de areias removidas no ano de 2022.



Pode se observa que no ano de 2022 foram removidos um total de 14,774 m<sup>3</sup> de resíduos e especificamente nos meses mais chuvosos foram removidos 3,182 m<sup>3</sup> ficando próximo dos meses menos chuvosos que foi de 3,147 m<sup>3</sup>. O volume médio mensal foi de 1,721 m<sup>3</sup> ao mês, considerado o teor de umidade natural h %-0,2846.

A pesar da pouca diferença, entre os volumes obtidos nos dois períodos mais chuvoso e menos chuvoso, deve-se adotar, para uma extrapolação anual, o período mais chuvoso, que geralmente é o período mais crítico, considerando as influencias das vazões de chuvas que podem carrear material estranho às RCEs.

Frisa-se que a extrapolação supracitada é para o caso de replicação do trabalho, para ganho de tempo na determinação dos volumes de resíduos gerados e implantação do seu gerenciamento.

## **5.2 Etapa 2: Local De Acondicionamento E Armazenamento Para Destinação Dos Resíduos De RCE**

Após analisar a estrutura existente do SES onde está situada a base da UERC, conhecido como PROSEGE, verificado que neste SES possui uma Estação de Tratamento de Esgoto sanitário, conhecida por ETE II, situada na Avenida Tavares basto, entre o Canal Água Cristal e passagem Dalva com fundo para Rua Esperanto, na Marambaia e, está ETE possui sua Elevatória de Esgoto Bruto, EEB-Santa Rita, devido está situada na passagem santa Rita, esquina da Rua Esperanto com o Canal água Cristal, por tanto fora da área da ETE II. E ainda observar a existência de uma elevatória de rede, pertencente a sub-bacia IV, deste mesmo SES, a elevatória conhecida como EEB-4, situada bem atrás da área da ETE II, na Rua Esperanto esquina com Canal Água Cristal e que recalca seu esgoto direto para elevatória EEB-Santa Rita e desta para ETE-II.

Foi possível considerar duas possíveis alternativas como locais para implantação e utilização como local de recebimento acondicionamento, desidratação, caleagem e armazenamento desses resíduos dentro do SESs onde está situada a base da UERC.

As alternativas consideradas com suas localizações geográficas estão discriminadas a seguir:

- 1- Anexo a unidade preliminar da Estação Elevatória de Esgoto Bruto-EEB, da ETE II localizada na passagem Santa Rita, esquina com a rua Esperanto e Canal Água Cristal, de coordenada geográfica 1°24'16.2"S 48°26'47.6"W;
- 2- Dentro da Área da ETE II, próximo a EEB-4 da sub-bacia IV, que recalca seu esgoto sanitário para a EEB-Santa Rita, de coordenada geográfica 1°24'17.4"S 48°26'49.9"W;

Na Figura 47 está apresentado os locais das duas alternativas considerada.

Figura 47 – Alternativas para implantação do local de acondicionamento dos resíduos.



Fonte: Autor, 2024.

E para a tomada da decisão de qual local adotar, dentre as duas alternativas disponíveis, foi levado em consideração:

- Melhor disponibilidade de área para futura ampliação, devido as constantes absorção de novos empreendimentos e SESs, por parte da COSANPA e, tendo em vista a universalização do acesso aos serviços de esgotamento sanitário, o aumento da extensão de RCE a ser mantidas é eminente e por conseguinte se elevará as demandas por serviços de limpeza de RCE, exigindo assim, maior área para gerenciamento de um novo volume de resíduos gerados.

E neste quesito a alternativa 2 se apresentou mais vantajosa, devido à grande extensão de área disponível;

- Proximidade com uma unidade preliminar de uma estação de esgoto, para o tratamento da parte líquida. Neste quesito as duas alternativas se apresentaram de iguais condições, pois o esgoto sanitário das duas são tratados na ETE II, com a diferença que na EEB-4 recalca primeiro para EEB-Santa Rita e esta direto para ETE II.

- Proximidade da base da UERC, para facilitar a segurança dos funcionários nas realizações das atividades de limpezas e manutenções preventivas dos caminhões e dos próprios caminhões que possui maleiro com ferramental e bicos de jateamentos importados, que pode serem vandalizados ou até furtados.

Com isso o local escolhido para implantação foi a alternativa 2, dentro da Área da ETE II, próximo a EEB-4, da sub-bacia IV do PROSEGE, que recalca seu esgoto sanitário para a EEB-Santa Rita, de coordenada geográfica 1°24'17.4"S 48°26'49.9"W.

E considerando ainda, os volumes determinados na etapa anterior e dentre eles as médias projetadas mensalmente de geração para os resíduos removidos nas limpezas de RCE, considerando o teor de umidade natural ( $h\%$ ), o valor médio do volume obtido foi de 1,231 m<sup>3</sup>/mês e sem considerar o teor de umidade, o valor obtido foi de 1,7m<sup>3</sup>/mês. Então, visando maior segurança, o valor adotado de **produção mensal de resíduos foi de 2,0 m<sup>3</sup>/mês.**

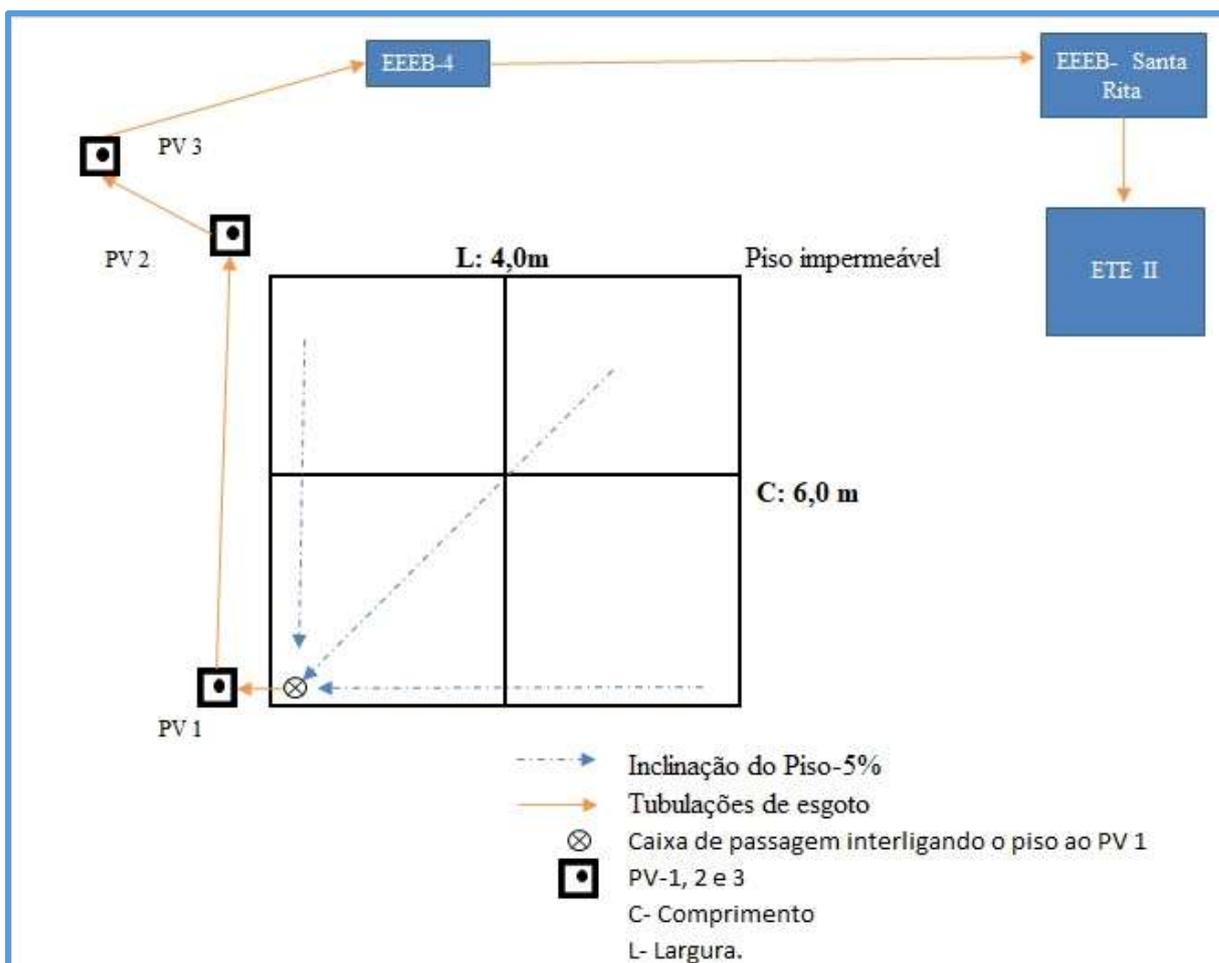
Este valor foi considerado na projeção da área do local a ser utilizado para acondicionamento dos resíduos removidos em limpezas de RCE, que ficou com as dimensões largura 4,0 m e comprimento de 6,0 m, obtendo-se uma **área de 24 m<sup>2</sup>.**

Na Figura 48 está apresentado um fluxograma geral dos resíduos líquidos que são descarregados dos tanques de detritos e os que escorrem dos resíduos sólidos decantados e raspados, nas limpezas dos tanques dos caminhões hidrojateadores para o piso impermeável.

Essa parte líquida percorre um trajeto do PV1 (implantado) até a ETE II para tratamento juntamente com as demais vazões afluentes às Elevatórias de esgoto. Percorrendo pelo PV2, que é um PV implantado para mudança de sentido e de retenção de possíveis resíduos, que possam escapar no descarte dos caminhões direto no PV1, daí a distância entre os PVs 1 e 2, ser de 22,0 m e das características de projeto: declividade de 0,025%, cota negativa de saída do PV em 10 cm, e DN-159 mm, em PVC/Vinil Fort e profundidade variando de 0,8 m a 1,0 m.

A partir do PV2 o líquido é direcionado a um PV3, já existente e pertencente ao sistema de coleta da Sub-bacia IV do SES PROSEGE e, que contribui para EEB-4 e desta para EEB-Santa Rita, que recalca para ETE II, conforme a seguir.

Figura 48 – Fluxograma geral dos resíduos líquidos descarregados no local de acondicionamento.



Fonte: Autor, 2024.

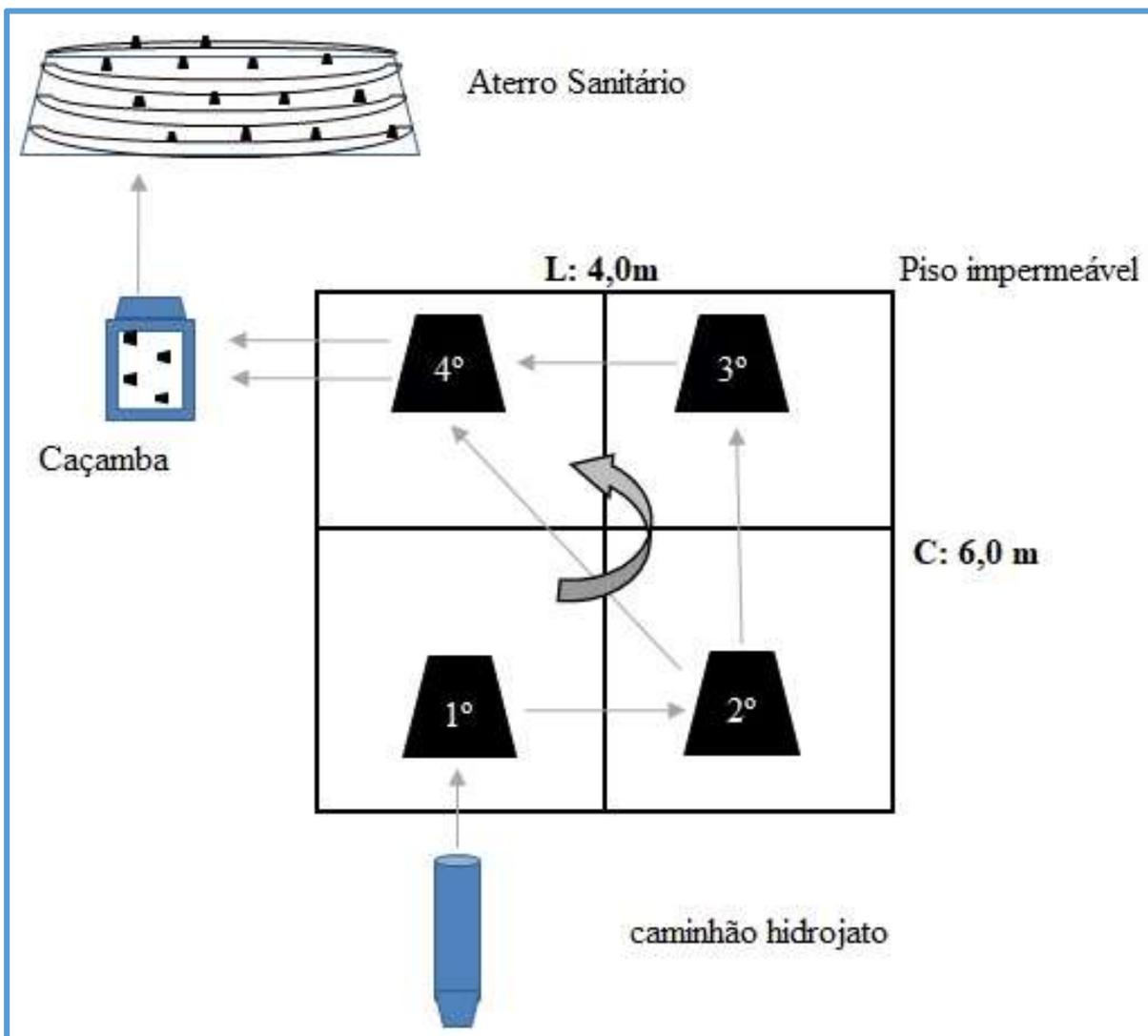
Quanto aos resíduos sólidos não grosseiro a sua rota percorrida inicia a partir da raspagem realizadas nas lavagens dos caminhões para o piso impermeável, na posição 1, onde permanece por 7 (sete) dias de repouso e exposição a insolação, daí a cobertura do piso ser transparente, e após este período aplica-se a cal na proporção de 10%, a fim de seja controlado odor e inertizado ovos de helmintos, por exemplo, conforme descrito por YAMANE (2007). No momento da caleagem este segue para a posição 2, liberando espaço para novo ciclo, e após mais sete dias, segue para posição 3 e 4.

As posições 3 e 4 são consideradas posições de armazenamento, para envio ao aterro sanitário com a utilização de caminhão tipo KIA ou caçamba, que pertencem a frota de veículos da COSANPA e possui suas placas cadastradas no aterro sanitário de Marituba.

Para as condições em que seja gerado pouco volume de sólidos não grosseiros, será possível a remoção dos resíduos da posição 2 direto para a posição 4, isso somente após os sete dias da realização da calagem.

No fluxograma da Figura 49 está apresentada a trajetória percorrida por esses sólidos não grosseiro da posição 1 até a destinação final no aterro sanitário, sempre em sentido anti-horário.

Figura 49 – Fluxograma geral dos resíduos sólido não grosseiro no local de acondicionamento.



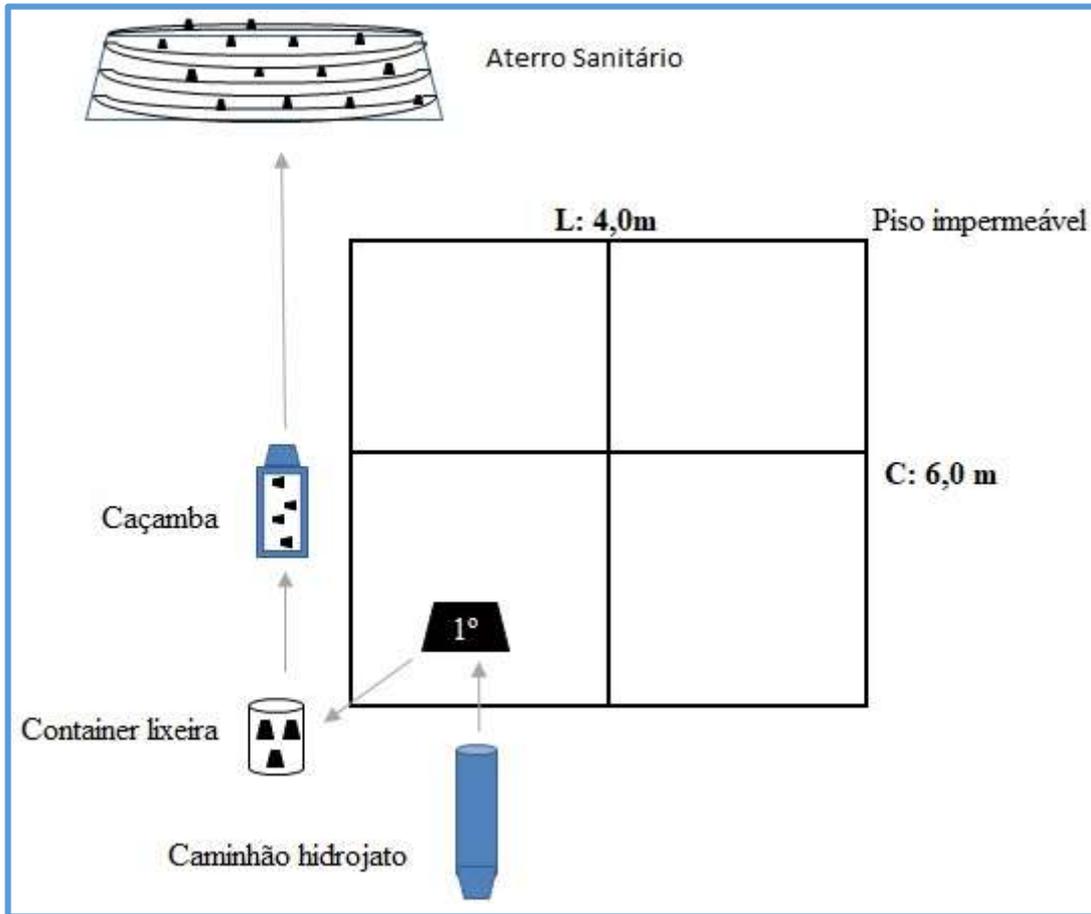
Fonte: Autor, 2024.

Já na Figura 50 está apresentado de forma geral o trajeto percorrido dos sólidos grosseiro como plásticos, garrafas pets, papelões e pedaços de madeiras, que acabam sendo removidos nas limpezas de redes coletoras e a equipe já tem o hábito de utilizar sacolas em plástico para ensacar esses materiais e dispor para o caminhão coletor de resíduos sólidos urbanos da prefeitura.

Com esse container de lixo disponível poderá ser mais um meio de armazenamento desses resíduos para envio aterro sanitário, nas viagens programadas pela UERC. Nesse container deve ser utilizado também o Cal, na mesma proporção dos sólidos não grosseiros, já comentado

anteriormente, para controle de odores e inertização biológica também, através da elevação da faixa de pH.

Figura 50 – Fluxograma geral dos resíduos sólido grosseiro no local de acondicionamento.



Fonte: Autor, 2024.

A seguir na Figura 51 estão apresentados registros fotográficos da execução do novo local para acondicionamento, caleagem e armazenamento para envio a destinação dos resíduos removidos em manutenções de rede de esgoto sanitário na RMB.

Figura 51 – Registros fotográficos da execução do local de acondicionamento dos resíduos.





Fonte: Acervo do autor, 2024.

Legenda:

Fotos	Descrição
1	Execução do baldrame, em concreto, implantação dos pilaretes, em ferro, de sustentação e a estrutura de cobertura em madeira.
2	Início da colocação das telhas, transparente em fibra e início da implantação de rede coletora auxiliar, em PVC / Vinil Fort, DN-150 mm, interligando à elevatória EEB-4.
3	Uso de retroscavadeira para escavação do solo e implantação da rede coletora auxiliar.
4	Forro da tubulação com areia.
5	a) Poço de visita cabeceira, em manilha de concreto armado e D-0,70m, da rede auxiliar, com CAP, em PVC, D-100m, para descarga da parte líquida. b) interligação do piso impermeável para o PV cabeceira.
6	Vista ampliada contendo o piso impermeável, o PV cabeceira, o sentido da rede e c) o PV instalado para mudança de direção e interligação a EEB-4.
7	Vista ampliada do local em fase de conclusão.
8	Vista ampliada do terreno limpo e o local para acondicionamento em fase de conclusão.

Estão apresentados também, nos apêndices de 1 a 5 os croquis elaborados antes da execução, bem como, os corte, vista frontal e lateral da cobertura transparente e perfis da rede implantada interligando do piso impermeável através de dois poços de visitas à EEB-4, para recebimento da parte líquida dos resíduos removidos nas limpezas de RCE.

### 5.3 Etapa 3: Proposta De Metodologia De Gerenciamento Dos Resíduos Removidos Nas Limpezas De RCE

Nesta etapa levou-se em consideração todo o arcabouço de informações pesquisadas no referencial teórico, coletadas em campo, analisadas, e conclusões formatadas após o desenvolvimento das etapas anteriores. Concluindo assim ser imprescindíveis o mínimo de informações, listadas na sequência a baixo.

1. Caracterizar o SESs, onde será implantado o gerenciamento, quanto:
  - 1.1 A existência de Estação de Tratamento de Esgoto sanitário;
  - 1.2 A existência de Elevatórias de Esgoto Bruto;
  - 1.3 Extensão de RCE e seu estado de conservação da RCE;
  - 1.4 Existência de relatório gerencias dos serviços de manutenção RCE;

2. Caracterizar os caminhões hidrojateadores utilizados nas limpezas de RCE local, quanto:

2.1 Ao tipo utilizado se: só jato, só alta sucção ou combinado tipo hidrovácuo;

2.2 A capacidade dos tanques de detritos, em m<sup>3</sup> ou em litro, levantando as dimensões reais do mesmo como: comprimento e diâmetros, no caso, considerando formato geométrico ser cilíndrico, pois em geral se utiliza esse formato;

Observação: pode ser utilizada em campo as planilhas modelo disponível apresentadas na Tabela 02 e Figura 16 encontrada na Metodologia deste trabalho;

3. Caracterizar qualitativamente os resíduos removidos das RCE, quanto aos parâmetros:

3.1 Físico;

3.2 Químicos;

3.3 Biológicos.

Observação: Em caso de impossibilidade e inexistências de informações locais, peculiares a região, pode ser adotado parte dos dados reunido neste trabalho, apenas como referência inicial replicação desta metodologia, até que se obtenha os dados reais locais.

4. Caracterizar quantitativamente os resíduos removidos nas limpezas das RCE, quanto:

4.1 Ao volume gerado, mensalmente, em m<sup>3</sup> de sólidos grosseiro;

4.2 Ao volume gerado, mensalmente, em m<sup>3</sup> de sólidos não grosseiros.

Observação: para este levantamento do volume gerado de sólidos não grosseiro, pode ser utilizada, para obtenção de dados de em campo, o exemplo de planilha apresentada na Figura 15 e 16 da metodologia deste trabalho, bem como, a planilha elaborada com do modelo matemático utilizada neste trabalho, no item resultados, apresentado na Figura 49 e, disponibilizada via e-mail: edgleuberson@gmail.com e pelo link abaixo:

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/12LPLLvPRy29FexukpnFVQhX1u-suO0wS/edit?usp=drive\\_link&oid=106260294045471373578&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/12LPLLvPRy29FexukpnFVQhX1u-suO0wS/edit?usp=drive_link&oid=106260294045471373578&rtpof=true&sd=true)

Para acessar o link acima deve-se enviar solicitação, que após o aceite, será possível o acesso total ao arquivo original, com legenda de orientações para o preenchimento.

5. Definir local mais adequado tecnicamente para acondicionamento desses resíduos, considerando:

5.1 Melhor disponibilidade de área para futura ampliação;

5.2 Proximidade com uma unidade preliminar de uma ETE ou uma Elevatória dessa ETE;

5.3 Proximidade da base da unidade de manutenção local, devido entre outros a fatores de segurança pessoal e patrimonial.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu o desenvolvimento de uma metodologia sucinta e prática para o gerenciamento dos resíduos gerados nas limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário. E que pode ser utilizada para subsidiar a implantação do plano de gerenciamento dos resíduos gerados em Sistema de Esgotamento Sanitário-SES no Estado do Pará.

E de forma emergencial pode ser, também, utilizada para subsidiar a implementação de uma Instrução Normativa, para adoção dessa prática de gerenciamento dos resíduos removidos nos serviços de limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário realizados no Estado do Pará, onde a COSANPA tem a responsabilidade de operar e manter os SESs.

Este trabalho apresentou ainda, que no período mais chuvoso foram realizados 15% a mais serviço de limpezas de rede coletoras de esgoto sanitários, bem como, 42% a mais de serviços de limpezas em ramais prediais e 40 % a mais de serviços de trocas de tampas de CIs, do que no período menos chuvoso.

Este trabalho apresentou também, que os valores de volumes medido dos resíduos gerados, para os três meses mais chuvosos foram de 3,182 m<sup>3</sup>, e para os três meses menos chuvosos foram de 3,147 m<sup>3</sup> e, um volume total medido produzido no ano de 2022, foi de 14,774 m<sup>3</sup>. Concluindo que apesar da pouca diferença entre os dois períodos analisado é possível considerar o período chuvosos como o mais crítico, importante em uma situação de replicação dessa metodologia e na adoção de uma possível extrapolação para a rápida determinação de um volume gerado anualmente, para acelerar o gerenciamento dos resíduos.

Este trabalho foi apresentado um modelo matemático, utilizado para a determinação estimada dos volumes de resíduos gerados, que pode ser utilizado por outras unidades da COSANPA, que realizam os serviços de manutenção de RCE, para implantação e padronização de rotinas de gerenciamento de seus resíduos gerados. Uma vez que este modelo não apresentou diferenças significativas quando compara com a metodologia de cubagem, que não é prática de ser executar rotineiramente.

Este trabalho também apresentou duas alternativas possível para implantação de local de acondicionamento e armazenamento para destinação dos resíduos, em questão, sendo a dotado o local de coordenada geográfica 1°24'17.4"S 48°26'49.9"W, dentro da área da ETE II, para implantação de dispositivo com piso impermeável e cobertura transparente (translúcida) e interligado à elevatória da sub-bacia 4 da ETE II.

Foi apresentado ainda, a forma de operar o local de acondicionamento dos resíduos, bem como, a forma de execução da calagem e as rotas possíveis dos resíduos líquidos, sólidos não grosseiro e dos grosseiros.

A partir da elaboração dessa metodologia foi possível, também, entender mais profundamente o mecanismo de funcionamento de uma unidade de manutenção de redes coletoras de esgoto sanitário, bem como, a importância da qualidade das informações coletadas em campo, da estrutura para armazená-las e dos indicadores de gestão necessários para tomadas de decisões dos gestores e realização de trabalhos de pesquisa com este.

A partir da análise dos resultados obtidos nesta pesquisa e do conhecimento adquirido é possível concluir que é possível ser implantado, de forma prática e resumida, essa metodologia de gerenciamento dos resíduos removidos nos serviços de limpeza de redes coletoras de esgoto sanitário.

No desenvolvimento deste trabalho observou-se que o percentual de umidade a ser utilizado no modelo matemático, deve ser considerado as características peculiares de cada região, como das RCE local, se tem elevado acesso de águas pluviais, histórico de manutenção com trocas ou substituições de tampas de PVs e o índice pluviométrico local.

Por fim conclui-se que é possível a aplicação da metodologia apresentada para o gerenciamento dos resíduos removidos nas limpezas de RCE, para destinação imediata a aterro sanitário. Já quanto a prática de reúsos desses resíduos é imprescindível estudos específicos para essa finalidade.

## 7 CONSIDERAÇÕES

A pesar da indicação de possibilidade de replicação dessa metodologia, de forma sucinta e prática, sugere-se a continuidade de formação de histórico dos volumes gerados, para tomada de decisões futuras como aumento do tamanho do local de acondicionamento, devido ao aumento da malha de redes coletoras e visando sempre a universalização do acesso ao serviço de coleta de esgoto sanitário.

Recomenda-se a continuidade de novos estudos de caracterizações qualitativas, cada vez mais abrangentes, para o conhecimento total das características físico, químicas e biológicas de todos os resíduos gerado nos SESs da RMB.

É importantíssimo a realização de análise de pH após a caleagem, sugerida neste trabalho, para avaliar a eficiência da a mesma na inertização de ovos de helmintos, coliformes totais e fecais, nas condições em que fora implantado o local de acondicionamento. Pois segundo, YAMANE (2007), existem poucas espécies que, em pH menor que 2 ou maior que 10, podem crescer. A maioria das bactérias patogênicas cresce melhor em meio neutro.

Recomenda-se ainda a continuidade do monitoramento dos volumes gerados, procurando-se o aperfeiçoamento dos métodos práticos de obtenção dos dados de campo.

Sugere-se também, a continuidades de realizações de trabalhos de pesquisa visando o conhecimento mais profundo das características qualitativas dos resíduos gerados nas limpezas de redes coletoras e seu potencial para reuso no setor industrial na agricultura e nas próprias atividades de manutenção de estruturas e obras de saneamento.

A importância da reutilização da areia higienizada: como adubo, na agricultura, na construção civil, evitando descartes inadequados ambientalmente e contribuído para mais alternativas de reuso que não apenas o descarte em aterros sanitários (VILLA, 2021).

## REFERÊNCIAS

ALÉM SOBRINHO, Pedro; TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000. 548 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Rede Hidrometeorológica Nacional. Sistema Hídrico-Telemetria**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/serieHistorica.aspx>. Acessado em agosto de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Solos — Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade**. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto**. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BELÉM (Pará). CÂMARA MUNICIPAL DE BELÉM. **Lei ordinária Nº 9.576 de 22 de maio de 2020. Transformação da Agência Reguladora Municipal de Água e Esgoto de Belém - AMAE/BELÉM em Agência Reguladora Municipal de Belém**. v. 56, p. 22, 2020.

BORGES, Nayara; CAMPOS, José Roberto; PABLO, Javier; FERREIRA, Gilcimar. **Potencialidade da utilização da areia removida em desarenadores de estação de tratamento de esgoto na construção civil, como material alternativo à areia comercial comum**. Revista DAE. Artigos técnicos, 2016. doi: <<https://DOI.10.4322/dae.2016.006>>.

BRASIL. Casa Civil. **LEI Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Brasília, DF: Casa Civil, 1981. p. 27. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm).

BRASIL. Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil. 1988. Com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008**. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016. 496 p. Disponível em: [https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf). Acessado em: setembro de 2023.

BRASIL. Casa Civil. **LEI Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Brasília, DF: Casa Civil, 1998. v. 16, p. 10.

BRASIL. Casa Civil. **LEI Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasília, DF: Casa Civil. D.O.U., 2010. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora-NR 32: Segurança e Saúde no Trabalho em Serviço de Saúde**. D.O.U., 2019.

CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE). André Vilhena, Organizador. 4ª ed. São Paulo, 2018. 316 p.

DE LIMA, A. M. M. et al. **Dinâmica do hidroterritório da Região Metropolitana de Belém (PA). Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 5, pág. e25620514723-e25620514723, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14723>> Acesso feito em: 14 de julho de 2022.

DIAS, E. C. et al. **Determinação comparativa da precipitação anual média na região metropolitana de Belém-PA**. Research, Society and Development, v. 10, n. 4, p. e24510414133-e24510414133, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14133>. Acesso em: 22 de julho de 2022.

EUROVAC. **Equipamentos Combinados**. Disponível em: <https://www.eurovac.com.br/equipamentos-combinados.php>. Acessado em setembro de 2023.

LIA RAMOS F.; FLORES, L. **Caracterización de sedimento acumulado em alcantarillas. Caso: Ciudad de Santander en España**. Anales Científicos. UNALM Vol. 70, N° 2, 2009. Universidad Nacional Agraria La Molina, 2009. p. 145-157. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6171115>. Acesso em: setembro de 2023.

LIMA, A. M. M. et al. **Dinâmica do hidroterritório da Região Metropolitana de Belém (PA)**. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 10, n. 5, pág. e25620514723-e25620514723, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14723>. Acesso em: 14 de julho de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama dos municípios**. Disponível em: <https://municipios.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama>. Acesso em: setembro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama dos municípios**. Disponível em: <https://municipios.ibge.gov.br/brasil/pa/anandindeua/panorama>. Acesso em: setembro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama dos municípios**. Disponível em: <https://municipios.ibge.gov.br/brasil/pa/marituba/panorama>. Acesso em: setembro de 2023.

Leite, Analiza C. F. **Redução do custo operacional em processos de desobstrução de sistemas Sanitários utilizando reuso de efluentes de estação de tratamento de esgoto sanitário**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Pernambuco, 2022. 70 Pg.

LIMA, M. L. V. de. **Infraestrutura de esgoto sanitário no município de Belém: cobrança por serviços de esgotamento sanitário nas bacias hidrográficas do Reduto e do Una**. 2006. Disponível em: <[http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3555/4/Dissertacao\\_Infr aestruturaEsgotoSanitario.pdf](http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3555/4/Dissertacao_Infr aestruturaEsgotoSanitario.pdf)>. Acessado em: setembro de 2023.

G1 PARÁ. **Operação apura crimes ambientais no Aterro Sanitário de Marituba, no Pará**. Portal de notícias, filial da emissora de televisão do grupo Globo, no estado do Pará, dezembro

de 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/policia-civil-e-ministerio-publico-fazem-operacao-para-combater-crimes-ambientais-no-para.ghtml>. Acessado em setembro de 2023.

HUTTON G.; CHASE C. **The Knowledge Base for Achieving the Sustainable Development Goal Targets on Water Supply Sanitation and Hygiene.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph13060536>. Acesso em: 30 jun. 2024.

METCALF, Eddy. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos [recurso eletrônico].** Tradução: Ivanildo Hespanhol e José Carlos Mierzwa. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

NORMATIVA, Resolução. **NR 32. Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde.** 2019. 32: 1–9.

OMS-Organização Mundial da Saúde. **Saneamento.** 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/s>. Acesso em: 30 jun. 2024.

PEREIRA, José Almir Rodrigues; SILVA, Jaqueline Maria Soares da. **Rede Coletora de Esgoto Sanitário: projeto, construção e operação.** 2ª ed. ver. e ampl. Belém, 2010.

PREFEITURA DE FORTALEZA. Secretaria Municipal do Urbanismo e Meio Ambiente. **Manual do plano de gerenciamento de resíduos.** 2022. Fortaleza, 2022. Disponível em: [https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/manuais/manual\\_residuos\\_solidos.pdf](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/manuais/manual_residuos_solidos.pdf).

PROMINAS. **Prominas Brasil Equipamentos LTDA. Manual de Manutenção e Operação. Equipamento Sistema de Limpeza Misto. Modelo: SLM-125. Número de Controle: SLM-902. Catálogo digital.** São Carlos-SP, 2015. Disponível em: <https://www.prominas.com.br/pt-br/equipamentos-de-limpeza>.

REIS, Danielle; REIS, Freide; LOPES, Flávio Humberto Pascarelli. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei No 12.305/2010) e Educação Ambiental.** Revista Interdisciplinar do Direito - Faculdade de Direito de Valença, v. 14, n. 1, p. 99–111, 2017.

SANTOS J. **DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO.** Apostila digital. Laboratório de Geotecnia e Pavimentação. Centro de Ciências Tecnológicas - CCT. Departamento de Engenharia Civil - DEC. Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Santa Catarina. 2017. Disponível em: [https://www.udesc.br/arquivos/cct/id\\_cpmenu/1036/Apostila\\_Umidade\\_dos\\_solos\\_15816259\\_409124\\_1036.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/1036/Apostila_Umidade_dos_solos_15816259_409124_1036.pdf)

S. Claudio Ferreira dos, Medeiros, Romulo De, Negromonte Diniz, Roberto Franco, and Celso Fernandes. “Ii-185 - **Planos e Programas Para Eficiência Operacional de Esgotamento Sanitário.**” (1): 1–10. 2017.

SILVA, Gabriela Rousi Abdon da. **Caracterização dos sólidos sedimentados em três pontos da rede coletora de esgoto da região metropolitana de Belém-PA.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, 2022.

SILVEIRA, Alexandre. **Sistema de Esgoto e Drenagem Urbana**. Instituto de Ciências e Tecnologia, Campus Poços de Caldas. Apresentação em \*.ppt de Aulas: Sistemas de Esgoto. Curso: Engenharia Ambiental. 8º Semestre. Universidade Federal de Alfenas-UNIFAL, MG, 2017. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/amp/4252912/>. Acessado: 06 de maio de 2023.

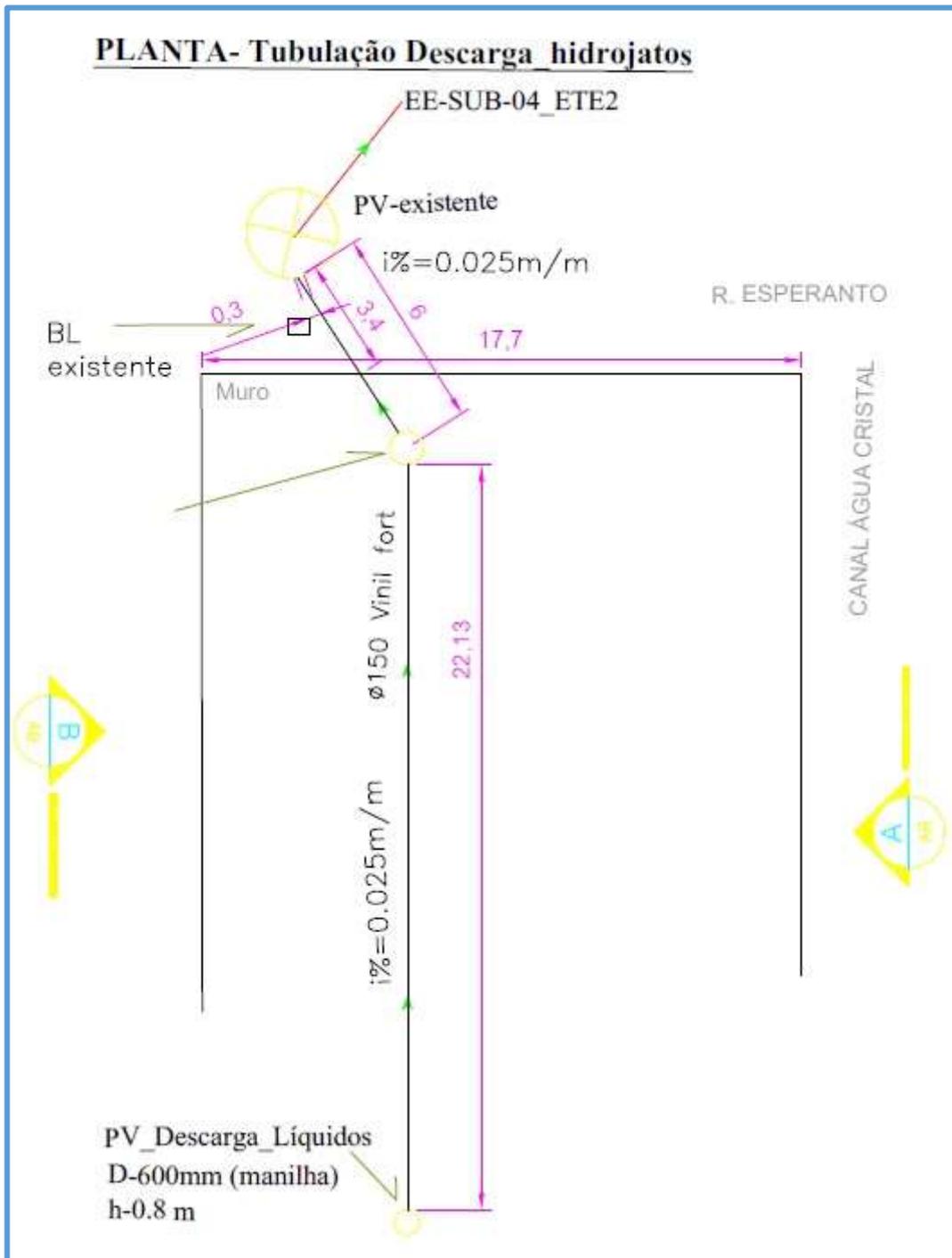
VILLA, Yocelyn B.; RYALS, Rebecca. **Soil Carbon Response to Long-Term Biosolids Application**. Journal of Environmental Quality, v. 50, n. 5, p. 1084–96, 2021.

WALKER, Robert. **The Early History of PVC Pipe**. PE [Uni-Bell PVC Pipe News, junho de 1990]. Disponível em: <http://www.theplumber.com>. Acesso em: setembro de 2023.

YAMANE, Luciana Harue. **Avaliação da higienização do resíduo de caixa de areia de estações de tratamento de esgoto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

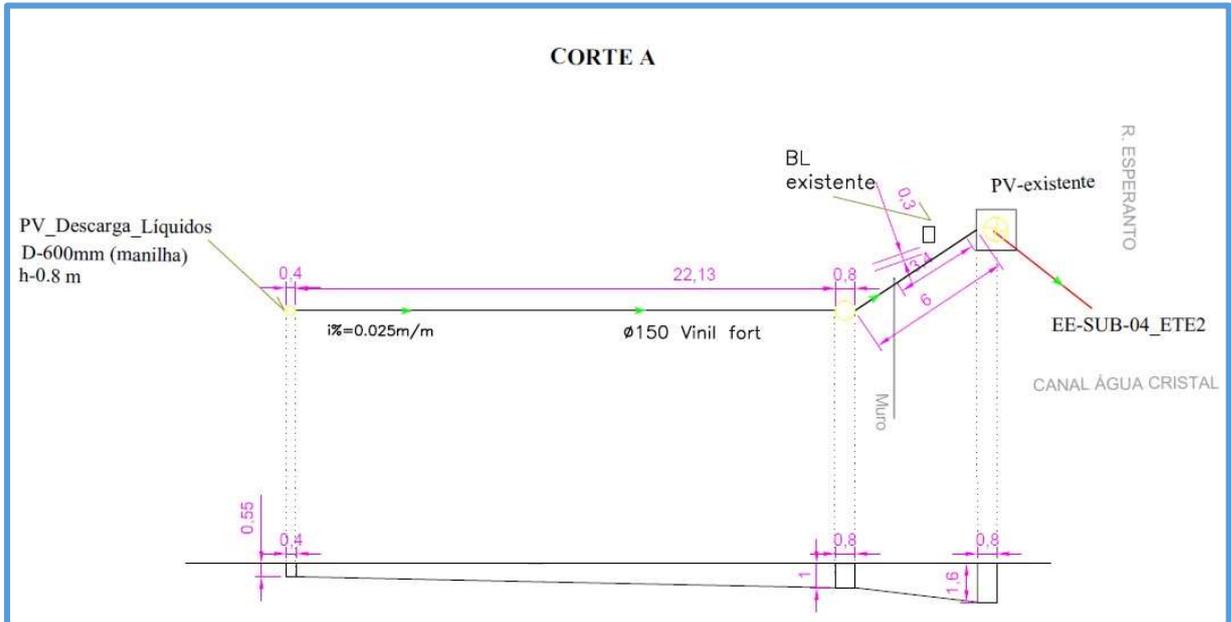


**APÊNDICE 2 – Planta da rede coletora para descarga da parte líquida dos resíduos, conectando o PV anexo do local de acondicionamento ao PV da EEEB-4**



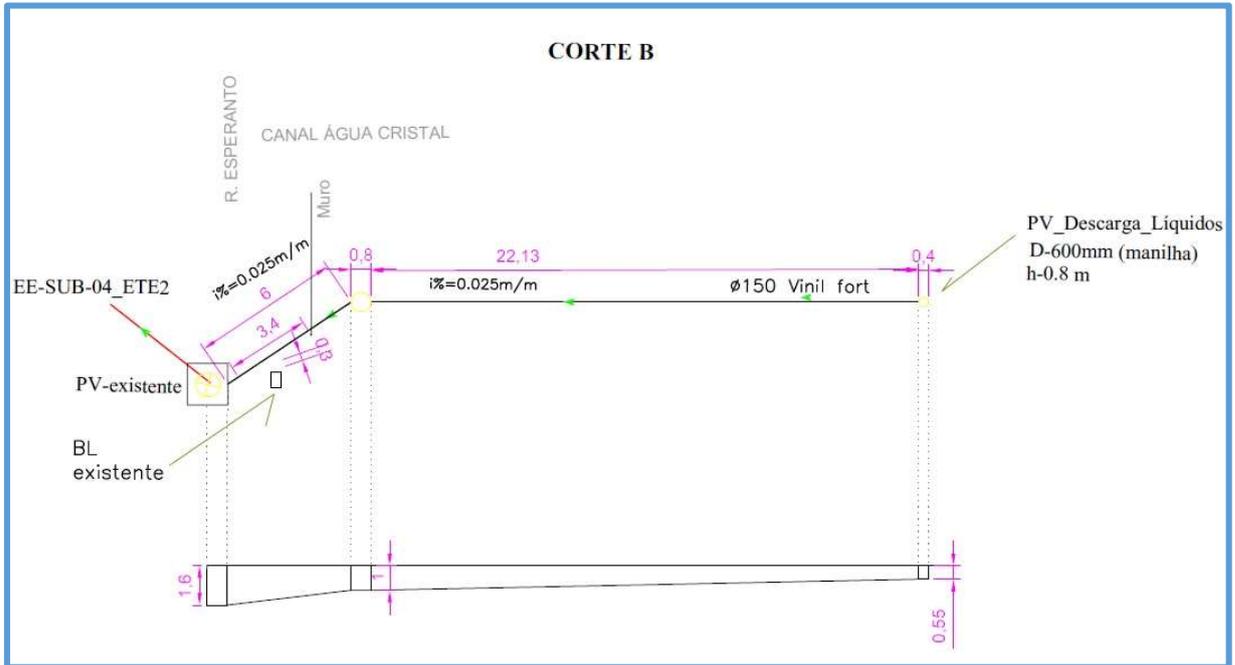
Fonte: Autor, 2024.

**APÊNDICE 3 - Corte A da rede implantada no local de descarga e  
acondicionamento dos resíduos.**



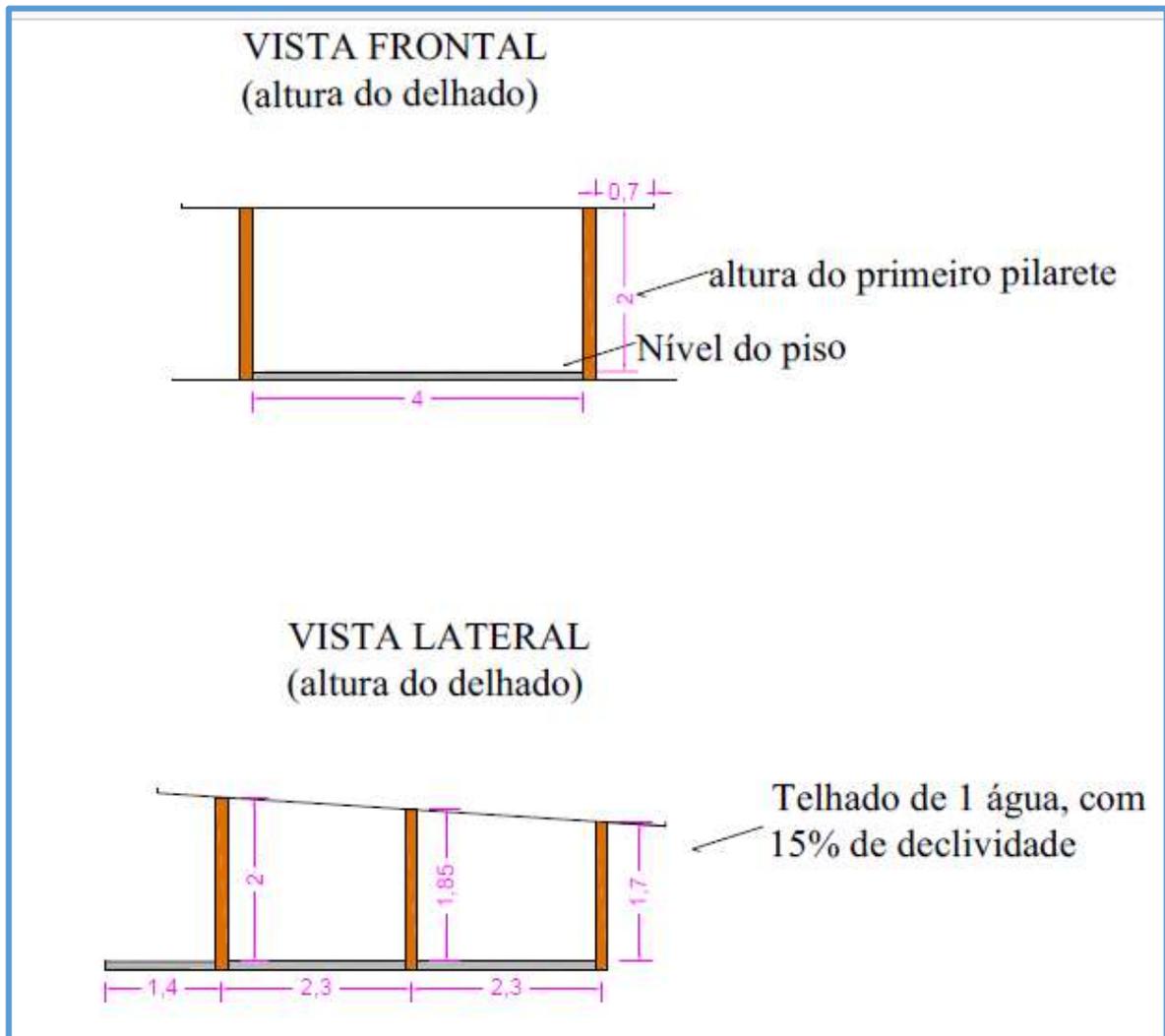
Fonte: Autor, 2024.

## APÊNDICE 4 - Corte B da rede implantada no local de descarga e acondicionamento dos resíduos



Fonte: Autor, 2024.

#### APÊNDICE 4 - Vista frontal e lateral do local de acondicionamento dos resíduos



Fonte: Autor, 2024.

**APÊNDICE 5 – Lista de materiais utilizados na execução do local de acondicionamento dos resíduos**

<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>QUANTIDADE</b>
1	Manilha em concreto armado: D-600mm, h-1 m.	2 unid.
2	Capoeira em concreto armado: 1.0 x 1.0 x 0.015 m.	2 unid.
3	Tubulação PVC Vinil Fort: DN-150 mm.	2 unid.
4	Bloquetes sextavados.	24 m <sup>2</sup>
5	Manta geotextil BIDIM para impermeabilização.	24 m <sup>2</sup>
6	Impermabilizante para assentamento da manta geotêtil	12 kg
7	Areia branca.	4,8 m <sup>3</sup>
8	Telha translúcida em PRFV: 2.44 x 0,5 x 0,006 m.	16 unid.
9	Pernamancas em madeira para telhado: 5.0 x 0.006 x 0006 m.	05 unid.
10	Flexal em madeira para telhados: 4.0 x 0.012 x 0.006 m.	03 unid
11	Ripão em madeira para telhado: 5.0 x 0.05 x 0.018 m.	07 unid.
12	bloco compensador premaldado: 13.20 x 0.19 x 0.04 m.	2 fileiras

Fonte: Autor, 2024.

## **ANEXO - Proposta de Metodologia de Gerenciamento de Resíduos Removidos em Limpezas de RCE**

Esta proposta tem o objetivo de mitigar a ausência de planos de gerenciamento de resíduos gerados nos serviços de limpezas de redes coletoras de esgoto sanitário. E tem caráter emergencial, até que se implante, nas áreas de atuação da Companhia de Saneamento do Estado do Pará, plano de gerenciamento que contemple esses resíduos específico.

A seguir estão listadas as leis relacionadas as responsabilidades, as penalidades civis e criminais dos geradores desses resíduos, bem como, a norma brasileira utilizada que os classifica como perigosos ou não.

Em seguida estão descritos os passos importantes para a execução dessa metodologia.

### **1. Base Legal e Norma relacionadas:**

Na Lei Federal 6.938 de 1981, Política Nacional do Meio Ambiente-PNMA, em seu artigo 3º, inciso IV é dado o entendimento que o poluidor é, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental.

Na Lei Federal 9.605 de 1998 é imputada as responsabilidades administrativas, civil e penal aos responsáveis pelos problemas ambientais advindos da destinação inadequada dos resíduos sólidos gerados.

*“Art. 2º Quem, de qualquer forma, ..., bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la. ”*

*“Art. 3º As pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente conforme o disposto nesta Lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade.”*

Na Lei Federal 12.305 de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS e altera a Lei Federal 9.605 de 1998, em seu artigo 3º, inciso XVII, é disposto que os geradores estão sujeitos a elaboração de plano de gerenciamento de seus resíduos gerados, incluindo os geradores responsáveis por manter e operar os Sistemas de Esgotamento Sanitário-SES, ou seja, obrigados a elaborar plano de gerenciamento de resíduos sólidos-PGRS.

A Norma Brasileira ABNT-NBR 10.004 de 2004, classifica os resíduos sólidos em: perigos classe I, não perigosos classe II, não-inerte classe II A e inerte classe II B, conforme suas fontes específicas.

## **2. Caracterizar o SESS, onde será implantado o gerenciamento, quanto:**

- 2.1 A existência de Estação de Tratamento de Esgoto sanitário com área disponível;
- 2.2 A existência de Elevatórias de Esgoto Bruto com área disponível;
- 2.3 Extensão de RCE e seu estado de conservação da RCE;
- 2.4 Existência de relatório gerencias dos serviços de manutenção RCE;

Essa informações são premissa para o conhecimento do SES onde está sendo gerado os resíduos a serem gerenciados, afim de que seja implantado um local de acondicionamento para destinação final desses resíduos.

## **3. Caracterizar os caminhões hidrojateadores utilizados nas limpezas de RCE local, quanto:**

- 3.1 Ao tipo utilizado se: só jato, só alta sucção ou combinado tipo hidrovácuo;
- 3.2 A capacidade dos tanques de detritos, em m<sup>3</sup> ou em litro, levantando as dimensões reais do mesmo como: comprimento e diâmetros, no caso, considerando formato geométrico ser cilíndrico, pois em geral se utiliza esse formato;

Observação: pode ser utilizada em campo as planilhas modelo disponível apresentadas na Tabela 02 e Figura 16 encontrada na Metodologia deste trabalho;

Nesta etapa deve se atentar para a precisão das informações coletadas em campo, como as dimensões dos tanques de detrito dos caminhões, pois estas informações alimentaram o modelo matemático e, quanto mais precisa as informações de campo mais preciso será a resposta do modelo matemático na determinação dos volume gerados.

## **4. Caracterizar qualitativamente os resíduos removidos das RCE, quanto aos parâmetros:**

- 4.1 Físicos;
- 4.2 Químicos;
- 4.3 Biológicos.

Observação: Em caso de impossibilidade e inexistências de informações locais, peculiares a região, pode ser adotado parte dos das reunido neste trabalho, apenas como referência inicial replicação desta metodologia, até que se obtenha os dados reais locais.

## **5. Caracterizar quantitativamente os resíduos removidos nas limpezas das RCE, quanto:**

- 5.1 Ao volume gerado, mensalmente, em m<sup>3</sup> de sólidos grosseiro;
- 5.2 Ao volume gerado, mensalmente, em m<sup>3</sup> de sólidos não grosseiros.

Observação: para este levantamento do volume gerado de sólidos não grosseiro, pode ser utilizada, para obtenção de dados de em campo, o exemplo de planilha apresentada na Figura 15 e 16 da metodologia deste trabalho, bem como, a planilha elaborada com do modelo matemático utilizada neste trabalho, no item resultados, apresentado na Figura 49 e, disponibilizada via e-mail: edgleuberson@gmail.com e pelo link abaixo:

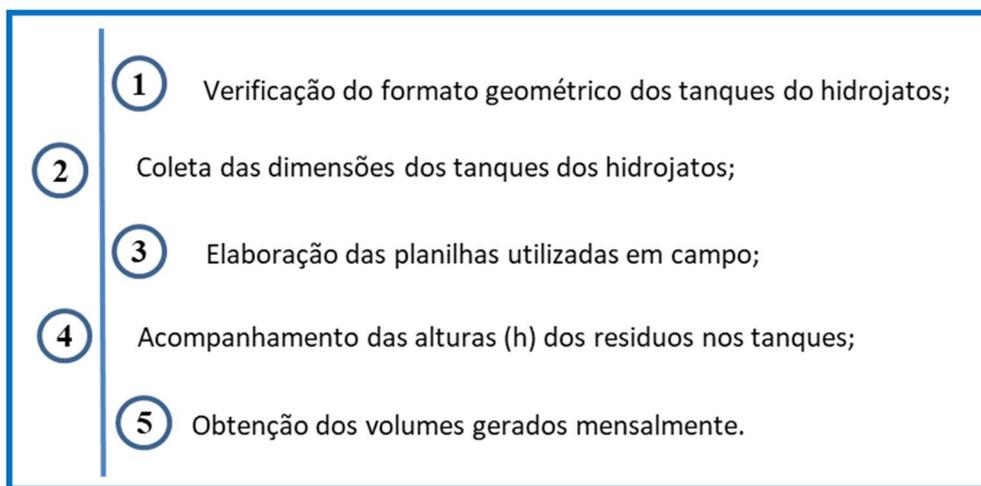
[https://docs.google.com/spreadsheets/d/12LPLLvPRy29FexukpnFVQhX1u-suO0wS/edit?usp=drive\\_link&oid=106260294045471373578&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/12LPLLvPRy29FexukpnFVQhX1u-suO0wS/edit?usp=drive_link&oid=106260294045471373578&rtpof=true&sd=true)

Para acessar o link acima deve-se enviar solicitação, que após o aceite, será possível o acesso total ao arquivo original, com legenda de orientações para o preenchimento.

Esta etapa é importante para o conhecimento e monitoramento dos volumes gerados de resíduos não grosseiros, e a partir deste quantitativo (volume gerado) é possível se dimensionar: o tamanho do local necessário para acondicionamento, o quantitativo de cal a ser utilizado na higienização e o transporte para destinação final.

Na Figura 1, desta proposta, está apresentado os passos principais para execução desta etapa.

Figura 1-Principais passos para a execução desta etapa.



Fonte: Autor, 2024.

## **6. Definir local mais adequado tecnicamente para acondicionamento desses resíduos, considerando:**

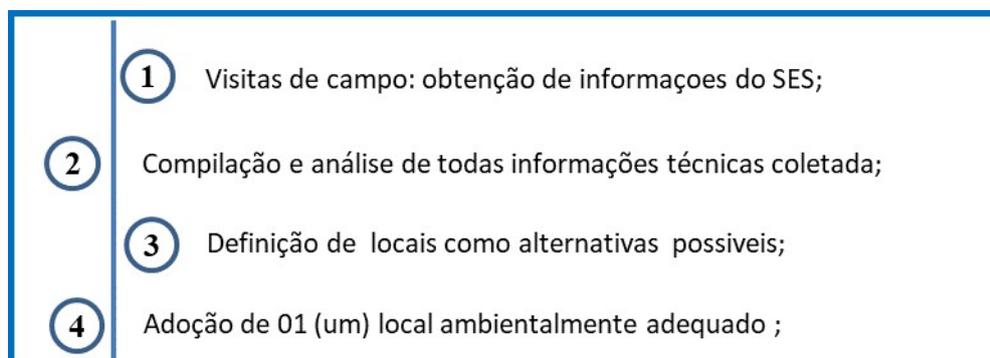
6.1 Melhores disponibilidades de área para futura ampliação;

6.2 Proximidades com uma unidade preliminar de uma ETE ou uma Elevatória dessa ETE;

6.3 Proximidades da base da unidade de manutenção local, devido entre outros a fatores de segurança pessoal e patrimonial.

Na Figura 2, desta proposta, está apresentado os passos principais para execução desta etapa.

Figura 2-Principais passos para a execução desta etapa.



Fonte: Autor, 2024.

## **7. Local de acondicionamento dos resíduos, considerando:**

7.1 Piso impermeável e que possibilite a realização da calagem;

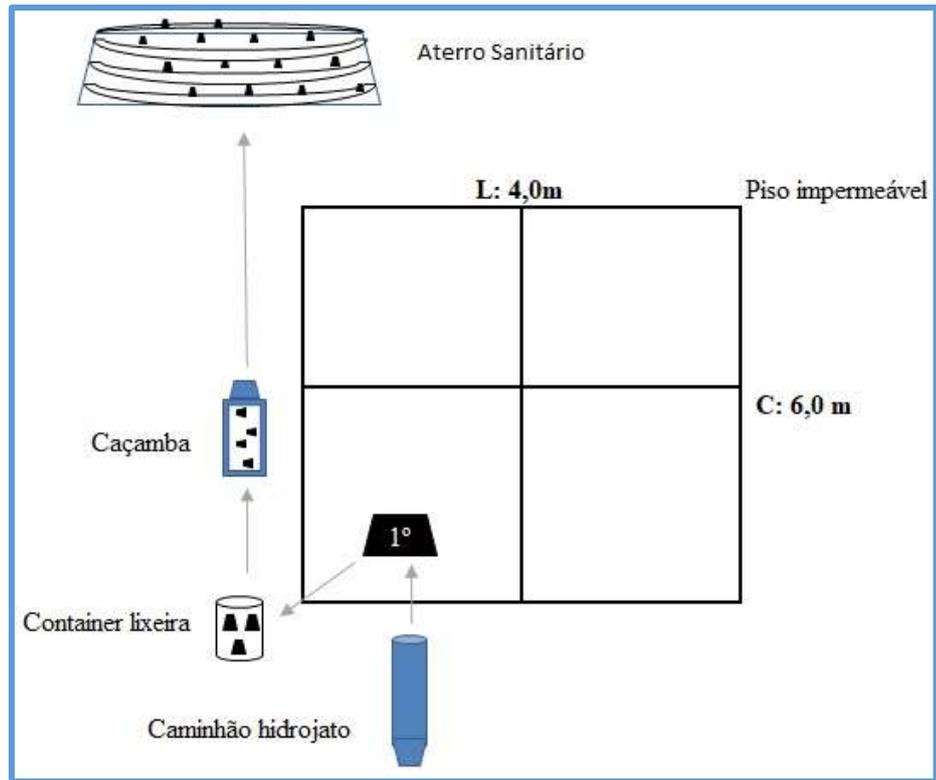
7.2 Cobertura transparente para a insolação e proteção contra umidade;

7.3 Área suficiente que possibilite o armazenamento após a calagem até a destinação final;

7.4 Deve conter, pelo menos 01 (uma) lixeira container em PVC de 240L, para separação e armazenamento dos resíduos sólidos grosseiros como: garrafas pets, sacolas e plásticos em geral.

Na Figura 3, desta proposta, está apresentado um exemplo de fluxograma da rota de resíduos sólidos grosseiros como: plásticos em geral, papel e pedaços de madeira, partindo da posição 1 com destino final a aterro sanitário.

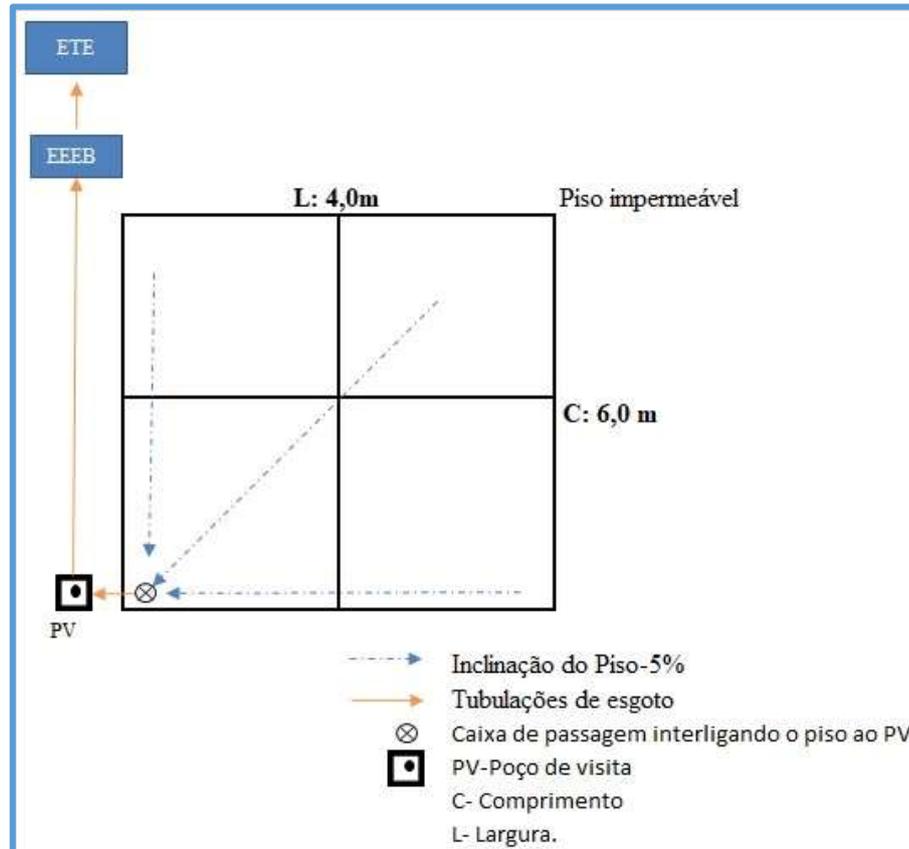
Figura 3- Exemplo de fluxograma da rota de resíduos sólidos grosseiros.



Fonte: Autor, 2024.

Na Figura 4, desta proposta, está apresentado um exemplo de fluxograma da rota dos resíduos líquidos despejados diretamente no PV anexo ao local como a parte líquida que escorre dos resíduos não grosseiro como areias.

Figura 4- Exemplo de fluxograma da rota dos resíduos líquidos.



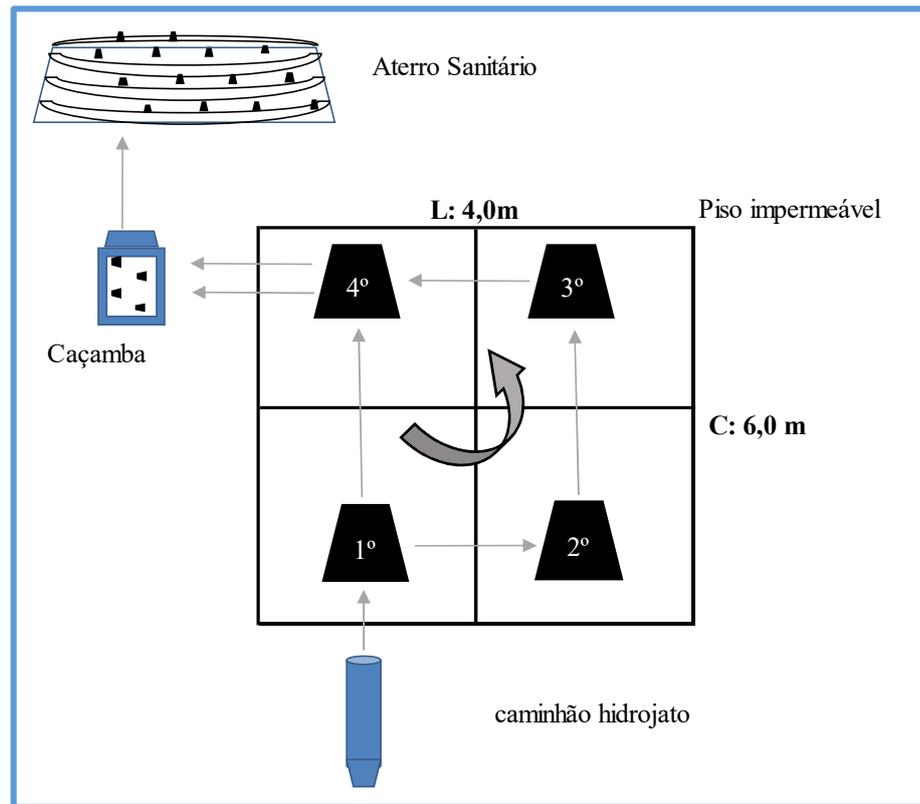
Fonte: Autor, 2024.

## 8. Procedimento operacional-Pop do local de acondicionamento dos resíduos:

- 8.1 Primeiro despeja-se a parte lida no PV anexo;
- 8.2 Em seguida, após abertura do tanque de detrito realiza-se a raspagem dos sólidos não grosseiros, para a **posição 1**, do fluxograma a baixo;
- 8.3 Após sete dias, ou uma semana, realiza-se a calagem, na dosagem 10% de cal e remove-se para a **posição 2**, liberando a **posição 1**, do fluxograma;  
Observação: a dosagem de 10% de cal, significa que pode ser para cada 10 pás de resíduos deve ser adicionado e misturado 01(uma) de cal.
- 8.4 Na semana seguinte o resíduos da **posição 2**, já pode ser movida para a **posição 3** e **4** e assim sucessivamente, liberando a **posição 1** para novo ciclo.
- 8.5 Para as condições em que seja gerado pouco volume de sólidos não grosseiros, será possível a remoção dos resíduos da **posição 2** direto para a **posição 4**, isso somente após os sete dias da realização da calagem.

Na Figura 5, desta proposta, está apresentado um exemplo de fluxograma da rota dos resíduos não grosseiros.

Figura 5- Exemplo de fluxograma da rota dos resíduos não grosseiros.



Fonte: Autor, 2024.

## 9. Considerações Finais

Esta proposta tem objetivos de mitigar a ausência de planos de gerenciamento de resíduos gerados nas execuções dos serviços de manutenções de redes coletora, bem como, subsidiar sua implantação no Estado do Pará.

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível observar, a partir dos vários desafios enfrentados, que há ainda muitas possibilidades de contribuição para melhoria do mesmo, como por exemplo, a aplicação de outros métodos ou modelos matemáticos para determinação dos volumes dos resíduos não grosseiros gerados, obviamente considerando, a geométrica dos tanques de detritos dos caminhões hidrojateadores. Outro exemplo que pode ser citado, é o material utilizado para impermeabilização do piso do local utilizado no acondicionamento dos resíduos gerados, que neste trabalho foi utilizado bloquetes sextavados e manta geotêxtil, no lugar de concreto armado, devido aos custos ser entorno de 5 (cinco) vezes a menor.

E para continuar avançando nas melhorias desta proposta aceita-se do caro leitor colaborações e opiniões, visando sempre maior eficácia no gerenciamento dos resíduos gerados, maior praticidade na obtenção das informações de campo e também, possam colaborar na melhoria da didática de apresentação para os interessados em replicação. Desde já agradeço!