

ANEXO II – TERMO DE REFERÊNCIA

CONCESSÃO ADMINISTRATIVA DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE CATALÃO/GO

Catalão, 2024

Sumário

1. Dos Objetivos	14
2. Do Objeto	14
3. Metas para Atendimento.....	15
4. Limpeza Urbana	17
4.1. Varrição mecanizada.....	17
4.1.1. Concepção do Serviço	17
4.2. Varrição manual de vias e logradouros.....	23
4.2.1. Concepção do Serviço	23
4.3. Varrição manual de feiras, praças e eventos públicos	28
4.3.1. Concepção do Serviço	28
4.4. Lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano.....	34
4.4.1. Concepção do Serviço	34
4.5. Limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e pintura de meio fio.....	40
4.5.1. Concepção	40
5. Manejo de Resíduos Sólidos	47
5.1. Concepção Geral.....	47
5.2. Características, Classificação e Tipologia	47
5.3. Plano Nacional de Resíduos Sólidos	48
5.4. Resíduos Sólidos Urbanos	50
5.4.1. Concepção dos Resíduos Sólidos Urbanos	50
5.4.2. Concepção dos serviços de manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos	52

5.4.3.	Estudo de projeção populacional	52
5.4.4.	Premissas	64
5.4.5.	Premissas gerais	65
5.4.6.	Premissas específicas	65
5.4.7.	Processo de trabalho	69
5.4.8.	Tecnologias propostas	71
5.4.9.	Insumos utilizados	71
5.4.10.	Projeção de mão de obra	72
5.5.	Resíduos Recicláveis	73
5.5.1.	Concepção dos Resíduos Recicláveis	73
5.5.2.	Concepção dos serviços de manejo dos Resíduos Recicláveis	74
5.6.	Resíduos Volumosos e de Construção Civil (Entulhos).....	82
5.6.1.	Características dos Resíduos Volumosos	82
5.6.2.	Características dos Resíduos da Construção Civil	82
5.6.3.	Concepção dos serviços de manejo dos Resíduos Volumosos e de Construção Civil (entulhos)	83
5.7.	Resíduos de Serviços de Saúde.....	90
5.7.1.	Características dos Resíduos de Serviços de Saúde	90
5.7.2.	Acondicionamento dos Resíduos Sólidos de Saúde	91
6.	Unidade de Tratamento e Destinação de Resíduos	100
6.1.	Concepção da Unidade de Tratamento e Destinação de Resíduos	100
6.2.	Características das Tecnologias de Destinação e Tratamento De Resíduos	101

6.2.1.	Usina de triagem	101
6.2.2.	Unidade de reciclagem - Materiais de comercialização	102
6.2.3.	Unidade de reciclagem - Compostagem	102
6.2.4.	Célula de indiferenciados - Aterramento	102
6.2.5.	Usina Térmica	103
6.3.	Tratamento e Destinação de Resíduos Domiciliares, Comerciais e de Limpeza Urbana	105
6.3.1.	Concepção dos serviços de tratamento e destinação de resíduos domiciliares, comerciais e de limpeza urbana	105
6.4.	Tratamento e Destinação de Resíduos Recicláveis.....	159
6.4.1.	Concepção dos serviços de tratamento e destinação do Resíduos Recicláveis	159
6.5.	Tratamento e Destinação de Resíduos Volumosos e Construção.....	166
6.5.1.	Concepção dos serviços de tratamento e destinação de Resíduos Volumosos e de Construção Civil (entulhos)	166
7.	Educação Ambiental e Ecopontos	175
7.1.	Concepção.....	175
7.1.1.	Concepção de Educação Ambiental	175
7.1.2.	Concepção dos Serviços	175
7.1.3.	Premissas	175
7.1.4.	Processo de Trabalho	176
7.1.5.	Tecnologias Propostas	177
7.1.6.	Insumos Utilizados	178
7.1.7.	Projeção de Mão De Obra	178

7.1.8. Instalação de Ecopontos	179
Quantidade de brita (m ³)	181
Limpeza do terreno (m ²)	181
8. Administração Local, Atendimento ao Usuário e Ouvidoria	183
8.1. Concepção do Serviço	183
8.1.1. Premissas	184
8.1.2. Processo de Trabalho	185
8.1.3. Tecnologias Propostas	186
8.1.4. Insumos Utilizados	187
8.1.5. Projeção de Mão de Obra	188
9. REFERÊNCIAS	189

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de projeção populacional	60
Figura 2 - Comparativo com a estimativa do IBGE	62
Figura 3 - Gráfico da população projetada	63
Figura 4 - Curva de Produção de Enriquecimento de Biogás.....	119
Figura 5 - Produção Estimada de Energia	119
Figura 6 - Área proposta para ampliação do aterro sanitário	150

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Metas a serem alcançadas pelo Município de Catalão	15
Quadro 2 - Parâmetros a serem analisados para monitoramento da qualidade do ar	138
Quadro 3 - Parâmetros a serem analisados nas amostras de efluente do aterro	140

LISTA DE EQUAÇÕES

(Equação 1).....	18
(Equação 2).....	19
(Equação 3).....	19
(Equação 4).....	23
(Equação 5).....	24
(Equação 6).....	24
(Equação 7).....	29
(Equação 8).....	29
(Equação 9).....	30
(Equação 10).....	35
(Equação 11).....	35
(Equação 12).....	36
(Equação 13).....	36
(Equação 14).....	37
(Equação 15).....	41
(Equação 16).....	42
(Equação 17).....	42
(Equação 18).....	54
(Equação 19).....	54
(Equação 20).....	55
(Equação 21).....	55
(Equação 22).....	56
(Equação 23).....	56
(Equação 24).....	57
(Equação 25).....	57
(Equação 26).....	58
(Equação 27).....	65
(Equação 28).....	65
(Equação 29).....	66
(Equação 30).....	66
(Equação 31).....	67
(Equação 32).....	67
(Equação 33).....	67
(Equação 34).....	68
(Equação 35).....	68
(Equação 36).....	69
(Equação 37).....	74
(Equação 38).....	74
(Equação 39).....	75
(Equação 40).....	75

(Equação 41).....	76
(Equação 42).....	76
(Equação 43).....	76
(Equação 44).....	77
(Equação 45).....	77
(Equação 46).....	83
(Equação 47).....	83
(Equação 48).....	84
(Equação 49).....	84
(Equação 50).....	84
(Equação 51).....	85
(Equação 52).....	85
(Equação 53).....	86
(Equação 54).....	86
(Equação 55).....	92
(Equação 56).....	92
(Equação 57).....	94
(Equação 58).....	94
(Equação 59).....	95
(Equação 60).....	95
(Equação 61).....	105
(Equação 62).....	105
(Equação 63).....	108
(Equação 64).....	108
(Equação 65).....	110
(Equação 66).....	110
(Equação 67).....	111
(Equação 68).....	111
(Equação 69).....	112
(Equação 70).....	112
(Equação 71).....	112
(Equação 72).....	113
(Equação 73).....	113
(Equação 74).....	113
(Equação 75).....	114
(Equação 76).....	161
(Equação 77).....	162
(Equação 78).....	166
(Equação 79).....	166
(Equação 80).....	167
(Eq. 81).....	167
(Equação 82).....	169

(Equação 83).....	169
(Equação 84).....	176
(Equação 85).....	176
$VS = VC * (1 + TE)$ (Equação 86).....	180
(Equação 87).....	184
(Equação 88).....	184
(Equação 89).....	185

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Metas de atendimento.....	16
Tabela 2 - Equipamentos para varrição mecanizada	20
Tabela 3 - Vida útil dos utensílios	21
Tabela 4 - Insumos, uniformes e EPIs	21
Tabela 5 - Resumo de fornecimento.....	22
Tabela 6 - Equipamentos	26
Tabela 7 - Vida útil dos utensílios	27
Tabela 8 - Insumos, uniformes e EPIs	27
Tabela 9 - Resumo de fornecimento.....	28
Tabela 10 - Equipamentos	32
Tabela 11 - Vida útil dos utensílios	32
Tabela 12 - Insumos, uniformes e EPIs	33
Tabela 13 - Resumo de fornecimento.....	34
Tabela 14 – Equipamentos	38
Tabela 15 - Vida útil dos utensílios	39
Tabela 16 - Insumos, uniformes e EPIs	39
Tabela 17 - Resumo de fornecimento.....	40
Tabela 18 - Veículos e equipamentos.....	44
Tabela 19 - Vida útil dos utensílios	45
Tabela 20 - Insumos, uniformes e EPIs	45
Tabela 21 - Resumo de fornecimento.....	46
Tabela 22 - Censo demográfico Catalão (1970 - 2010).....	52
Tabela 23 - Horizonte de projeto.....	53
Tabela 24 - Método Aritmético (população total)	58
Tabela 25 - Método Geométrico (população total)	58
Tabela 26 - Método de linhas de tendência	59
Tabela 27 - Resumo das projeções	59
Tabela 28 - Taxa de Crescimento Populacional	60
Tabela 29 - Resumo das projeções comparando com a estimativa do IBGE	61
Tabela 30 - Resumo da projeção dos resíduos sólidos urbanos	63
Tabela 31 – Veículos e equipamentos	71
Tabela 32 - Vida útil dos utensílios	72
Tabela 33 – Insumos, EPIs e suas quantidades	72
Tabela 34 - Resumo de fornecimento.....	73
Tabela 35 - Equipamentos	79
Tabela 36 - Vida útil dos utensílios	80
Tabela 37 – Insumos, EPIs e suas quantidades	80
Tabela 38 - Resumo de fornecimento.....	81
Tabela 39 - Equipamentos	88
Tabela 40 - Vida útil dos utensílios	88

Tabela 41 – Insumos, EPIs e suas quantidades	88
Tabela 42 - Resumo de fornecimento.....	90
Tabela 43 - Projeção de resíduos de serviços de saúde	93
Tabela 44 – Veículos e equipamentos	98
Tabela 45 - Vida útil dos utensílios	98
Tabela 46 – Insumos, EPIs e suas quantidades	98
Tabela 47 - Resumo de fornecimento.....	99
Tabela 48 - Projeção de resíduos sólidos urbanos domiciliares - RSU.....	106
Tabela 49 - Projeção de resíduos sólidos urbanos de limpeza urbana - RPU	106
Tabela 50 - Equipamentos	147
Tabela 51 - Projeções das produções de Resíduos Domiciliares e volume de terra para Aterro Sanitário.....	148
Tabela 52 - Parâmetros de cálculos utilizados para dimensionamento das células.....	149
Tabela 53 - Projeções das Escavações e Células de Alçamento para as Obras de Ampliação	154
Tabela 54 - Serviços de Engenharia	154
Tabela 55 - Serviços Preliminares	155
Tabela 56 - Sistema de Circulação Interna.....	155
Tabela 57 - Terraplanagem, impermeabilização de solo.....	155
Tabela 58 - Sistema de drenagem horizontal.....	155
Tabela 59 - Sistema de drenagem vertical.....	155
Tabela 60 - Sistema de drenagem superficial.....	156
Tabela 61 - Sistema de tratamento de lixiviados lagoas de tratamento relocação	156
Tabela 62 - Sistema de tratamento de lixiviados interligação da base de ampliação das lagoas	156
Tabela 63 - Sistema de selagem	156
Tabela 64 – Sistema de Lavagem e Higienização de Máquinas e Equipamentos.....	157
Tabela 65 - Vida útil dos utensílios	157
Tabela 66 – Insumos, uniformes e EPIs	158
Tabela 67 - Resumo de fornecimento de mão de obra	159
Tabela 68 - Projeção de resíduos recicláveis.....	160
Tabela 69 - Equipamentos	163
Tabela 70 - Resumo de fornecimento de mão de obra	165
Tabela 71 - Projeção de resíduos volumosos e de construção civil (entulhos)	167
Tabela 72 – Máquinas, veículos e equipamentos	172
Tabela 73 - Vida útil dos utensílios.....	173
Tabela 74 – Insumos, EPIs e suas quantidades.	173
Tabela 75 - Resumo de fornecimento de mão de obra	174
Tabela 76 - Equipamentos Educação Ambiental.....	177
Tabela 77 -Vida útil dos utensílios e serviços auxiliares	178
Tabela 78 - Uniformes e EPIs.....	178
Tabela 79 - Desenvolvimento de conteúdo	178

Tabela 80 - Resumo de fornecimento.....	179
Tabela 81 - Equipamentos EcoPontos	180
Tabela 82 - Serviços de engenharia.....	181
Tabela 83 - Serviços preliminares	181
Tabela 84 - Vida útil dos utensílios e serviços auxiliares	182
Tabela 85 - Uniformes e EPIs.....	182
Tabela 86 - Resumo de fornecimento.....	183
Tabela 87 - Equipamentos	186
Tabela 88 - Vida útil dos utensílios e despesas do escritório	187
Tabela 89 – Quantidade de Insumos, uniformes, epi e despesa do escritório	187
Tabela 90 - Resumo de fornecimento.....	189

1. Dos Objetivos

O objetivo deste TERMO DE REFERÊNCIA é estabelecer as diretrizes e exigências técnicas, que deverão ser utilizadas para embasar as propostas dos licitantes para a realização do OBJETO da CONCESSÃO e prestação dos serviços na ÁREA DA CONCESSÃO, especificamente:

- Estabelecer as diretrizes, ações e parâmetros necessários para realização do OBJETO especificado no EDITAL, CONTRATO e neste TERMO DE REFERÊNCIA;
- Adequar os parâmetros de prestação do serviço OBJETO da CONCESSÃO ao disposto na Lei Federal Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007: Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico;
- Ressalta-se que este TERMO DE REFERÊNCIA cumpre, meramente, a função de apresentar os parâmetros técnicos mínimos para plena execução do OBJETO da CONCESSÃO.

2. Do Objeto

O OBJETO é a CONCESSÃO PARA A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE LIMPEZA URBANA, MANEJO DE RESÍDUOS E ADMINISTRAÇÃO CENTRAL, mais especificamente:

O serviço de LIMPEZA URBANA contemplará a execução das atividades de Varrição Mecanizada em Vias Públicas, Varrição Manual de Vias e Logradouros, Varrição manual de feiras, praças e eventos públicos, Lavagem e Raspagem de vias, praças, feiras e rotatórias e Capina e Limpeza de Sarjetas e Pintura de Meio Fio.

O serviço de MANEJO DE RESÍDUOS contemplará a execução das atividades de Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos Domiciliares, Recicláveis, Volumosos, de Limpeza Urbana, de Serviço de Saúde e Animais Mortos de Pequeno Porte, Usina de Triagem e Reciclagem, Usina de compostagem e Aterro Sanitário.

O serviço de ADMINISTRAÇÃO CENTRAL consistirá no suporte sobre reclamações, solicitações, elogios, reivindicações, denúncias, sugestões dos usuários e informações gerais

referentes aos serviços prestados no Município de Catalão/GO, bem como estrutura administrativa de condução e apoio à execução dos serviços, composta de pessoal de direção técnica, pessoal de escritório e de segurança (vigias, porteiros, seguranças etc.) e a realização da Educação Ambiental.

A CONCESSÃO do OBJETO tem o prazo previsto de 27 (vinte e sete) anos após a celebração do CONTRATO, em concordância com a legislação e normas técnicas vigentes.

3. Metas para Atendimento

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) é um instrumento previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos, e apresenta caminhos para se alcançar objetivo de garantir um processo eficiente na gestão de resíduos brasileira. Seguindo o que define o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) de 2022, foram estipuladas metas de atendimento para o município de Catalão/GO em seu Plano de Saneamento Básico (PMSB). As metas definidas no PMSB de Catalão estão dispostas na tabela a seguir:

Quadro 1 - Metas a serem alcançadas pelo Município de Catalão

Metas	Imediato (Ano 1 a 3)	Curto (Ano 4 a 8)	Médio (Ano 9 a 12)	Longo (Ano 13 a 20)
Índice de coleta de resíduos sólidos urbanos para zona urbana e rural	100%	100%	100%	100%
Índice de cobertura do serviço de coleta seletiva para zona urbana	100%	100%	100%	100%
Índice de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total coletada de resíduos sólidos urbanos	5%	10%	15%	20%
Índice de coleta de resíduos sólidos da construção civil	100%	100%	100%	100%
Índice de reciclagem do serviço de construção civil	100%	100%	100%	100%
Índice de coleta do resíduo de serviço de saúde	100%	100%	100%	100%
Índice de coleta do resíduo de serviço de saúde	100%	100%	100%	100%

Índice de massa de resíduos orgânico destinada ao tratamento biológico	2,5%	5%	7,5%	10%
------------------------------------------------------------------------	------	----	------	-----

Fonte: PMSB de Catalão, 2023.

Diante disto, são apresentadas a seguir as metas que serão consideradas na CONCESSÃO e deverão ser observadas pela CONCESSIONÁRIA durante a vigência do CONTRATO e que, juntamente com os INDICADORES DE QUALIDADE E DESEMPENHO PREVISTOS no ANEXO XII do CONTRATO, definem os termos e as características dos SERVIÇOS que deverão ser prestados pela CONCESSIONÁRIA aos USUÁRIOS.

Tabela 1 - Metas de atendimento

ANO	Cobertura da COLETA DOMICILIAR	Cobertura da COLETA SELETIVA ZONA URBANA	Cobertura da COLETA E TRATAMENTO DE RSS	RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS	Tratamento Biológico RESÍDUOS ORGÂNICOS	RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL
1	100%	100%	100%	5,0%	2,5%	100%
2	100%	100%	100%	6,7%	3,3%	100%
3	100%	100%	100%	8,3%	4,2%	100%
4	100%	100%	100%	10,0%	5,0%	100%
5	100%	100%	100%	11,0%	5,5%	100%
6	100%	100%	100%	12,0%	6,0%	100%
7	100%	100%	100%	13,0%	6,5%	100%
8	100%	100%	100%	14,0%	7,0%	100%
9	100%	100%	100%	15,0%	7,5%	100%
10	100%	100%	100%	16,3%	8,1%	100%
11	100%	100%	100%	17,5%	8,8%	100%
12	100%	100%	100%	18,8%	9,4%	100%
13	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
14	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
15	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
16	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
17	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
18	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
19	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
20	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
21	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
22	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
23	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
24	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
25	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
26	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%

27	100%	100%	100%	20,0%	10,0%	100%
----	------	------	------	-------	-------	------

Fonte: IPGC, 2023.

4. Limpeza Urbana

Os serviços de limpeza urbana são atividades desenvolvidas com o objetivo de manter a cidade limpa e segura. Esse serviço faz parte do Saneamento Básico e é essencial para a população, visto que está relacionada à saúde pública e ambiental. Dessa forma, assim como os demais serviços de saneamento, a limpeza urbana é muito importante para o controle de proliferação de vetores, melhoria dos aspectos estéticos e de bem estar da população.

Para o município de Catalão, o serviço de Limpeza Urbana contemplará a execução das seguintes atividades:

- Varrição mecanizada em vias públicas;
- Varrição manual de vias e logradouros;
- Varrição manual de praças e feiras e eventos públicos;
- Lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano; e
- Limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e pintura de meio fio

4.1. Varrição mecanizada

4.1.1. Concepção do Serviço

A varrição mecanizada consiste em um conjunto das atividades de limpeza necessárias para recolher, acondicionar e remover os resíduos sólidos dispersos nas vias e logradouros públicos e resíduos sólidos soltos nas guias e sarjetas, lançados por causas naturais ou pela ação humana, com o uso do caminhão equipado com a varredeira mecanizada dotada de escovas e sistema de captação de resíduos através de esteiras ou sistema de sucção.

4.1.1.1. Premissas

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir, são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de varrição mecanizada obtidas a partir de análise de dados referentes ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para efeito de composição das equipes, a varrição mecanizada foi estimada 758 (setecentos e cinquenta e oito) km mensais, sendo que o serviço será medido km. Este valor é referente às características e quantitativos analisados de acordo com os dados do município de Catalão, sendo que o serviço será realizado nas principais vias da região central do município, em que há maior movimentação. Na quilometragem mensal deve ser considerado deslocamento para descarga dos resíduos recolhidos na varrição mecanizada. O valor foi estimado 378,75 (trezentos e setenta e oito inteiros e setenta e cinco centésimos) km mensais necessários para o deslocamento.

A partir da quilometragem estimada para a varrição mecanizada foi calculado o número de varredoras necessárias para realização do serviço no município. A equação está descrita a seguir:

$$N = \frac{d}{25,25 * r} \quad \text{(Equação 1)}$$

Na qual:

N = Quantidade de varredoras

d = Quilometragem mensal de sarjeta a ser varrida (km)

r = Produtividade por varredeira (km de sarjeta/dia)

Foi considerado que o caminhão varredeira possui uma produtividade de 30 (trinta) km de sarjeta/dia.

Para o cálculo do número de equipes foi considerado o quantitativo de varredoras necessárias para o município, sendo que a equipe será composta por 1 (um) motorista e 1 (um) ajudante por equipamento.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad (\text{Equação 2})$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão.

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad (\text{Equação 3})$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

4.1.1.2. Processo de Trabalho

A varrição mecanizada deverá ser executada nos dois lados das superfícies de sarjetas de drenagem e nos separadores centrais das vias públicas quando existir, com o uso de equipamentos motorizados, dotados de escovas e sistema de captação de resíduos através de esteiras ou sistema de sucção, de forma eficiente, garantindo a segurança dos funcionários e da população, atendendo as demandas do serviço.

Deverá ser feita a remoção de todos os resíduos localizados nas sarjetas de drenagem ao longo das vias públicas e catação manual dos resíduos dispersos nas calçadas e separadores centrais abrangendo a extensão completa da área. Os varredores deverão estar munidos de equipamentos apropriados para remoção de folhas, bem como os demais equipamentos exigidos para a execução do serviço.

Durante a execução do serviço, deverá ser feita a sinalização adequada nos locais, para garantir a segurança dos funcionários e da população.

Os resíduos provenientes da execução dos serviços de varrição mecanizada deverão ser transportados com o auxílio do próprio caminhão varredeira até o local em que será feita a destinação final.

Os veículos e equipamentos deverão ser colocados em serviço abastecidos, equipados e mantidos em perfeitas condições de segurança, funcionamento, conservação e limpeza, com perfeito funcionamento do velocímetro, e mantidas as condições de pintura do equipamento, sendo que é de responsabilidade da CONCESSIONÁRIA a disponibilização de local para guarda de seus veículos e demais equipamentos quando estes não estiverem em serviço.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso seja identificado a existência de trechos não realizados, será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades. O PODER CONCEDENTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

O serviço de varrição mecanizada será **medido por km**, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

4.1.1.3. Tecnologias Propostas

Para a execução do serviço de varrição mecanizada, deverão ser dispostos os seguintes equipamentos.

Tabela 2 - Equipamentos para varrição mecanizada

Veículo/Equipamento	Quantidade	Vida útil
----------------------------	-------------------	------------------

Caminhão semipesado, 4x2, com tacógrafo, equipado com implemento varredeira mecanizada, com capacidade mínima de 6 m ³ , com tanque de água, luzes para operação noturna e com sinal sonoro de ré	1	4 anos
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil conforme indicado na tabela anterior.

4.1.1.4. Insumos utilizados

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi utilizada a Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá	0,5
Vassoura	1,5
Pacotes de sacos de lixo	1
Conjunto calça e camisa	2
Boné	4
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Luva	0,5
Coletes refletores	4

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de varrição mecanizada deverão ser dispostos os seguintes insumos, utensílios e EPIs:

Tabela 4 - Insumos, uniformes e EPIs

Insumos	Quantidade anual
Vassourão tipo gari	8
Pá	24
Sacos de lixo/dia	120
Uniformes	
Camiseta	12
Calça	12
Boné	3
EPIs	

Luvas de proteção	24
Capa de chuva	3
Sapato de segurança	12
Coletes refletivos	3

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento deverá levar em consideração a Tabela 3, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerar o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

4.1.1.5. *Projeção de mão de obra*

Para calcular a mão de obra necessária para a realização do serviço de varrição mecanizada, foi considerada apenas a produção e a capacidade da varredeira mecanizada, de acordo com a divisão de turnos. Considerando que o serviço é realizado pelo equipamento, é necessário somente a disponibilização de 1 (um) auxiliar para a realização do serviço. Dessa forma, para a execução do serviço de varrição mecanizada deverá ser disposta a seguinte mão de obra:

- Período noturno: 1 (um) motorista com CNH compatível e 1 (um) auxiliar;
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços.

Os horários dos serviços de varrição mecanizada serão:

- Período noturno: de segunda feira a sábado, das 19h:00min às 03h:15min, com intervalo de 01h:00min.

Descreve-se o resumo de fornecimento a seguir:

Tabela 5 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Motorista/Encarregado, com CNH compatível	1	Noturno
Auxiliar	1	Noturno
Quantitativo de equipes	1	Noturno

Fonte: IPGC, 2023.

4.2. Varrição manual de vias e logradouros

4.2.1. Concepção do Serviço

A varrição manual consiste em um conjunto de atividades necessárias para recolher, acondicionar e remover os resíduos sólidos lançados por causas naturais ou pela ação humana em vias e logradouros públicos, compreendendo as sarjetas, os canteiros centrais os passeios em faixa máxima de 3,50 (três inteiros e cinquenta centésimos) m de largura do meio-fio para as calçadas e de 50 (cinquenta) do meio-fio para a pista de rolamento, por meio da utilização de equipamentos manuais de varrição.

4.2.1.1. Premissas

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de varrição manual obtidas a partir de análise de dados referente ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para efeito de composição das equipes, a varrição manual foi estimada em 7.221 (sete mil duzentos e vinte e um) km mensais, sendo que o serviço será medido km. Este valor é referente às características e quantitativos analisados de acordo com os dados do município de Catalão. A produção por dia por varredor será de 4,5 (quatro inteiros e cinco centésimos) km de sarjeta/dia por lado de rua.

A partir da quilometragem estimada para a varrição manual foi calculado o número de varredores necessários para realização do serviço no município. A equação está descrita a seguir:

$$N = \frac{d}{25,25 * r} \quad \text{(Equação 4)}$$

Na qual:

N = Quantidade de varredores

d = Quilometragem mensal de sarjeta a ser varrida (km)

r = Produtividade por varredor (km de sarjeta/dia)

Para o cálculo do número de carrinheiros foi considerado o quantitativo de 1 (um) carrinheiro a cada 2 (dois) varredores. Para a composição de equipes considerou-se que 1 (um) equipe será composta por 2 (dois) varredores e 1 (um) carrinheiro. Foi considerado ainda 1 (um) líder de equipe a cada 20 (vinte) varredores.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad \text{(Equação 5)}$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão.

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad \text{(Equação 6)}$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

4.2.1.2. *Processo de Trabalho*

Os serviços de varrição manual deverão ser executados ao longo das vias pavimentadas em cada uma das suas margens, passeios e sarjetas, e dos canteiros centrais ajardinados ou não e demais logradouros públicos, com o uso de equipamentos como carrinho Lutocar com capacidade mínima para 100 litros, com rodas e pedal, vassouras, pás, sacos plásticos e outros equipamentos necessários para a execução do serviço de forma eficiente, garantindo a segurança dos funcionários e da população, atendendo as demandas do serviço.

Deverá ser feita toda a remoção e acondicionamento dos resíduos soltos nas vias e logradouros públicos lançados por causas naturais ou pela ação humana, através da varrição e catação, bem como o recolhimento dos resíduos das lixeiras municipais existentes nas ruas, avenidas, praças e feiras livres. Os resíduos deverão ser depositados em sacos plásticos na cor amarela de no mínimo 100 (cem) litros com micra de 0,8 (oito décimos) mm, (conforme norma NBR 9191, de julho/2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT) e posteriormente deixados nas vias, em locais seguros, para que seja feita a coleta pelo caminhão de coleta de resíduos de varrição no qual serão, então, encaminhados à destinação final.

A diferenciação da cor dos sacos é para identificação de que aqueles resíduos são provenientes do serviço de varrição manual. Os sacos devem ser dispostos de forma alinhada ao passeio público para não prejudicarem o tráfego de veículos e o trânsito dos pedestres, garantindo a segurança dos mesmos.

Os resíduos que se acumularem em grelhas das bocas de lobo também deverão ser recolhidos para que não se tenha problemas relacionados à vazão pluvial. Os papéis, plásticos e outros resíduos similares acumulados sobre os gramados e áreas ajardinadas de canteiros centrais deverão ser removidos.

A equipe de varrição que, porventura, encontrar animais mortos de pequeno porte durante a execução dos serviços de varrição manual, comunicará ao responsável indicado pelo PODER CONCEDENTE para que seja feita a coleta e encaminhamento para a destinação adequada.

A varrição manual deverá ser executada concomitantemente nos dois lados das vias, sendo que os varredores deverão estar devidamente uniformizados e fazendo a utilização de EPIs.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, caso seja

identificado a existência de trechos não realizados será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades. O PODER CONCEDENTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério, para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

Os veículos e equipamentos deverão ser colocados em serviço abastecidos, equipados e mantidos em perfeitas condições de segurança, funcionamento, conservação e limpeza, com perfeito funcionamento do velocímetro, e mantidas as condições de pintura do equipamento, sendo que, é de responsabilidade da CONCESSIONÁRIA a disponibilização de local para guarda de seus veículos e demais equipamentos quando estes não estiverem em serviço.

O serviço de varrição manual será *medido por km*, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

4.2.1.3. Tecnologias Propostas

Para a execução do serviço de varrição manual, deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 6 - Equipamentos

Veículo/Equipamento	Quantidade anual	Vida útil
Micro ônibus com 33 lugares	1	4 anos
Carrinho Lutocar	32	2 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil conforme indicado na tabela anterior.

4.2.1.4. *Insumos utilizados*

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi utilizada a Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá	0,5
Vassoura	1,5
Conjunto calça e camisa	2
Boné	4
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Luva	0,50
Sacos de lixo 100 litros	1
Coletes refletivos	4

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de varrição manual deverão ser dispostos os seguintes insumos ,utensílios e EPIs:

Tabela 8 - Insumos, uniformes e EPIs

Insumos	Quantidade anual
Vassourão tipo gari	768
Pá	768
Pacote de sacos de lixo/dia	7680
Uniformes	
Camiseta	600
Calça	600
Boné	288
EPIs	
Luvas de proteção	2304
Capa de chuva	288
Sapato de segurança	600
Coletes refletivos	288

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento deverá levar em consideração a Tabela 7, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerar o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

4.2.1.5. *Projeção de mão de obra*

Para a execução do serviço de varrição manual deverá ser disposto a seguinte mão de obra:

- Período diurno: composto por 32 (trinta e duas) equipes, totalizando 4 (quatro) motoristas com CNH compatíveis, 64 (sessenta e quatro) varredores e 32 (trinta e dois) carrinheiros;
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços de varrição manual.

Os horários dos serviços de varrição manual serão:

- Período diurno: de segunda feira a sábado, das 07h:00min às 16h:00min, com intervalo de 01h:00min.

Descreve-se o resumo do fornecimento a seguir:

Tabela 9 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Motorista, com CNH compatível	4	Diurno
Varredores	64	Diurno
Carrinheiros	32	Diurno
Quantitativo de equipes	32	Diurno

Fonte: IPGC, 2023.

4.3. Varrição manual de feiras, praças e eventos públicos

4.3.1. Concepção do Serviço

A varrição manual de feiras e praças e eventos públicos consiste em um conjunto de serviços e atividades necessárias ao recolhimento e remoção dos resíduos sólidos soltos lançados por causas naturais ou pela ação humana, espalhados nas praças e demais logradouros públicos, incluindo as feiras e eventos após o término das atividades.

4.3.1.1. Premissas

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de varrição manual de feiras, praças e eventos, obtidas a partir de análise de dados referente ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para efeito de composição das equipes, a varrição manual de feiras e praças foi estimada em 352.013 (trezentos e cinquenta e dois mil e treze) m² mensais, sendo que o serviço será medido por m². Este valor é referente às características e quantitativos analisados de acordo com os dados do município de Catalão. A produção por dia do varredor é de 1.500 (mil e quinhentos) m²/varredor dia.

A partir da metragem estimada para a varrição manual de feiras e praças foi calculado o número de varredores necessários para realização do serviço no município. A equação está descrita a seguir:

$$N_{varr} = \sum \frac{A}{f_{F.P.E} * P} \quad (\text{Equação 7})$$

N_{varr} = n° de varredores manuais necessário para a limpeza de praças, feiras e eventos;

Σ = somatório;

A = área a ser limpa (m²);

$f_{F.P.E}$ = frequência de limpeza, ou seja, a cada quantos dias ocorrerá a limpeza da feira, praça ou evento (dia);

P = produção diária de cada varredor (m²/varredor.dia).

Para a composição de equipes considerou-se que 1 (um) equipe será composta por 2 (dois) varredores e 1 (um) coletor. Foi considerado ainda 1 (um) líder de equipe a cada 20 (vinte) funcionários.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad (\text{Equação 8})$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão.

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad (\text{Equação 9})$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

4.3.1.2. Processo de Trabalho

Os serviços de varrição manual de feiras, praças públicas e eventos deverão ser executados nas praças, feiras e demais logradouros públicos de forma programada, com o uso de equipamentos como carrinho Lutocar com capacidade mínima para 100 (cem) litros, com rodas e pedal, vassouras, pás, sacos plásticos e outros equipamentos necessários para a execução do serviço de forma eficiente, garantindo a segurança dos funcionários e da população, atendendo as demandas do serviço.

Deverá ser feita toda a remoção e acondicionamento dos resíduos soltos nas vias e logradouros públicos lançados por causas naturais ou pela ação humana, através da varrição e catação, bem como o recolhimento dos resíduos das lixeiras municipais existentes nas ruas, avenidas, praças e feiras livres. Os resíduos deverão ser depositados em sacos plásticos na cor amarela de no mínimo 100 (cem) litros com micra de 0,8 (oito décimos) mm, (conforme norma NBR 9191, de julho/2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT) e posteriormente deixados nas vias, em locais seguros, para que seja feita a coleta pelo caminhão de coleta de resíduos de varrição e encaminhados à destinação final.

A diferenciação da cor dos sacos é para identificação de que aqueles resíduos são provenientes do serviço de varrição manual de feiras, praças e eventos. Os sacos devem ser dispostos de forma alinhada ao passeio público para não prejudicarem o tráfego de veículos e o trânsito dos pedestres, garantindo a segurança dos mesmos.

Os resíduos que se acumularem em grelhas das bocas de lobo também deverão ser recolhidos para que não se tenha problemas relacionados à vazão pluvial. Os papéis, plásticos e outros resíduos similares acumulados sobre os gramados e áreas ajardinadas de canteiros centrais deverão ser removidos com equipamentos específicos como espetos, rastelos ou soprador de folhas com a finalidade de não danificar a vegetação existente.

A equipe de varrição que, porventura, encontrar animais mortos de pequeno porte durante a execução dos serviços de varrição manual, comunicará ao responsável para que seja feita a coleta e encaminhamento para a destinação adequada.

A varrição manual de feiras, praças e eventos deverá ser executada concomitantemente nos dois lados das vias, sendo que os varredores deverão estar devidamente uniformizados e fazendo a utilização de EPIs.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, caso seja identificado a existência de trechos não realizados será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades. O PODER CONCEDENTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério, para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

Os veículos e equipamentos deverão ser colocados em serviço abastecidos, equipados e mantidos em perfeitas condições de segurança, funcionamento, conservação e limpeza, com perfeito funcionamento do velocímetro, e mantidas as condições de pintura do equipamento, sendo que é de responsabilidade da CONCESSIONÁRIA a disponibilização de local para guarda de seus veículos e demais equipamentos quando estes não estiverem em serviço.

O serviço de varrição de feiras, praças públicas e eventos será **medido por m²**, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

4.3.1.3. *Tecnologias Propostas*

Para a execução do serviço de varrição manual em praças e feiras públicas deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 10 - Equipamentos

Veículo/Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Veículo Leve	1	5 anos
Carrinho Lutocar	5	2 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

4.3.1.4. *Insumos utilizados*

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi utilizada a Tabela 11 a seguir:

Tabela 11 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá	0,5
Vassoura	1,5
Rastelo, rabo de pavão ou garfo	0,5
Pacotes de sacos de lixo	1
Conjunto calça e camisa	2
Boné	4
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Luva	0,5
Coletes refletivos	4

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de varrição manual de feiras, praças e eventos públicos, deverão ser dispostos os seguintes insumos, utensílios e EPIs:

Tabela 12 - Insumos, uniformes e EPIs

Insumos	Quantidade Anual
Vassourão tipo gari	80
Pá	120
Rastelo	120
Sacos de lixo	1200
Uniformes	
Camiseta	102
Calça	102
Boné	45
EPIs	
Luvas de proteção	360
Capa de chuva	45
Sapato de segurança	102
Coletes refletivos	45

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento deverá levar em consideração a Tabela 11, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerar o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

4.3.1.5. *Projeção de mão de obra*

Para a execução do serviço de varrição manual de praças, feiras e eventos, deverá ser disposto a seguinte mão de obra:

- Período diurno: composto por 3 (três) equipes, com 1 (um) líder de equipe/motorista, 1 (um) motorista com CNH compatível, 6 (seis) varredores e 3 (três) coletores;
- Período noturno: composto por 2 (duas) equipes, 1 (um) líder de equipe/motorista, 4 (quatro) varredores e 2 (dois) coletores;
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços de varrição manual de feiras, praças públicas e eventos públicos.

Os horários dos serviços de varrição manual de feiras e praças públicas serão:

- Período diurno: de segunda feira a domingo, das 7h:00min às 16h:00min horas, com intervalo de 01h:00min.
- Período noturno: de segunda a sábado, das 19h:00min às 03h:15min, com intervalo de 01h:00min.

Descreve-se o resumo do fornecimento a seguir:

Tabela 13 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Motorista, com CNH compatível	2	Diurno e Noturno
Varredores	10	Diurno e Noturno
Coletores	5	Diurno e Noturno
Quantitativo de equipes	5	Diurno e Noturno

Fonte: IPGC, 2023.

4.4. Lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano

4.4.1. Concepção do Serviço

O serviço de lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano consiste em um conjunto de atividades necessárias para a realização da lavagem, raspagem e desinfecção das vias, praças, feiras e mobiliário urbano, em que haja circulação de pedestres e consequente acúmulo de resíduos que venham gerar qualquer tipo de contaminação e risco à saúde pública ou mau cheiro, bem como a realização de raspagens, quando houver necessidade, de vias e mobiliário urbano para a remoção de terra, pedras e vegetação decorrentes de eventos de chuvas fortes.

4.4.1.1. Premissas

Para a estruturação do projeto foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano obtidas a partir de análise de dados referente ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para efeito de composição das equipes, a lavagem de praças, feiras e mobiliário urbano foi estimada em 143.300 (cento e quarenta e três mil e trezentos) m² mensais, sendo que o serviço será medido por m². Este valor é referente às características e quantitativos analisados de acordo com os dados do município de Catalão, de acordo com as áreas de praças e feiras realizadas no município. A produção por dia do Caminhão Pipa será de 3,20 (três inteiros e vinte centésimos) km²/dia.

A partir da quilometragem estimada para a lavagem foi calculado o número de caminhões pipa necessários para realização do serviço no município. A equação está descrita a seguir:

$$N_{C.P} = \sum \frac{A_{C.P}}{f_{C.P} * P_{C.P}} \quad (\text{Equação 10})$$

Na qual:

$N_{C.P}$ = n° de caminhões-pipa;

Σ = somatório;

$A_{C.P}$ = área a ser lavada pelo caminhão-pipa (km²);

$f_{C.P}$ = frequência de limpeza, ou seja, a cada quantos dias ocorre a limpeza com caminhão pipa (dia);

$P_{C.P}$ = produção diária do caminhão-pipa (km²/caminhão-pipa.dia);

Para o cálculo do volume de detergente necessário para a realização da lavagem considerou-se um rendimento de 300 (trezentos) m²/L de detergente. A equação está descrita a seguir:

$$V_{det.} = \frac{A_{det.}}{r_{det.}} \quad (\text{Equação 11})$$

Na qual:

V_{det} = volume de detergente (L);

$A_{det.}$ = área a ser lavada com detergente (m²);

$r_{det.}$ = rendimento do detergente (m²/L).

Para efeito de composição das equipes, a raspagem de vias foi estimada em 6.750 (seis mil setecentos e cinquenta) m² mensais, sendo que o serviço será medido por m². Este valor é referente às características e quantitativos analisados de acordo com os dados do município de Catalão, e representa 2% da estimativa de área das vias do município. A produção média de raspagem será de 100 (cem) m²/dia.

A partir da metragem estimada para raspagem foi calculado o número de garis necessários para realização do serviço no município. A equação está descrita a seguir:

$$N_{Rasp} = \sum \frac{A_{Rasp}}{P_{Rasp}} \quad (\text{Equação 12})$$

Na qual:

N_{Rasp} = número de garis destinados à raspagem;

A_{Rasp} = área a ser raspada (m²);

P_{Rasp} = produtividade média de raspagem por gari no dia (m²/dia).

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad (\text{Equação 13})$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do

veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão.

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad (\text{Equação 14})$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

4.4.1.2. Processo de Trabalho

Os serviços de lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano deverão ser realizados de forma programada, nas vias, praças, feiras e mobiliário urbano com a utilização de caminhão-pipa, mão de obra, equipamentos e produtos adequados para a lavagem do piso, sem que haja a remoção do rejunte, em toda extensão das áreas, onde haja circulação de pedestres com consequente acúmulo de resíduos que venham a gerar qualquer tipo de contaminação e risco à saúde pública ou mau cheiro, bem como em áreas onde se acumulem fezes de aves e de outros animais, especialmente em calçadas e ruas públicas no Município de Catalão.

Seus horários deverão ser determinados concomitantemente ao término das atividades e desmobilização das estruturas do local, bem como realizadas quando necessário. A CONCESSIONÁRIA deve ter em atenção a execução do término das atividades de feiras livres, para a execução do serviço de varrição e lavagem das feiras livres.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso seja identificado a existência de trechos não realizados será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades. O PODER CONCEDENTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério, para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

Os veículos e equipamentos deverão ser colocados em serviço abastecidos, equipados e mantidos em perfeitas condições de segurança, funcionamento, conservação e limpeza, com perfeito funcionamento do velocímetro, e mantidas as condições de pintura do equipamento,

sendo que é de responsabilidade da CONCESSIONÁRIA a disponibilização de local para guarda de seus veículos e demais equipamentos quando estes não estiverem em serviço.

Deverá ser feito o recolhimento dos resíduos provenientes da realização dos serviços de raspagem, sendo que os resíduos deverão ser transportados pela CONCESSIONÁRIA com a utilização do caminhão basculante dos serviços de roçada e capina até o local de destinação final.

O serviço de lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano será *medido por m²*, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

4.4.1.3. *Tecnologias Propostas*

Para a execução do serviço de lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 14 – Equipamentos

Veículo/Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Caminhão semipesado, 4x2, com tacógrafo, equipado com implemento de tanque de água, com capacidade mínima de 6 m ³ e bomba mangueira de pressão, incluindo luzes para operação noturna e com sinal sonoro de ré.	1	4 anos
Veículo leve de 5 lugares	1	5 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

4.4.1.4. Insumos utilizados

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi utilizada a Tabela 15 a seguir:

Tabela 15 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá	1,5
Enxada	0,5
Carrinho de mão	3,0
Volume de detergente	1
Conjunto calça e camisa	2
Óculos	0,25
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Luva	0,02

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano, deverão ser dispostos os seguintes insumos, utensílios e EPIs:

Tabela 16 - Insumos, uniformes e EPIs

Insumos	Quantidade anual
Pá	24
Enxada	72
Carrinho de mão	6
Volume de detergente/mês (L)	8090
Uniformes	
Camiseta	30
Calça	30
EPIs	
Óculos	192
Luvas de proteção	2304
Capa de chuva	15
Sapato de segurança	30

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento deverá levar em consideração a Tabela 15, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerar o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

4.4.1.5. *Projeção de mão de obra*

Para a execução do serviço de lavagem e raspagem de vias, praças, feiras e mobiliário urbano, deverá ser disposta a seguinte mão de obra:

- Período diurno/noturno: composto por 1 (uma) equipe, com 1 (um) motorista/encarregado com CNH compatível, 1 (um) ajudante e 3 (três) garis;
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços .

Os horários dos serviços de lavagem e raspagem de feiras serão:

- Período diurno/noturno: de segunda a domingo, ao término das atividades e desmobilização dos vendedores do local.

Descreve-se o resumo do fornecimento a seguir:

Tabela 17 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Motorista/Encarregado, com CNH compatível	1	Diurno
Ajudantes	1	Diurno
Garis	3	Diurno
Quantitativo de equipes	1	Diurno

Fonte: IPGC, 2023.

4.5. **Limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e pintura de meio fio**

4.5.1. *Concepção*

O serviço de capina, limpeza e manutenção de sarjetas de meio-fio consiste em um conjunto de atividades necessárias para realização do corte da vegetação de pequeno porte, evitando o seu crescimento ao longo do mês, sendo que esta atividade é necessária para restabelecer as condições de drenagem e aspectos das vias públicas. A capina pode ser realizada de forma

manual ou mecanizada, já a pintura do meio-fio entra como um serviço de manutenção dessas localidades garantindo maior segurança para os veículos e pedestres aumentando a visibilidade e destacando as condições de limpeza das vias.

4.5.1.1. Premissas

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e pintura mecanizada de meio fio obtidas a partir de análise de dados referente ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para efeito de composição das equipes, a capina manual de meio fio e sarjeta foi estimada em 101.340 (cento e um trezentos e quarenta) m² por mês, sendo uma extensão de sarjeta de 1.351.200 (um milhão trezentos e cinquenta e um mil e duzentos) m e com largura média de sarjeta de 0,30 (trinta centésimos) m.

Para o presente projeto foi adotado um rendimento médio de 150 (cento e cinquenta) m²/dia para cada colaborador. O serviço será realizado com uma frequência de 3 (três) vezes por ano, dentro de uma programação pré-determinada. A seguir é apresentada a expressão para definição da quantidade de capinadores:

$$N = \frac{A}{25,25 \times r} \quad \text{(Equação 15)}$$

No qual:

A = Área a ser capinada por mês (m²)

R = Produtividade por capinador (m²/dia)

Para efeito de composição das equipes, a pintura mecanizada de meio fio foi estimada uma extensão de sarjeta de 1.351.200 (um milhão trezentos e cinquenta e um mil e duzentos) m.

Para o presente projeto foi adotado um rendimento médio de 6.000 (seis mil) m/dia para cada equipamento de pintura de meio fio. O serviço será realizado com uma frequência de 2 (duas)

vezes por ano, dentro de uma programação pré-determinada.

Para cada equipe está previsto 1 (um) trator/equipamento de pintura. Além disso, deverá ser previsto veículo para o transporte de funcionários, que poderá ser compartilhado com outras atividades que integram o contrato de limpeza urbana.

Para realização da pintura mecanizada de meio fio foi definido que a equipe deve ser composta pelo motorista do trator/equipamento de pintura, 1 (um) pintor e 1 (um) ajudante.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad \text{(Equação 16)}$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad \text{(Equação 17)}$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$).

4.5.1.2. *Processo de Trabalho*

Para execução dos serviços de limpeza e capina manual de meio fio e sarjeta, a CONCESSIONÁRIA deverá dispor de, no mínimo, 3 (três) **frentes de trabalhos simultâneas e deverá realizar o recolhimento dos resíduos verdes.**

A limpeza e capina manual em meio-fio e sarjeta deverá ser executada retirando a vegetação em no mínimo 15 (quinze) cm do meio-fio para o centro do canteiro, a limpeza da sarjeta deverá ser executada com enxada e não com roçadeira para que seja retirada toda erva daninha e terra.

Para melhor escoamento de água na via, deverá haver a limpeza geral da sarjeta imediatamente após o término do serviço da capina, com transporte dos resíduos até local indicado pelo PODER CONCEDENTE.

A pintura de meio fio deverá ser executada com equipamentos e equipes discriminadas neste projeto.

Após a realização dos serviços, a CONCESSIONÁRIA deverá realizar a limpeza do local que consiste em recolhimento de gramas, folhas, pequenos galhos e outros resíduos (papéis, copos, garrafas e etc.) que estiveram nas sarjetas ao término do serviço. A pintura de meio fio deve ser executada em toda a extensão dos meios fios.

Os resíduos gerados serão coletados e encaminhados para o Aterro Sanitário do município, onde serão destinados para o pátio de compostagem.

Os serviços de limpeza devem ser realizados concomitante à realização dos serviços. É de responsabilidade da CONCESSIONÁRIA a coleta e transporte dos resíduos até local indicado pelo PODER CONCEDENTE. Durante a execução do serviço, deverá ser feita a sinalização adequada nos locais, para garantir a segurança dos funcionários e da população.

Os veículos e equipamentos deverão ser colocados em serviço abastecidos, equipados e mantidos em perfeitas condições de segurança, funcionamento, conservação e limpeza, com perfeito funcionamento do velocímetro, e mantidas as condições de pintura do equipamento, sendo que é de responsabilidade da CONCESSIONÁRIA a disponibilização de local para guarda de seus veículos e demais equipamentos quando estes não estiverem em serviço.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso

seja identificado a existência de trechos não realizados, será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades.

O PODER CONCEDENTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

O serviço será *medido por metro* no caso de pintura de meio fio, e em *m² para capina e limpeza de sarjeta*, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento in loco das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

4.5.1.3. Tecnologias propostas

Para a execução do serviço de limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e a pintura mecanizada de meio fio, deverão ser dispostos os seguintes veículos e equipamentos:

Tabela 18 - Veículos e equipamentos

Veículo/Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Caminhão carroceria	1	4 anos
Micro ônibus com 33 lugares	1	4 anos
Trator/Equipamento de Pintura	1	10 anos

Fonte: IPGC, 2023.

É importante salientar que o caminhão carroceria utilizado no serviço de limpeza e capina de meio fio e sarjetas descrito acima deverá ser compartilhado com o serviço de roçada e limpeza.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

4.5.1.4. Insumos utilizados

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi

utilizada a Tabela 19 a seguir.

Tabela 19 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá	0,5
Enxada	0,5
Rastelo, rabo de pavão ou garfo	0,5
Carrinho de mão	3
Pacotes de Sacos de lixo	1
Sacos de Cal	1
Galão de água	1
Sachês de Fixador de Cal	1
Conjunto calça e camisa	2
Boné	4
Sapato de segurança	2
Botas de couro	2
Óculos	4
Capa de chuva	4
Coletes refletos	4
Luva	0,5

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e pintura de meio fio deverão ser dispostos os seguintes insumos, utensílios e EPIs.

Tabela 20 - Insumos, uniformes e EPIs

Insumos	Quantidade anual
Pá	648
Enxada	648
Carrinho de mão	12
Rastelo, rabo de pavão ou garfo	648
Pacotes de sacos de lixo por dia	3.240
Sacos de Cal	6.080
Galão de Água	3.648
Sachês de Fixador de Cal	18.241
Uniformes	
Camiseta	192
Calça	192
Boné	87
Botas de couro	162
EPIs	

Óculos	81
Luvas de raspa	696
Capa de chuva	87
Sapato de segurança	30
Coletes refletivos	6

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento deverá levar em consideração a Tabela 19, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerar o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

4.5.1.5. *Projeção mão de obra*

Para execução dos serviços de limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e pintura mecanizada de meio fio deverão ser dispostos a seguinte mão de obra:

- Período diurno: 1 (um) Motorista de micro ônibus com CNH compatível; 1 (um) motorista/líder de equipe de caminhão carroceria; 27 (vinte e sete) capinadores; 1 (um) operador de trator/equipamento de pintura; 1 (um) pintor e 1 (um) ajudante.

A CONCESSIONÁRIA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços de limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e pintura mecanizada de meio fio.

Os horários dos serviços de limpeza e capina manual de meio-fio e sarjetas e pintura mecanizada de meio fio serão:

- Período diurno: de segunda feira a sábado, das 07h:00min as 16h:00min, com intervalo de 01h:00min.

Descreve-se o resumo do fornecimento a seguir.

Tabela 21 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Motorista do Micro ônibus	1	Diurno
Pintor	1	Diurno
Ajudante	1	Diurno
Operador de Trator/Equipamento de pintura	1	Diurno
Motorista do Caminhão Carroceria/Líder de Equipe	3	Diurno
Capinadores	27	Diurno
Composição da equipe	4	Diurno

Fonte: IPGC, 2023.

5. Manejo de Resíduos Sólidos

5.1. Concepção Geral

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos define resíduos sólidos como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade.

5.2. Características, Classificação e Tipologia

A **caracterização** de resíduos consiste em determinar os principais aspectos biológicos, físico-químicos, qualitativos ou quantitativos da amostra. Os resultados analíticos contribuem para a classificação do resíduo e, conseqüentemente, para a definição da melhor destinação do mesmo. Deve-se caracterizar os tipos de resíduos de acordo com a norma ABNT NBR 10.004:2004, devendo saber o seguinte:

- Descrição da origem do resíduo;
- Seu estado físico;
- Aspecto geral;
- Cor;
- Odor;
- Grau de heterogeneidade;
- Denominação do resíduo;
- Processo de origem;
- Atividade industrial;
- Constituinte principal;
- Destinação final.

Já a **classificação** dos resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, além dos seus constituintes e características com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deram origem. A NBR 10.004:2004 da ABNT dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio

ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente. A norma classifica os resíduos nos seguintes grupos:

5.2.1. Resíduos Classe I – Perigosos

Os resíduos considerados perigosos têm características que podem colocar em risco as pessoas que o manipulam ou que têm algum outro tipo de contato com o material. Para isso, o resíduo deve apresentar pelo menos uma das seguintes características: toxicidade, corrosividade, inflamabilidade, reatividade ou patogenicidade. Quando o resíduo é considerado “perigoso”, é necessário que sejam tomadas as devidas providências para o manuseio, transporte e a correta destinação.

5.2.2. Resíduos Classe II A - Não perigosos não inertes

São resíduos que não se apresentam características como serem tóxicos, corrosivos, inflamáveis, patogênicos e que não possuem tendência a sofrer reagirem quimicamente.

5.2.3. Resíduos Classe II B - Não perigosos inertes

São resíduos que se mostram indiferentes ao contato com água destilada ou deionizada ou quando expostos à temperatura média dos espaços exteriores dos locais onde foram produzidos. Diante disso, não apresentam combustibilidade ou solubilidade para tirar a potabilidade da água, a não ser no que diz respeito a mudança de sabor, cor e turbidez.

Deve-se destacar que também existem outras normas de classificação de resíduos sólidos, nas quais podem ser determinados por sua origem, como resíduos hospitalares, industriais, agrícolas, de construção civil, comerciais, de varrição, domésticos, os do tipo recicláveis e não recicláveis. Apenas profissionais especializados podem determinar os melhores cuidados na embalagem e transporte e indicar os melhores procedimentos para reciclagem, tratamento, descarte e destinação final.

5.3. Plano Nacional de Resíduos Sólidos

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos consiste em uma abordagem que prevê metas, diretrizes, princípios e instrumentos que visam a melhor gestão dos resíduos. O plano estabelece responsabilidades e integra o setor público, o setor privado e a sociedade civil para que ocorra a destinação correta dos resíduos e estímulo à toda a cadeia produtiva envolvida.

As metas apresentadas são divididas seguindo o tipo de resíduo conforme apresentadas a seguir:

- Resíduos Sólidos Urbanos: aumentar a sustentabilidade econômico-financeira do manejo de resíduos pelos municípios, aumentar a capacidade de gestão dos municípios, eliminar práticas de disposição final inadequadas e encerrar lixões e aterros controlados, reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada, promover a inclusão social e emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, aumentar a reciclagem da fração seca dos RSU, aumentar a reciclagem da fração orgânica dos RSU, aumentar a recuperação e aproveitamento energético de biogás de RSU e aumentar a recuperação e aproveitamento energético através de tratamento térmico de RSU;
- Resíduos da Construção Civil: aumentar a reciclagem dos resíduos gerados;
- Resíduos de Serviços de Saúde: aumentar a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos gerados.

Para atingir as metas, são definidas as diretrizes e estratégias, sendo as diretrizes referentes às linhas orientadoras por grandes temas, enquanto que as estratégias são referentes aos meios pelos quais as respectivas ações serão implementadas. Com isso, as diretrizes e suas respectivas estratégias definirão as ações e programas a serem feitos, visando atingir as metas. As diretrizes e estratégias são divididas em:

- Aumento da capacidade institucional dos titulares;
- Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU;
- Eliminação e recuperação de lixões e aterros controlados;
- Redução da quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- Promoção da inclusão social, emancipação econômica e geração de renda;
- Aumento da reciclagem dos resíduos sólidos;
- Aumento do aproveitamento energético de resíduos sólidos;
- Gestão dos Resíduos da Construção Civil - RCC;
- Gestão de Resíduos Industriais - RI;
- Gestão dos Resíduos de Serviços Públicos de Saneamento Básico - RSB;
- Gestão dos Resíduos de Serviços de Saúde - RSS;

- Gestão de Resíduos de Serviços de Transporte - RST;
- Gestão dos Resíduos de Mineração – RM;
- Gestão de Resíduos Agrossilvopastoris - RASP;
- Incentivar a gestão regionalizada de resíduos sólidos.

Diante disso foram determinados alguns programas, projetos e ações que irão contribuir para atender as metas previstas, são eles:

- Programa Nacional Lixão Zero;
- Programa de Implementação e Ampliação de Logística Reversa;
- Programa Nacional de Combate ao Lixo no Mar e Programa Nacional Rios + Limpos;
- Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas.

No Plano Nacional de Resíduos Sólidos também ficam determinadas as normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos da união para ações e programas relacionados a resíduos sólidos e também normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando for o caso, de resíduos. E por fim, o plano estabelece que deve existir meios de controle e fiscalização que assegurem o controle social na implementação e operacionalização do Planares, sendo este um importante instrumento para melhoria da gestão de resíduos sólidos no país, fornecendo diretrizes a serem seguidas e metas nacionais a serem alcançadas com responsabilidade compartilhada.

5.4. Resíduos Sólidos Urbanos

5.4.1. Concepção dos Resíduos Sólidos Urbanos

Resíduos Sólidos Urbanos - RSU são aqueles resultantes de atividades domésticas em residências urbanas – resíduos domiciliares – e os resultantes da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros derivados dos serviços de limpeza urbana. O Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, traz no seu art. 3º que os resíduos resultantes de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano.

5.1.1.1. Resíduos domiciliares

Os Resíduos Domiciliares são gerados nas atividades diárias das residências por seus habitantes, podendo ser compostos por materiais orgânicos ou por materiais inorgânicos. Além disso, aqueles advindos de atividades comerciais de pequeno porte que gerem resíduos até o limite máximo permitido também são considerados resíduos domiciliares.

Para o acondicionamento adequado, é importante que os equipamentos de acondicionamento tenham dispositivos para facilitar o deslocamento, sejam herméticos e evitem o derramamento de líquidos ou a exposição de resíduos. Para os resíduos domiciliares, existem as seguintes formas de acondicionamento:

- Contentor de plástico;
- Contêineres;
- *Compactainers*;
- Caçambas fechadas.

5.1.1.2. Resíduos comerciais

Os Resíduos Comerciais são gerados pelos estabelecimentos comerciais e de serviços, podendo ser compostos por materiais orgânicos e principalmente por materiais inorgânicos.

Para o acondicionamento adequado, é importante que os equipamentos de acondicionamento tenham dispositivos para facilitar o deslocamento, sejam herméticos e evitem o derramamento de líquidos ou a exposição de resíduos. Para os resíduos comerciais, existem as seguintes formas de acondicionamento:

- Contentor de plástico;
- Contêineres;
- *Compactainers*;
- Caçambas fechadas;
- Caçambas maiores.

5.1.1.3. Resíduos da limpeza urbana

Os Resíduos da Limpeza Urbana são gerados pelos serviços de limpeza pública, incluindo varrição de vias públicas, repartições públicas, limpeza de áreas de feiras livres, limpeza de praças públicas, entre outros. São constituídos por materiais orgânicos e inorgânicos.

Para o acondicionamento adequado, é importante que os equipamentos de acondicionamento tenham dispositivos para facilitar o deslocamento, sejam herméticos e evitem o derramamento de líquidos ou a exposição de resíduos. Para os resíduos de limpeza urbana, existem as seguintes formas de acondicionamento:

- Contentor de plástico;
- Caçambas fechadas;
- Caçambas maiores.

5.4.2. Concepção dos serviços de manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos

O serviço de manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos contemplará a execução das atividades de Coleta, Transporte e Destinação de Resíduos Sólidos. O serviço de coleta e transporte vai ser destinado para os resíduos sólidos urbanos com características domiciliares, resíduos recicláveis e resíduos volumosos. A destinação final para o aterro sanitário será apenas dos resíduos sólidos domiciliares, resíduos sólidos de limpeza urbana e resíduos volumosos.

A fim de apontar a tecnologia mais apropriada para coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos, foi necessária primeiramente fazer uma projeção populacional para os anos da concessão, calculando o crescimento populacional do Município de Catalão - GO.

5.4.3. Estudo de projeção populacional

Uma das condições de eficiência dos serviços de coleta, transporte e destinação final é a capacidade de atendimento às demandas, conforme o aumento populacional, sendo necessário realizar uma projeção populacional ao longo dos anos de contrato. Para a modelagem da projeção populacional, obteve-se as informações dos censos demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 para a população total, sendo os resultados apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Censo demográfico Catalão (1970 - 2010)

Ano	População Urbana (hab.)	População Rural (hab.)	População Total (hab.)
1970	15.407	11.931	27.338
1980	30.685	8.487	39.172
1991	47.152	7.373	54.525
2000	57.606	6.741	64.347
2010	81.064	5.583	86.647

Fonte: IPGC, 2022.

Com os dados expostos sobre o Município de Catalão percebe-se um aumento da população urbana durante todo o período de 1970 a 2010, representando um aumento da taxa de urbanização. A população rural teve um declínio entre 1970 a 2010.

5.5.6.1. Horizonte de projeto

O Estudo de Viabilidade utilizará para todas as previsões o horizonte de projeto de 27 (vinte e sete) anos. Conforme apresentado na Tabela 23, o Ano 1 (um) será o ano de 2024 e o ano 27 (vinte e sete) será 2050.

Tabela 23 - Horizonte de projeto

Ano		Ano		Ano	
1	2024	10	2033	19	2042
2	2025	11	2034	20	2043
3	2026	12	2035	21	2044
4	2027	13	2036	22	2045
5	2028	14	2037	23	2046
6	2029	15	2038	24	2047
7	2030	16	2039	25	2048
8	2031	17	2040	26	2049
9	2032	18	2041	27	2050

Fonte: IPGC, 2023.

Para a realização do estudo da projeção populacional, foram utilizados diversos métodos matemáticos com a linha de tendência, utilizando os dados dos censos demográficos disponíveis do IBGE (1970, 1980, 1991, 2000 e 2010).

5.5.6.2. *Métodos Matemáticos*

5.4.3.1.1. *Aritmético*

O método aritmético tem o crescimento populacional seguindo uma taxa constante, sendo um método utilizado para estimativas de menor prazo. Conhecendo-se os dados da população P_2 e P_0 correspondendo aos seus anos t_2 e t_0 , calcula-se o coeficiente K_a pela equação a seguir:

$$K_a = \frac{(P_2 - P_0)}{(t_2 - t_0)} \quad \text{(Equação 18)}$$

Na qual:

K_a = taxa de crescimento aritmética (hab.ano);

P_2 e P_0 = populações final e inicial conhecidas (hab.);

t_2 e t_0 = ano final e inicial conhecidos (ano).

O coeficiente K_a foi calculado para vários intervalos, adotando a média de cada intervalo.

Já para cálculo da população projetada $P(t)$ para determinado intervalo de tempo t , tem-se a equação seguinte:

$$P(t) = P_0 + K_a(t - t_0) \quad \text{(Equação 19)}$$

Na qual:

$P(t)$ = população projetada em determinado intervalo de tempo (hab.);

P_0 = população em t_0 (hab.);

t = ano de final de projeto (ano);

K_a = taxa de crescimento aritmética (hab./ano).

5.4.3.1.2. *Geométrico*

O método geométrico tem o crescimento populacional em função da população existente a cada instante, sendo utilizado para estimativas de menor prazo. Conhecendo-se os dados da

população P_2 e P_0 correspondendo aos anos t_2 e t_0 respectivamente, calcula-se o coeficiente K_g pela equação:

$$K_g = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_0)}{t_2 - t_0} \quad (\text{Equação 20})$$

Na qual:

K_g = taxa de crescimento geométrica;

P_2 e P_0 = populações final e inicial conhecidas (hab.);

t_2 e t_0 = ano final e inicial conhecidos (ano).

Já para cálculo da população projetada $P(t)$ para determinado intervalo de tempo t , tem-se a equação seguinte:

$$P(t) = P_0 * e^{K_g(t-t_0)} \quad (\text{Equação 21})$$

Na qual:

$P(t)$ = população projetada em determinado intervalo de tempo (hab.);

P_0 = população em t_0 (hab.);

t = ano de final de projeto (ano);

e = número de Euler, sendo aproximadamente 2,71828;

K_g = taxa de crescimento geométrica (hab./ano).

5.4.3.1.3. Métodos com ajuda da ferramenta linha de tendência

Pode-se ajustar os pares de dados da população versus “x” (diferença de tempo $t_n - t_0$) às várias equações representativas dos modelos matemáticos que usam linha de tendência. Desta forma, obtém-se as equações e os coeficientes de determinação R^2 com a definição de R^2 varia entre 0 e 1, sendo que os modelos que apresentarem seu coeficiente mais próximo de 1 são os mais ajustados.

Foram testados, no presente estudo, os modelos matemáticos de Ajuste Linear, Curva de Potência, Equação Exponencial, Equação Logarítmica e Equação Polinomial.

5.4.3.1.3.1. Ajuste Linear

O ajuste linear é o ajuste de uma reta a um conjunto de pontos de dados, assim, o método de solução do problema consiste em encontrar um polinômio do primeiro grau que melhor se aproxima do conjunto de dados. A linha formada geralmente demonstrará que a população está aumentando ou diminuindo a uma taxa constante. Neste método, o crescimento populacional é representado por uma equação matemática de primeira ordem do tipo:

$$P(x) = a + bx \quad \text{(Equação 22)}$$

Na qual:

$P(x)$ = população de projeto ou variável dependente de x (hab.);

a = coeficiente linear;

b = coeficiente angular;

x = variável independente ou número de anos ($x = t - t_0$).

5.4.3.1.3.2. Equação da Curva de Potência

O ajustamento utilizando a curva de potência é utilizado para conjuntos de dados que comparam medidas que aumentam em uma taxa específica. Neste método, o crescimento populacional é representado pela seguinte equação, considerando que x e P são maiores do que zero:

$$P(x) = a * x^b ; \text{ para } a > 0 \quad \text{(Equação 23)}$$

Na qual:

$P(x)$ = População projetada (hab.);

a e b = coeficientes;

x = número de anos ($x = t - t_0$).

5.4.3.1.3.3. Equação Exponencial

O ajustamento utilizando a equação exponencial se verifica com a variável independente no expoente e cuja base é sempre maior que zero e diferente de um, com isso, as taxas dos pontos

de dados sobem ou caem exponencialmente. Logo, com o passar dos anos, a população projetada tem um aumento exponencialmente saindo do padrão de crescimento populacional. Neste método, o crescimento populacional é representado pela equação a seguir que, por ter na base o número de Euler, é chamada de equação exponencial natural.

$$P(x) = a * e^{b*x} ; \text{ para } a > 0 \text{ e } P > 0 \quad (\text{Equação 24})$$

Na qual:

$P(x)$ = População projetada (hab.);

a e b = coeficientes;

e = número de Euler, sendo aproximadamente 2,71828;

x = número de anos ($x = t - t_0$).

5.4.3.1.3.4. Equação Logarítmica

O ajustamento com a equação logarítmica é utilizado para dados com crescimento ou decrescimento com nivelamento em um determinado tempo - assíntota. O crescimento populacional é representado pela equação a seguir que, por ser com logaritmo neperiano, é chamada de equação logarítmica natural.

$$P(x) = a + b * \ln x \quad (\text{Equação 25})$$

Na qual:

$P(x)$ = População projetada (hab.);

a e b = coeficientes;

ln = logaritmo neperiano;

x = número de anos ($x = t - t_0$).

5.4.3.1.3.5. Equação Polinomial

O ajustamento utilizando a equação polinomial é uma linha curva usada quando os dados flutuam. É útil, por exemplo, para analisar ganhos e perdas em grandes conjuntos de dados. A

ordem da polinomial pode ser determinada pelo número de flutuações nos dados ou por quantas dobras – picos e vales – aparecem na curva. Uma linha de tendência polinomial de ordem 2 geralmente só possui um pico ou vale.

Neste método o crescimento populacional é representado pela seguinte equação – considere a, b, c diferentes 0:

$$P(x) = ax^2 + bx + c \quad (\text{Equação 26})$$

Na qual:

$P(x)$ = População projetada (hab.);

a = coeficiente quadrático;

b = coeficiente linear;

c = coeficiente constante ou termo independente;

x = número de anos ($x = t - t_0$).

5.5.6.3. *Projeção da população total*

A partir dos dados do IBGE e dos métodos apresentados anteriormente, foi possível realizar o cálculo da projeção da população total. Nas tabelas a seguir, se encontram apresentados os coeficientes e equações obtidos para cada um dos métodos estudados.

Tabela 24 - Método Aritmético (população total)

Período	K_a
2000-2010	2230,00
1991-2010	1690,63
1980-2010	1582,50
1970-2010	1482,73
Média	1746,47

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 25 - Método Geométrico (população total)

Período	K_g
2000-2010	0,030

1991-2010	0,024
1980-2010	0,026
1970-2010	0,029
Média	0,027

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 26 - Método de linhas de tendência

Método	Equação	R ²
Ajuste Linear	$y = 2459,5x - 36670$	R ² = 0,9933
Curva de Potência	$y = 404,67x^{1,3712}$	R ² = 0,9931
Eq. Exponencial	$y = 2517 * e^{0,0248x}$	R ² = 0,9916
Eq. Logarítmica	$y = 136097 * \ln(x) - 446521$	R ² = 0,9927
Eq. Polinomial	$y = -2,9925x^2 + 2791,7x - 45852$	R ² = 0,9933

Fonte: IPGC, 2023.

A Tabela 27 apresenta um resumo de todas as projeções para os anos de concessão.

Tabela 27 - Resumo das projeções

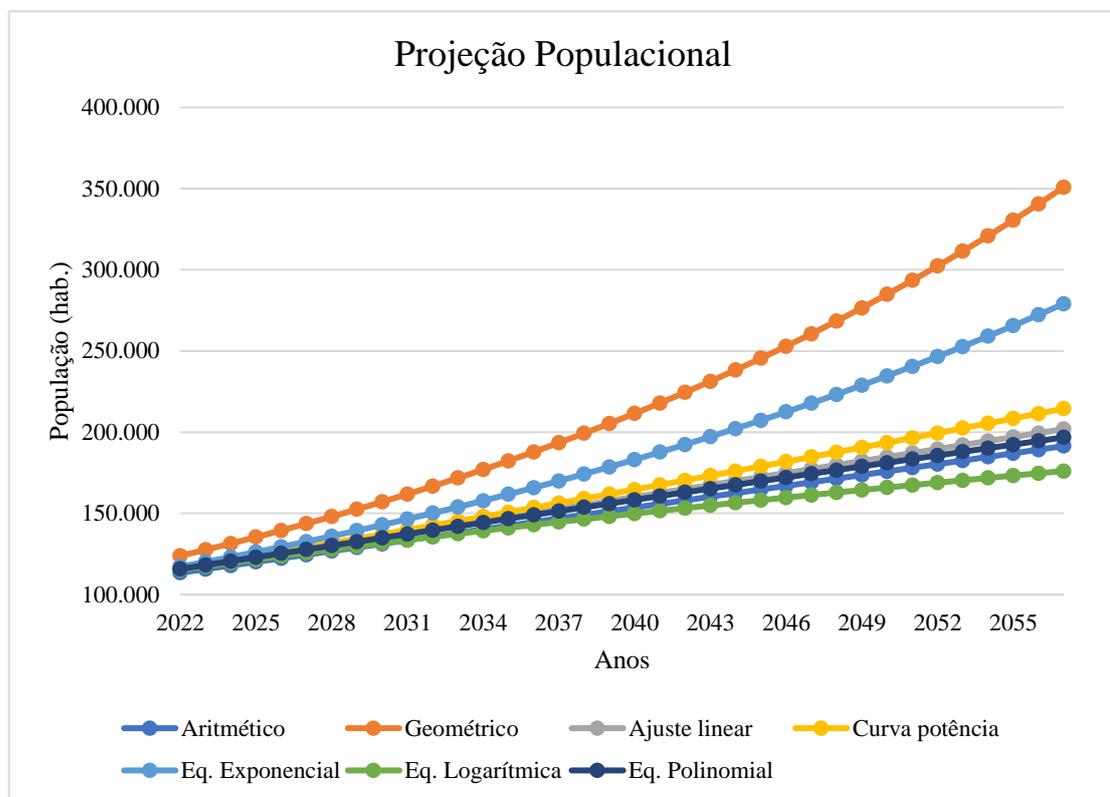
Ano	Arit.	Geom.	Aj. linear	C. Pot.	Eq. Exp.	Eq. Log.	Eq. Pol.	
-1	2022	113.407	123.829	115.819	116.099	117.163	115.169	115.730
0	2023	115.637	127.569	118.278	118.674	120.105	117.347	118.147
1	2024	117.867	131.422	120.738	121.264	123.121	119.490	120.559
2	2025	120.097	135.391	123.197	123.870	126.212	121.600	122.965
3	2026	122.327	139.480	125.657	126.491	129.382	123.678	125.364
4	2027	124.557	143.693	128.116	129.126	132.630	125.725	127.758
5	2028	126.787	148.033	130.576	131.776	135.961	127.741	130.146
6	2029	129.017	152.504	133.035	134.440	139.375	129.728	132.528
7	2030	131.247	157.110	135.495	137.119	142.875	131.686	134.903
8	2031	133.477	161.855	137.954	139.812	146.462	133.616	137.273
9	2032	135.707	166.743	140.414	142.519	150.140	135.520	139.637
10	2033	137.937	171.779	142.873	145.241	153.910	137.397	141.995
11	2034	140.167	176.967	145.333	147.976	157.775	139.249	144.346
12	2035	142.397	182.312	147.792	150.724	161.736	141.076	146.692
13	2036	144.627	187.818	150.252	153.487	165.798	142.878	149.032
14	2037	146.857	193.491	152.711	156.263	169.961	144.657	151.366
15	2038	149.087	199.335	155.171	159.052	174.229	146.414	153.694
16	2039	151.317	205.355	157.630	161.855	178.603	148.147	156.016
17	2040	153.547	211.557	160.090	164.671	183.088	149.859	158.332
18	2041	155.777	217.947	162.549	167.500	187.686	151.550	160.641
19	2042	158.007	224.529	165.009	170.342	192.398	153.220	162.945
20	2043	160.237	231.311	167.468	173.197	197.230	154.869	165.243
21	2044	162.467	238.297	169.928	176.064	202.182	156.499	167.535

22	2045	164.697	245.494	172.387	178.945	207.259	158.110	169.821
23	2046	166.927	252.909	174.847	181.838	212.463	159.702	172.101
24	2047	169.157	260.547	177.306	184.743	217.798	161.275	174.375
25	2048	171.387	268.416	179.766	187.661	223.267	162.831	176.643
26	2049	173.617	276.523	182.225	190.591	228.873	164.368	178.905
27	2050	175.847	284.875	184.685	193.534	234.620	165.889	181.161

Fonte: IPGC, 2023.

A Figura 1 mostra as projeções apresentadas anteriormente.

Figura 1 - Gráfico de projeção populacional



Fonte: IPGC, 2023.

Na Tabela 28, apresentam a taxa de crescimento populacional para todos os métodos utilizados no estudo entre os anos da concessão.

Tabela 28 - Taxa de Crescimento Populacional

Ano	Aritmético	Geométrico	Ajuste linear	Curva potência	Eq. Exponencial	Eq. Logarítmica	Eq. Polinomial
-1 2022	2,006%	3,020%	2,170%	2,255%	2,511%	1,959%	2,139%
0 2023	1,966%	3,020%	2,123%	2,218%	2,511%	1,891%	2,088%
1 2024	1,928%	3,020%	2,080%	2,182%	2,511%	1,826%	2,042%

2	2025	1,892%	3,020%	2,037%	2,149%	2,511%	1,766%	1,996%
3	2026	1,857%	3,020%	1,997%	2,116%	2,512%	1,709%	1,951%
4	2027	1,823%	3,021%	1,957%	2,083%	2,510%	1,655%	1,910%
5	2028	1,790%	3,020%	1,920%	2,052%	2,511%	1,603%	1,869%
6	2029	1,759%	3,020%	1,883%	2,022%	2,511%	1,555%	1,830%
7	2030	1,728%	3,020%	1,849%	1,993%	2,511%	1,509%	1,792%
8	2031	1,699%	3,020%	1,815%	1,964%	2,511%	1,466%	1,757%
9	2032	1,671%	3,020%	1,783%	1,936%	2,511%	1,425%	1,722%
10	2033	1,643%	3,020%	1,751%	1,910%	2,511%	1,385%	1,689%
11	2034	1,617%	3,020%	1,722%	1,883%	2,511%	1,348%	1,656%
12	2035	1,591%	3,020%	1,692%	1,857%	2,511%	1,312%	1,625%
13	2036	1,566%	3,020%	1,665%	1,833%	2,512%	1,277%	1,595%
14	2037	1,542%	3,020%	1,637%	1,809%	2,511%	1,245%	1,566%
15	2038	1,518%	3,020%	1,611%	1,785%	2,511%	1,215%	1,538%
16	2039	1,496%	3,020%	1,585%	1,762%	2,510%	1,184%	1,511%
17	2040	1,474%	3,020%	1,561%	1,740%	2,511%	1,156%	1,484%
18	2041	1,452%	3,020%	1,536%	1,718%	2,511%	1,128%	1,458%
19	2042	1,432%	3,020%	1,513%	1,697%	2,511%	1,102%	1,434%
20	2043	1,411%	3,021%	1,490%	1,676%	2,511%	1,076%	1,410%
21	2044	1,392%	3,020%	1,469%	1,655%	2,511%	1,053%	1,387%
22	2045	1,373%	3,020%	1,447%	1,636%	2,511%	1,029%	1,364%
23	2046	1,354%	3,020%	1,427%	1,617%	2,511%	1,007%	1,343%
24	2047	1,336%	3,020%	1,406%	1,598%	2,511%	0,985%	1,321%
25	2048	1,318%	3,020%	1,387%	1,579%	2,511%	0,965%	1,301%
26	2049	1,301%	3,020%	1,368%	1,561%	2,511%	0,944%	1,281%
27	2050	1,284%	3,020%	1,350%	1,544%	2,511%	0,925%	1,261%

Fonte: IPGC, 2023.

Na Tabela 29, constam as populações projetadas pelos métodos comparando as populações estimadas pelo IBGE nos anos de 2012 a 2021, destacando-se as projeções próximas com a do IBGE.

Tabela 29 - Resumo das projeções comparando com a estimativa do IBGE

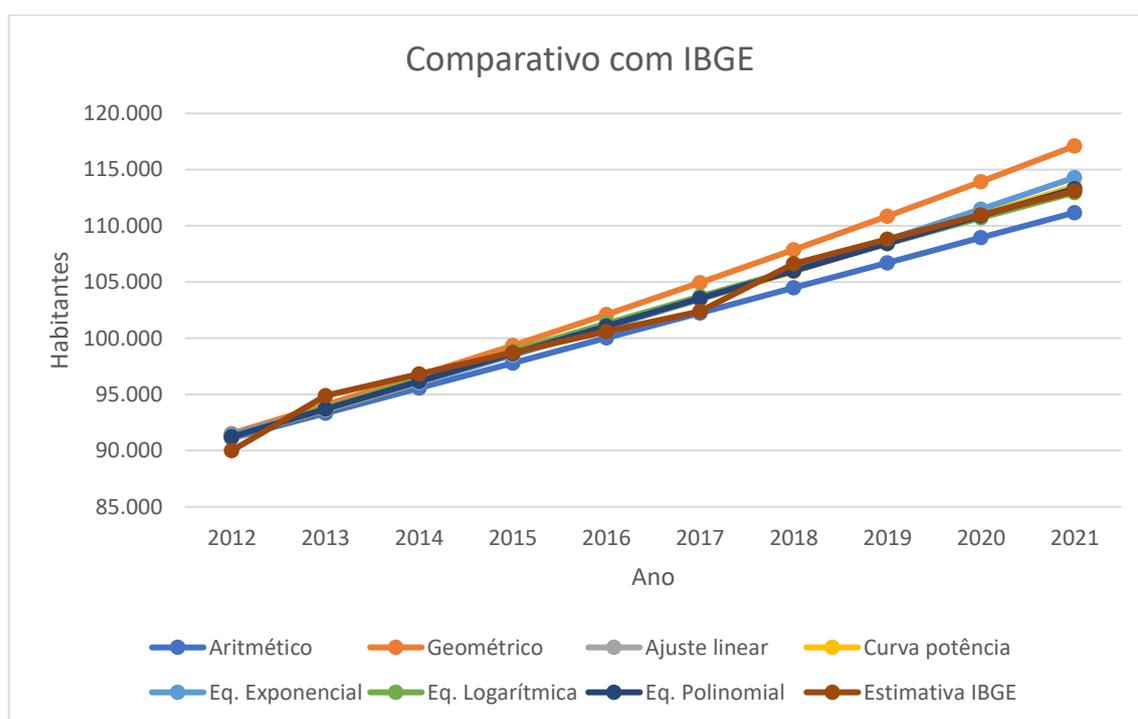
Ano	Arit.	Geom.	Aj. linear	C. pot.	Eq. Exp.	Eq. Log.	Eq. Pol.	Est. IBGE
2012	91.107	91.520	91.224	91.218	91.429	91.231	91.224	90.004
2013	93.337	94.060	93.683	93.632	93.725	93.823	93.702	94.896
2014	95.567	96.670	96.143	96.063	96.078	96.367	96.173	96.836

2015	97.797	99.353	98.602	98.511	98.491	98.865	98.639	98.737
2016	100.027	102.112	101.062	100.975	100.964	101.317	101.098	100.590
2017	102.257	104.947	103.521	103.456	103.499	103.726	103.552	102.393
2018	104.487	107.861	105.981	105.953	106.098	106.093	105.999	106.618
2019	106.717	110.857	108.440	108.465	108.762	108.419	108.441	108.823
2020	108.947	113.937	110.900	110.994	111.493	110.707	110.877	110.983
2021	111.177	117.102	113.359	113.539	114.293	112.956	113.306	113.091

Fonte: IPGC, 2023.

A Figura 2 mostra as projeções apresentadas anteriormente na Tabela 29.

Figura 2 - Comparativo com a estimativa do IBGE



Fonte: IPGC, 2023.

É possível observar na Figura 2 que o método utilizando o ajuste linear está próximo das estimativas divulgadas pelo IBGE para população de Catalão entre os anos de 2012 a 2021, destacando a proximidade dos valores no ano de 2021 e sua taxa de crescimento na Tabela 28.

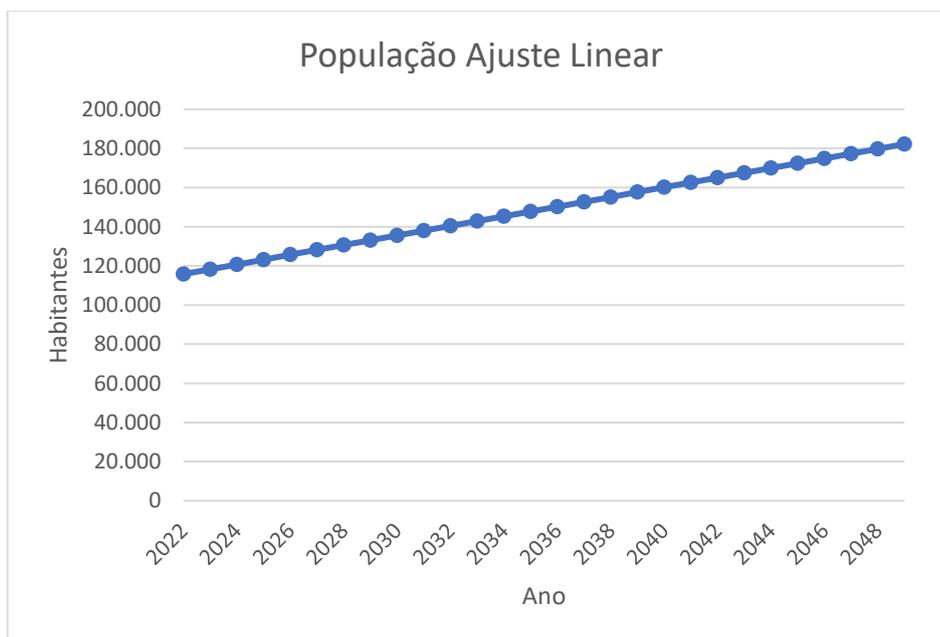
Para a escolha da melhor projeção, deve-se levar em consideração os seguintes aspectos:

- Comparação gráfica entre as projeções e a estimativa do IBGE;
- Maior valor do ajuste linear (R^2);
- Características do ajuste ou método.

Analisando todas as informações anteriores, a projeção populacional obtida através da projeção baseado no método de ajuste linear foi o adotado no presente estudo, apresentando aderência aos dados históricos e coerência com as taxas de crescimento apresentadas.

É importante ressaltar que deverá haver acompanhamento constante da população projetada com a realidade municipal para que possíveis desvios na estimativa da população futura possam ser corrigidos.

Figura 3 - Gráfico da população projetada



Fonte: IPGC, 2023.

A Figura 3 apresenta o gráfico do ajuste linear. Durante o ano de horizonte do projeto, o gráfico não estará em um decréscimo dos valores. O seu ajuste linear R^2 foi o qual mais se aproximou de 1, sendo assim o melhor modelo utilizado para projeção populacional durante os 27 (vinte e sete) anos de contrato em Catalão.

A projeção de resíduos sólidos oriundos das atividades domiciliares e limpeza urbana é apresentada na Tabela 30.

Tabela 30 - Resumo da projeção dos resíduos sólidos urbanos

Ano Contrato	Ano	População	RDO/RPU (ton./ano)
-1	2022	115.819	34.793
0	2023	118.278	35.532
1	2024	120.738	36.271
2	2025	123.197	37.010
3	2026	125.657	37.749
4	2027	128.116	38.488
5	2028	130.576	39.227
6	2029	133.035	39.965
7	2030	135.495	40.704
8	2031	137.954	41.443
9	2032	140.414	42.182
10	2033	142.873	42.921
11	2034	145.333	43.660
12	2035	147.792	44.399
13	2036	150.252	45.138
14	2037	152.711	45.876
15	2038	155.171	46.615
16	2039	157.630	47.354
17	2040	160.090	48.093
18	2041	162.549	48.832
19	2042	165.009	49.571
20	2043	167.468	50.309
21	2044	169.928	51.048
22	2045	172.387	51.787
23	2046	174.847	52.526
24	2047	177.306	53.265
25	2048	179.766	54.004
26	2049	182.225	54.743
27	2050	184.685	55.428

Fonte: IPGC, 2023.

5.4.4. Premissas

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir, são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos obtidas a partir de análise de dados referentes ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

5.4.5. *Premissas gerais*

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad (\text{Equação 27})$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad (\text{Equação 28})$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços mecanizados.

5.4.6. *Premissas específicas*

Para efeito de composição das equipes, a coleta de resíduo domiciliar e de limpeza urbana foi estimada em 3.022,93 (três mil e vinte e dois inteiros e noventa e três centésimos) toneladas

mensais, com um atendimento de 100% da população, sendo que o serviço será medido por km. Dessa totalidade de resíduos, foi estimado que 5% dos resíduos serão de limpeza urbana, representando um valor de 149,06 (cento e quarenta e nove inteiros e seis centésimos) toneladas mensais, já os resíduos domiciliares representam uma totalidade mensal de 2.873,86 (dois mil oitocentos e setenta e três inteiros e oitenta e seis centésimos) toneladas. Com isso, ficará definido as rotas para resíduos domiciliares e as rotas para resíduos de limpeza urbana de forma separada, buscando a otimização do serviço.

Para o cálculo foi necessário determinar o índice de geração per capita de resíduos sólidos urbanos, sendo que para a faixa populacional de 100.000 (cem mil) a 200.000 (duzentos mil) habitantes o valor do índice varia entre 0,74 (setenta e quatro centésimos) e 0,80 (oitenta centésimos) kg/hab.dia. Porém, como verificado no diagnóstico, o índice de geração per capita do município de Catalão é de 0,82 (oitenta e dois centésimos) kg/hab.dia, sendo adotado este valor para projeção de resíduos. Abaixo seguem as expressões para o cálculo do valor mensal de resíduos sólidos urbanos.

$$q = \frac{P \times i}{1000} \quad (\text{Equação 29})$$

$$Q = q \times 30 \text{ dias} \quad (\text{Equação 30})$$

Na qual:

P = População (hab)

i = índice constante de produção de resíduo por habitante por dia (kg/hab/dia)

Para determinação do número de veículos compactadores para coleta foi determinado a realização em 2 (dois) turnos, sendo considerada a quantidade de 70% para o período diurno e 30% para o período noturno.

A velocidade média de coleta do resíduo domiciliar adotada foi de 5 (cinco) km/h, já na coleta do resíduo de limpeza urbana foi adotado de 10 (dez) km/h e velocidade de transporte das duas coletas até o local de descarga de 50 (cinquenta) km/h. Para realização da pesagem e descarga de resíduos foi considerado um tempo de 20 (vinte) minutos. A jornada de trabalho será de 7,33 (sete inteiros e trinta e três centésimos) horas. O caminhão utilizado possui uma capacidade de

15 (quinze) m³ e uma capacidade real de 10,5 (dez inteiros e cinco décimos) m³, com um índice de compactação 3 (três). O peso aparente do resíduo é de 230 (duzentos e trinta) kg/m³.

A quilometragem de vias atendidas pela coleta domiciliar por dia é de 255 (duzentos e cinquenta e cinco) km, sendo que 155 (cento e cinquenta e cinco) km serão no período diurno e 100 (cem) km no período noturno. Já na coleta de resíduos de limpeza urbana, a quilometragem de vias atendidas será de 100 (cem) km no período diurno, com os resíduos ensacados sendo alocados em pontos estratégicos para otimizar a coleta. A distância média do centro gerador até a descarga é de 4,5 (quatro inteiros e cinco décimos) km e o deslocamento médio diário em rota da garagem até o local de coleta e posteriormente até o local de descarga dos caminhões será de 120 (cento e vinte) km.

Com isso, é calculado a quantidade de viagens a serem feitas por cada caminhão por turno, utilizando as fórmulas descritas a seguir:

$$NV = \frac{q \times VC \times J}{(L \times C) + (q \times VC \times TV)} \quad \text{(Equação 31)}$$

$$C = \frac{\text{peso aparente lixo} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times \text{índice de compactação} \times \text{capacidade real (m}^3)}{1000} \quad \text{(Equação 32)}$$

$$TV = \frac{2 \times D(\text{km})}{Vt\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)} + T1(\text{h}) \quad \text{(Equação 33)}$$

Na qual:

q = quantidade diária de RSU (ton/dia)

VC = velocidade média de coleta (km/h)

J = Jornada trabalhada (h)

L = Expansão de vias atendidas no turno (km/dia)

C = Capacidade de carga do caminhão (t)

TV = Tempo de viagem para descarga (h)

D = Distância média do centro gerador até o local de descarga (km)

Vt = Velocidade de transporte na viagem até o local de descarga (km/h)

T1 = Tempo necessário para pesagem e descarga (h)

A partir da utilização das formas descritas acima é possível determinar qual a frota de veículos necessária para realização do serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos com a fórmula apresentada a seguir, sendo a primeira para a frota no período diurno e a segunda para a frota no período noturno.

$$FD = \frac{qd}{NV \times C} \quad (\text{Equação 34})$$

$$FN = \frac{qn}{NV \times C} \quad (\text{Equação 35})$$

No qual:

qd = Quantidade diária de lixo coletado no período diurno (t/dia)

qn = Quantidade diária de lixo coletado no período noturno (t/dia)

NV = Número de viagens por turno

C = Capacidade de carga do caminhão (t)

Em razão de os caminhões utilizados no período noturno serem os mesmos do diurno, adota-se o maior valor entre a quantidade de veículos obtida nos turnos diurno e noturno. Considerou-se uma reserva técnica de 10% da frota.

Cada caminhão coletor deverá ter 1 (um) motorista e 3 (três) coletores. Para cada turno deve ter 1 (um) supervisor com um veículo que poderá ser compartilhado.

O percurso mensal para um caminhão de coleta domiciliar está estimado em 1.936,68 (um mil novecentos e trinta e seis inteiros e sessenta e oito centésimos) km e para um caminhão de coleta de resíduos de limpeza urbana é de 1.262,50 (mil duzentos e sessenta e dois inteiros e cinquenta

centésimos). Na coleta domiciliar serão realizadas 13 (treze) rotas, divididas em 2 (dois) turnos, sendo 9 (nove) rotas no período diurno e 4 (quatro) rotas no período noturno. Já na coleta de resíduos de limpeza urbana serão 2 (duas) rotas em um único turno. Poderá ser utilizado o mesmo caminhão em 2 (dois) turnos.

Para a instalação de caçambas foram utilizados dados fornecidos pelo município para a determinação do quantitativo necessário, de forma que a localização fique em pontos estratégicos na zona urbana e na zona rural. Dessa forma foi estimado o quantitativo de 22 (vinte e duas) caçambas estacionárias. Para a coleta dos resíduos sólidos na zona rural, foi estipulada a utilização de 1 (um) caminhão poliguindaste com um percurso mensal estimado em 3.232 (três mil duzentos e trinta e dois) km.

Além do mais, foi estipulada a instalação de 311 (trezentos e onze) contêineres para a disposição de resíduos. O quantitativo foi determinado conforme a equação a seguir.

$$N_{DAR} = \frac{A_{SH}}{\pi * R_{i,DAR}^2} \quad \text{(Equação 36)}$$

Na qual:

N_{DAR} = número de dispositivos acondicionadores de resíduos;

A_{SH} = área do setor habitacional (m²);

$R_{i,DAR}$ = raio de influência do dispositivo de acondicionamento de resíduos (m).

Para o cálculo, foi considerada a área do setor habitacional como sendo aproximadamente 29.000.000 (vinte e nove milhões) m² e um raio de influência de 172,5 (cento e setenta e dois inteiros e cinco décimos) m.

5.4.7. *Processo de trabalho*

O serviço de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos consistirá em realizar a coleta de todos os resíduos dispostos no passeio público em frente às residências e estabelecimentos comerciais e industriais que se enquadram como pequenos geradores de resíduos, localizados nas lixeiras, baldes e contentores. Deverá ser feita também a coleta dos resíduos que tiverem transbordados dos recipientes acondicionados por qualquer motivo, ou caíram durante o processo da coleta, além de realizar a varrição do local. Os resíduos soltos dispersos que tenham sido depositados

nos passeios públicos, nas lixeiras e em contentores causados pela ação de catadores e animais deverão ser limpos e recolhidos pela equipe de coleta.

Para realização da coleta, toda a equipe deverá utilizar todo e qualquer equipamento de proteção individual e coletiva – EPI e EPC respectivamente – necessários e legalmente previstos para execução do serviço. Toda a frota deverá possuir sistema de rastreamento remoto e controle de monitoramento logístico das equipes de coleta que deverá permitir a emissão de relatórios diários, com imagens georreferenciadas, com data e hora dos serviços e identificação da equipe de coleta com uniformes e EPIs diariamente.

O serviço de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos das caçambas estacionárias consistirá em realizar a coleta de todos os resíduos dispostos. Deverá ser feita também a coleta dos resíduos que tiverem transbordados por qualquer motivo, ou caíram durante o processo da coleta, além de realizar a varrição do local.

Na coleta do resíduo proveniente da limpeza urbana, esses deverão ser ensacados pela equipe responsável pela varrição e deixados em pontos estratégicos para que ocorra a coleta pela equipe de coleta, que já terá esses pontos definidos por estudos para que se otimize as rotas. Esses resíduos deverão ser coletados no mesmo dia logo após a realização do serviço de varrição. Nos distritos a coleta dos resíduos de limpeza urbana ocorrerão no sábado, sendo realizada primeiro no distrito de São Antônio do Rio Verde, já que a varrição está prevista para ocorrer na sexta, e depois no distrito de Pires Belo.

A coleta na zona rural será realizada com a utilização do caminhão polinguidaste, de forma a coleta resíduos com a periodicidade indicada. Nas localidades rurais de Catalão, com o intuito de atender a população rural e de forma a complementar a coleta manual, deverão ser previstos 20 (vinte) pontos de coleta de resíduos domiciliares em locais estratégicos (pontos de concentração), onde serão implantados contêineres metálicos ou de PEAD, com capacidade mínima de 1.000 (um mil) litros, para o acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso seja identificado a existência de trechos não realizados, será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades. A CONCESSIONÁRIA poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

O serviço de coleta e transporte de resíduos será *medido por km*, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

5.4.8. Tecnologias propostas

Para a execução do serviço de Coleta Domiciliar deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 31 – Veículos e equipamentos

Veículo / Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Caminhão Compactador, 4x2, 6 cilindros, potência mínima de 200 CV, com tacógrafo, equipado com coletor compactador traseiro e descarga automática, de capacidade mínima de 15 m ³ . A compactadora deve possuir caixa de chorume e suporte para pás e vassouras, com plataforma traseira para 3 pessoas, com pegador de mãos superior e lateral, giroflex, luz de alerta, sinal sonoro de ré e iluminação na boca de carga de resíduos para coleta noturna, caso necessário.	8	4 anos
Veículo Leve	1	5 anos
Caçambas	22	10 anos
Caminhão Poliguindaste	1	4 anos
Contêineres	311	5 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

5.4.9. Insumos utilizados

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi utilizada a Tabela 32 a seguir:

Tabela 32 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá	0,5
Vassoura	1,5
Pacotes de sacos de lixo	1
Conjunto calça e camisa	2
Boné	4
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Coletes refletivos	4
Luva	0,50

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de coleta e transporte de resíduos sólidos urbanos, deverão ser dispostos os seguintes insumos, utensílios e EPIs:

Tabela 33 – Insumos, EPIs e suas quantidades

Insumos	Quantidades anual
Pá	432
Vassoura	144
Pacotes de sacos de lixo/dia	1.200
Uniformes	
Camiseta	294
Calça	294
Boné	102
EPIs	
Coletes refletivos	102
Luvas de Raspa	816
Capa de Chuva	102
Sapato de Segurança	294

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento levou em consideração a Tabela 32, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerou o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

5.4.10. *Projeção de mão de obra*

Para dimensionar a mão de obra, foi estabelecido o número de motoristas conforme a quantidade de rotas requeridas, com a condição de que cada veículo deva ser acompanhado por 3 (três) coletores. Além disso, para cada turno, será designado 1 (um) supervisor.

Dimensionamento de pessoal:

- Período diurno: 1 (um) supervisor, 9 (nove) motoristas, com CNH compatível e 22 (vinte e dois) coletores;
- Período noturno: 1 (um) supervisor, 4 (quatro) motoristas, com CNH compatível e 12 (doze) coletores;
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

Dias e frequência da coleta domiciliar:

- De segunda feira a sábado, conforme rotas e turnos contabilizados em 25 (vinte e cinco) dias mensais.

Os horários dos serviços de coleta domiciliar serão:

- Período diurno: das 07h:00min as 16h:00min, com intervalo de 01h:00min.
- Período noturno das 19h:00min as 03h:15min, com intervalo de 01h:00min.

Os horários dos serviços de coleta do resíduo de limpeza urbana serão:

- Período diurno: das 09h:00min as 18h:00min, com intervalo de 01h:00min.

Tabela 34 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Supervisor	1	Diurno
Motorista, com CNH compatível	9	Diurno
Coletor	22	Diurno
Supervisor	1	Noturno
Motorista, com CNH compatível	4	Noturno
Coletor	12	Noturno
Quantitativo de equipes	11	Diurno e Noturno

Fonte: IPGC, 2023.

5.5. Resíduos Recicláveis

5.5.1. Concepção dos Resíduos Recicláveis

Resíduos Recicláveis são aqueles que possuem a alternativa de retornar à cadeia produtiva, após passarem por uma transformação no seu estado físico, químico ou biológico, seja na forma original ou como matéria-prima para outros produtos.

Os resíduos recicláveis são gerados nas atividades diárias das residências e nas atividades diárias comerciais, sendo compostos por materiais inorgânicos considerados aqui como vidro, papéis, metais, tecidos, plásticos e componentes eletrônicos. Para os materiais orgânicos, existe a possibilidade de reutilização dos detritos biodegradáveis com a compostagem.

5.5.2. *Concepção dos serviços de manejo dos Resíduos Recicláveis*

O objetivo deste capítulo do Estudo de Viabilidade Operacional e de Engenharia é a apresentação do serviço de coleta e transporte de resíduos sólidos recicláveis que consiste no recolhimento de todo material que possua condições de reaproveitamento e valorização, como papel, papelão, plástico, vidro, metais ferrosos e não ferrosos, dentre outros, e o transporte desses resíduos até seu destino.

5.5.6.4. *Premissas*

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir, são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de Coleta de Resíduos Recicláveis obtidas a partir de análise de dados referente ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para efeito de composição das equipes, a coleta de resíduos sólidos recicláveis foi estimada em 742,54 (setecentos e quarenta e dois inteiros e cinquenta e quatro centésimos) toneladas mensais, sendo que o serviço será medido por km. Esse valor foi obtido determinando um percentual estimado de 25% de resíduos recicláveis em relação aos resíduos sólidos urbanos domiciliares e de limpeza urbana projetados, conforme fórmula abaixo. O percurso mensal estimado para cada caminhão será de 2.825,19 (dois mil oitocentos e vinte cinco inteiros e dezenove centésimos) km.

$$q = \frac{P \times i}{1000} \times pr \quad (\text{Equação 37})$$

$$Q = q \times 30 \text{ dias} \quad (\text{Equação 38})$$

Na qual:

P = População (hab)

i = Índice constante de produção de resíduo por habitante por dia (kg/hab/dia)

pr = Percentual estimado de resíduos recicláveis em relação ao RSU coletado

i = índice constante de produção de resíduo por habitante por dia (kg/hab/dia)

Para determinação do número de veículos para coleta foi determinado a realização em 2 (dois) turnos, sendo considerada a quantidade de 70% para o período diurno e 30% para o período noturno.

A velocidade média de coleta do resíduo reciclável adotada foi de 10 (dez) km/h e a velocidade de transporte da coleta até o local de descarga de 50 (cinquenta) km/h. Para realização da pesagem e descarga de resíduos foi considerado um tempo de 20 (vinte) minutos. A jornada de trabalho será de 7,33 (sete inteiros e trinta e três centésimos) horas. O caminhão utilizado possui uma capacidade de 7 (sete) m³ com um índice de compactação 1 (um). O peso aparente do resíduo é de 500 (quinhentos) kg/m³.

A quilometragem de vias atendidas pela coleta de recicláveis por dia é de 170 (cento e setenta) km, sendo que 120 (cento e vinte) km serão no período diurno e 50 (cinquenta) km no período noturno. A distância média do centro gerador até o galpão de triagem é de 4,5 (quatro inteiros e cinco décimos) km e o deslocamento médio diário em rota da garagem até o local de coleta e posteriormente até o local de descarga dos caminhões será de 108 (cento e oito) km.

Com isso, é calculada a quantidade de viagens a serem feitas por cada caminhão por turno, utilizando as fórmulas descritas a seguir.

$$NV = \frac{q \times VC \times J}{(L \times C) + (q \times VC \times TV)} \quad \text{(Equação 39)}$$

$$C = \frac{\text{peso aparente lixo} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times ic \times \text{capacidade real} (\text{m}^3)}{1000} \quad \text{(Equação 40)}$$

$$TV = \frac{2 \times D(\text{km})}{Vt(\frac{\text{km}}{\text{h}})} + T1(\text{h}) \quad (\text{Equação 41})$$

Na qual:

q = Quantidade diária de resíduos recicláveis (ton/dia)

VC = Velocidade média de coleta (km/h)

J = Jornada trabalhada (h)

L = Expansão de vias atendidas no turno (km/dia)

C = Capacidade de carga do caminhão (t)

TV = Tempo de viagem para descarga (h)

D = Distância média do centro gerador até o local de descarga (km)

Vt = Velocidade de transporte na viagem até o local de descarga (km/h)

T1 = Tempo necessário para pesagem e descarga (h)

ic = Índice de Compactação

A partir da utilização das formas descritas acima é possível determinar qual a frota de veículos necessária para realização do serviço de coleta de resíduos recicláveis com a fórmula apresentada a seguir, sendo a primeira para a frota no período diurno e a segunda para a frota no período noturno.

$$FD = \frac{qd}{NV \times C} \quad (\text{Equação 42})$$

$$FN = \frac{qn}{NV \times C} \quad (\text{Equação 43})$$

No qual:

qd = Quantidade diária de lixo coletado no período diurno (t/dia)

qn = Quantidade diária de lixo coletado no período noturno (t/dia)

NV = Número de viagens por turno

C = Capacidade de carga do caminhão (t)

Em razão de os caminhões utilizados no período noturno serem os mesmos do diurno, adota-se o maior valor entre a quantidade de veículos obtida nos turnos diurno e noturno. Considerou-se uma reserva técnica de 10% da frota.

Cada caminhão coletor deverá ter 1 (um) motorista e 3 (três) coletores. Para cada turno deve ter 1 (um) supervisor com um veículo que poderá ser compartilhado.

Na coleta de resíduos recicláveis serão realizadas 5 (cinco) rotas, divididas em 2 (dois) turnos. Sendo 3 (três) rotas no período diurno e 2 (dois) rotas no período noturno. Poderá ser utilizado o mesmo caminhão em 2 (dois) turnos.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad \text{(Equação 44)}$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão.

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad \text{(Equação 45)}$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços mecanizados.

5.5.6.5. Processo de trabalho

Os serviços de coleta e transporte dos resíduos recicláveis deverão ser realizados nas áreas urbanas e distritais de todo município, com fornecimento de veículos e pessoal. Os resíduos recicláveis deverão ser ensacados ou dispostos em contentores em frente às unidades residências e de estabelecimentos comerciais, respeitando as rotas e setores apresentados, de maneira a garantir confiabilidade de horários e frequência de atendimento ao cidadão na totalidade do município.

Deverá ser coletado todo material reciclado dispostos no passeio público em frente às residências e estabelecimentos comerciais, localizados nas lixeiras, baldes e contentores. Os resíduos soltos dispersos que tenham sido depositados nos passeios públicos, nas lixeiras e em contentores causados pela ação de catadores e animais deverão ser limpos e recolhidos pela equipe de coleta. Deverá ser realizada a coleta dos resíduos que tiverem transbordado dos recipientes acondicionados por qualquer motivo ou caíram durante o processo da coleta, com a limpeza imediata do local.

Todo resíduo reciclado coletado deverá ser pesado, junto à balança rodoviária localizada no Aterro Sanitário e enviado à Associação ou Cooperativa licenciada pelo Município de acordo com a legislação vigente. A coleta deverá ser realizada com utilização de caminhões baú e toda a equipe de coleta deverá utilizar todo e qualquer equipamento de proteção individual e coletiva – EPI e EPC respectivamente – necessários e legalmente previstos para execução do serviço. A equipe de coleta deverá deslocar-se em velocidade reduzida, com a música da coleta de recicláveis ligada, com paradas sempre que necessário para que não ocorra correria e gerem comprometimento da qualidade e segurança do serviço, equipe e terceiros.

Os setores devem ser completamente executados dentro dos horários estabelecidos a cada turno, devendo completar quantas cargas forem necessárias. Nas vias de acesso onde não haverá

possibilidade de trafegabilidade do veículo de coleta, os coletores deverão realizar o recolhimento do material de forma apeada.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso seja identificado a existência de trechos não realizados, será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades. O PODER CONCEDENTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

O serviço de coleta e transporte de resíduos recicláveis será *medido por km*, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

5.5.6.6. *Tecnologias propostas*

Para a execução do serviço de Coleta de Resíduos Sólidos Recicláveis deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 35 - Equipamentos

Veículo / Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Caminhão baú, com potência mínima de 170 CV e idade máxima de, com tacógrafo, equipado com som externo, baú de alumínio de 40 m ³ , abertura de carga traseira, sistema de compartimento de carga e suporte para pá e vassoura, plataforma traseira e corrimão lateral e frontal	3	4 anos
Veículo leve	1	5 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

5.5.6.7. *Insumos utilizados*

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi utilizada a Tabela 36 a seguir:

Tabela 36 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá	0,5
Vassoura	1,5
Pacote de sacos de lixo com 100 unidades	1
Conjunto calça e camisa	2
Coletes refletivos	4
Boné	4
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Luva	0,50

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de coleta e transporte de resíduos recicláveis, deverão ser dispostos os seguintes insumos, utensílios e EPIs:

Tabela 37 – Insumos, EPIs e suas quantidades

Insumos	Quantidade anual
Pá	144
Vassoura	48
Pacote de sacos de lixo com 100 unidades	360
Uniformes	
Camiseta	84
Calça	84
Boné	27
EPIs	
Coletes refletivos	27
Luvras de raspa	216
Capa de Chuva	27
Sapato de Segurança	84

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento levou em consideração a Tabela 36, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerou o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

5.5.6.8. Projeção de mão de obra

Para dimensionar a mão de obra, foi estabelecido o número de motoristas conforme a quantidade de rotas requeridas, com a condição de que cada veículo deva ser acompanhado por 3 (três) coletores. Além disso, para cada turno, será designado 1 (um) supervisor.

Para a execução do serviço de Coleta de Resíduos Recicláveis, deverão ser dispostos a seguinte mão de obra:

- Período diurno: Serão 2 (duas) equipes compostas por 1 (um) supervisor, 2 (dois) motoristas com CNH compatíveis e 6 (seis) coletores;
- Período noturno: Será 1 (uma) equipe composta por 1 (um) supervisor, 1 (um) motorista com CNH compatível e 3 (três) coletores;
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

Dias e frequência da coleta de recicláveis:

- De segunda feira a sábado, inclusive os feriados, com exceção dos dias 1 de janeiro, 1 de maio e 25 de dezembro.

Os horários da coleta de Resíduos Sólidos Recicláveis serão:

- Período diurno: das 07h:00min as 16h:00min, com intervalo de 01h:00min.
- Período noturno das 18h:00min as 02h:22min, com intervalo de 01h:00min.

Descreve-se o resumo do fornecimento a seguir:

Tabela 38 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Supervisor	1	Diurno
Motorista, com CNH compatível	2	Diurno
Coletor	6	Diurno
Supervisor	1	Noturno
Motorista, com CNH compatível	1	Noturno

Coletor	3	Noturno
Quantitativo de equipes	3	Diurno e Noturno

Fonte: IPGC, 2023.

5.6. Resíduos Volumosos e de Construção Civil (Entulhos)

5.6.1. Características dos Resíduos Volumosos

Os Resíduos Volumosos são aqueles resultantes de processos não industriais, constituídos basicamente por material volumoso não removido pela coleta pública municipal rotineira, sendo peças de grandes dimensões.

Os Resíduos Volumosos são gerados pelos descartes dos habitantes, como móveis e utensílios domésticos inservíveis, e pelas atividades comerciais e atividades públicas, como com grandes embalagens, peças de madeira, entre outros.

Para o acondicionamento adequado é importante que os equipamentos de acondicionamento tenham dispositivos para facilitar o deslocamento, sejam herméticos e evitem o derramamento de líquidos ou exponham os resíduos. Para os resíduos volumosos existem as seguintes formas de acondicionamento:

- Caçambas fechadas;
- Caçambas maiores.

5.6.2. Características dos Resíduos da Construção Civil

Os Resíduos da Construção Civil são aqueles resultantes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos conforme resolução do CONAMA 307/2002.

Os Resíduos da Construção Civil são gerados pelos habitantes, empresas e repartições públicas através das atividades ou empreendimentos que gerem resíduos tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entulhos de obras, entre outros.

Para o acondicionamento adequado, é importante que os equipamentos de acondicionamento tenham dispositivos para facilitar o deslocamento, sejam herméticos e evitem o derramamento

de líquidos ou que tenham resíduos expostos. Para os resíduos da construção civil, é importante fazer sua separação e, para sua coleta, existem as seguintes formas de acondicionamento:

- Caçambas fechadas;
- Caçambas maiores.

5.6.3. *Concepção dos serviços de manejo dos Resíduos Volumosos e de Construção Civil (entulhos)*

O objetivo deste capítulo do Estudo de Viabilidade é a apresentação do serviço de coleta e transporte de Resíduos Sólidos Volumosos e de Construção Civil (entulhos) que consiste no recolhimento de sofás, móveis, colchões, espumas, galhadas, folhas de palmeiras/coqueiros, eletroeletrônico, eletrodomésticos, pneus e volumes de entulho dispostos nas vias e logradouros públicos e nos ecopontos instalados, sendo realizado a coleta em todo o município e zonas distritais.

5.6.3.1. *Premissas*

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de Coleta e Transporte de Resíduos Volumosos obtidas a partir de análise de dados referente ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para efeito de composição das equipes, a coleta de Resíduos Sólidos Volumosos foi estimada em 7.568,46 (sete mil quinhentos e sessenta e oito inteiros e quarenta e seis centésimos) toneladas mensais, sendo que o serviço será medido por km. O percurso mensal estimado por caminhão será de 921,63 (novecentos e vinte e um inteiros e sessenta e três centésimos) km. O índice de geração per capita 2,09 (dois inteiros e nove centésimos) kg/hab.dia. Para determinação do número de veículos para coleta foi determinado a realização em 1 (um) turno. Segue abaixo as expressões utilizadas para o cálculo da geração de resíduos volumosos.

$$q = \frac{P \times i}{1000} \quad (\text{Equação 46})$$

$$Q = q \times 30 \text{ dias} \quad (\text{Equação 47})$$

Na qual:

P = População (hab)

i = índice constante de produção de resíduo por habitante por dia (kg/hab/dia)

A velocidade média de coleta do resíduo adotada foi de 10 (dez) km/h e a velocidade de transporte da coleta até o local de descarga de 50 (cinquenta) km/h. Para realização da pesagem e descarga de resíduos foi considerado um tempo de 20 (vinte) minutos. A jornada de trabalho será de 7,33 (sete inteiros e trinta e três centésimos) horas. O caminhão utilizado possui uma capacidade de 7 (sete) m³, com um índice de compactação 1 (um). O peso aparente do resíduo é de 1.300 (mil e trezentos) kg/m³.

A quilometragem de vias atendidas pela coleta de resíduos volumosos por dia é de 48 (quarenta e oito) km. A distância média do centro gerador até a descarga é de 4,5 (quatro inteiros e cinco décimos) km e o deslocamento médio diário em rota da garagem até o local de coleta e posteriormente até o local de descarga dos caminhões será de 50 (cinquenta) km/h.

Com isso, é calculado a quantidade de viagens a serem feitas por cada caminhão por turno, utilizando as fórmulas descritas a seguir.

$$NV = \frac{q \times VC \times J}{(L \times C) + (q \times VC \times TV)} \quad \text{(Equação 48)}$$

$$C = \frac{\text{peso aparente lixo} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times ic \times \text{capacidade real} (\text{m}^3)}{1000} \quad \text{(Equação 49)}$$

$$TV = \frac{2 \times D(\text{km})}{Vt\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)} + T1(h) \quad \text{(Equação 50)}$$

Na qual:

q = quantidade diária de RSU (ton/dia)

VC = velocidade média de coleta (km/h)

J = Jornada trabalhada (h)

L = Expansão de vias atendidas no turno (km/dia)

C = Capacidade de carga do caminhão (t)

TV = Tempo de viagem para descarga (h)

D = Distância média do centro gerador até o local de descarga (km)

Vt = Velocidade de transporte na viagem até o local de descarga (km/h)

T1 = Tempo necessário para pesagem e descarga (h)

ic = Índice de compactação

A partir da utilização das formas descritas acima é possível determinar qual a frota de veículos e máquinas necessárias para realização do serviço de coleta de resíduos volumosos com as fórmulas apresentadas a seguir:

$$F = \frac{q}{NV \times C} \quad (\text{Equação 51})$$

$$P = \frac{F}{2} \quad (\text{Equação 52})$$

No qual:

q = Quantidade diária de resíduo volumoso coletado (t/dia)

NV = Número de viagens por turno

C = Capacidade de carga do caminhão (t)

P = Número de pá carregadeira

Na coleta de resíduos volumosos será realizada 1 (uma) rota em 1 (um) turno. Cada caminhão coletor deverá ter 1 (um) motorista e 2 (dois) coletores e deverá ter 1 (um) pá carregadeira a cada 2 (dois) caminhões, com 1 (um) operador de máquina. As equipes terão 1 (um) supervisor com 1 (um) veículo leve para fiscalização das atividades.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad (\text{Equação 53})$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão.

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad (\text{Equação 54})$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços mecanizados.

5.6.3.2. Processo de trabalho

O serviço de coleta e transporte de Resíduos Volumosos deverá ser realizado diariamente conforme cronograma e setorização de cada região que contemplará obrigatoriamente todos os bairros e distritos do Município de Catalão. As equipes de coleta de Resíduos Volumosos deverão mensalmente efetuar os serviços em todos os bairros urbanos e distritais.

Os Resíduos Volumosos coletados deverão ser encaminhados para pátio de triagem, localizado no Aterro Sanitário que deverá possuir barracão coberto e fechado, onde os Resíduos Volumosos coletados deverão ser triados e separados de acordo com suas características físicas compatíveis.

Os entulhos deverão ser encaminhados para o tratamento na usina de tratamento de resíduo de construção civil localizadas no próprio local do aterro sanitário, para que seja feito a reciclagem e a geração de subprodutos.

Os materiais devem ser desmontados e separados para tratamento e destinação final adequada. Deverá ser priorizada a separação e reciclagem dos materiais rejeitados, sendo estes encaminhados para as cooperativas de reciclagem ou para processamento em unidades de compostagem ou reaproveitamento. Os rejeitos que não puderem ser mais aproveitados deverão ser aterrados.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso seja identificado a existência de trechos não realizados, será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades. O PODER CONCEDENTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

O serviço de coleta e transporte de Resíduos Volumosos deverá ser medido por km devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco*.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS, no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

A CONCESSIONÁRIA poderá propor um novo Plano de Coleta nas operações logística, sugerindo alterações no cronograma e adequações para melhoria e otimização dos serviços.

5.6.3.3. *Tecnologias propostas*

Para a execução do serviço de Coleta de Resíduos Sólidos Volumosos deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 39 - Equipamentos

Veículo / Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Caminhão basculante	2	4 anos
Pá carregadeira de capacidade média com concha de 2 m ³	1	4 anos
Veículo leve	1	5 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

5.6.3.4. *Insumos utilizados*

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi utilizada a Tabela 40 a seguir:

Tabela 40 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá	6
Pacotes de saco de lixo	1
Rastelo, rabo de pavão ou garfo	6
Conjunto calça e camisa	2
Coletes refletores	4
Boné	4
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Luva	0,5

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de coleta e transporte de Resíduos Volumosos, deverão ser dispostos os seguintes insumos, utensílios e EPIs:

Tabela 41 – Insumos, EPIs e suas quantidades

Insumos	Quantidade anual
----------------	-------------------------

Pá	8
Pacotes de sacos de lixo/dia	240
Rastelo, rabo de pavão ou garfo	8
Uniformes	
Camiseta	45
Calça	45
Boné	12
EPIs	
Coletes refletores	12
Luvas de proteção	96
Capa de chuva	12
Sapato de segurança	45

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento levou em consideração a Tabela 40, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerou o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

5.6.3.5. *Projeção de mão de obra*

Para dimensionar a mão de obra, foi estabelecido o número de motoristas conforme a quantidade de rotas requeridas, com a condição de que cada veículo deva ser acompanhado por 2 (dois) coletores. Além disso, para cada turno, será designado 1 (um) supervisor. Cada pá carregadeira possuirá 1 (um) operador de máquina.

Para a execução do serviço de coleta e transporte de Resíduos Sólidos Volumosos deverão ser dispostos a seguinte mão de obra:

- Período diurno: será composto por 2 (duas) equipes com, 1 (um) supervisor; 2 (dois) motoristas com CNH compatível; 1 (um) operador de máquina e 4 (quatro) ajudantes;
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

A CONCESSIONÁRIA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços de coleta de resíduos volumosos.

Os horários dos serviços de coleta de Resíduos Sólidos Volumosos serão:

- Período diurno: das 07h:00min as 16h:00min, com intervalo de 01h:00min.

Descreve-se o resumo do fornecimento a seguir:

Tabela 42 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Supervisor	1	Diurno
Motorista, com CNH compatível	2	Diurno
Ajudantes	4	Diurno
Operador de máquina	1	Diurno
Quantitativo de equipes	2	Diurno

Fonte: IPGC, 2023.

5.6.3.6. *Soluções para os Problemas Apresentados*

Diante dos problemas relatados no tópico **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que descreve os problemas atuais no serviço de coleta e transporte de resíduos volumosos e de construção civil (entulhos), este estudo foi desenvolvido para apresentar soluções que visam tornar o serviço mais eficiente, promovendo melhorias na qualidade de vida, segurança e saúde dos munícipes, além de uma maior responsabilidade ambiental..

No estudo foi definido o estabelecimento de rotas de coleta e transporte de resíduos volumosos e de construção civil (entulhos), já que a coleta não era realizada de forma programada e com rotas definidas. Com isso, pretende-se atender a zona urbana do município, de forma que a população seja orientada a não realizar o descarte inadequado desses resíduos e assim melhore a eficiência do serviço. Foi feito o aumento de veículos e para que o serviço seja otimizado, com o auxílio de maquinário pesado.

5.7. Resíduos de Serviços de Saúde

5.7.1. *Características dos Resíduos de Serviços de Saúde*

Os Resíduos de Serviços de Saúde são aqueles resultantes de atividades exercidas nos serviços relacionados com o atendimento à saúde humana e animal.

Segundo a Resolução da Anvisa nº 306/2004, definem-se como geradores de Resíduos de Serviços de Saúde - RSS quaisquer serviços oferecidos à saúde humana ou animal, inclusive assistência domiciliar, instituições de ensino e pesquisa da área de saúde e, até mesmo, unidades móveis de atendimento. Os resíduos originados da área da saúde são divididos entre cinco grandes grupos:

- Grupo A: resíduos com a possível presença de agentes biológicos (vírus, bactérias, fungos) que podem apresentar risco de infecção. Sendo alguns deles algodão, espátula, gaze, absorventes e cotonetes contaminados com materiais biológicos, entre outros;
- Grupo B: resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde ou ao meio ambiente, dependendo de suas características quanto a inflamabilidade, corrosividade e toxicidade, contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, como medicamentos vencidos, produtos hormonais, antimicrobianos, reagentes para laboratório, entre outros;
- Grupo C: resíduos contaminados com radionuclídeos, provenientes de laboratório de análises clínicas, serviços de medicina nuclear e radioterapia;
- Grupo D: resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente. Suas características são similares às dos resíduos domiciliares. Podem ser subdivididos em recicláveis e não recicláveis, sendo eles restos de comida e papel de uso sanitário, fralda, absorvente higiênicos, entre outros;
- Grupo E: materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como agulhas e lâminas de vidro, contaminados ou não.

5.7.2. *Acondicionamento dos Resíduos Sólidos de Saúde*

O acondicionamento dos Resíduos de Serviços de Saúde necessita de uma atenção e cuidado especial na gestão de resíduos, de forma que não ocorra contaminação e se evite acidentes com os resíduos. Segundo a NBR 9.191/2000, os resíduos hospitalares devem ser acondicionados em sacos resistentes à ruptura e vazamento e impermeáveis, sendo necessário respeitar o limite de peso de cada saco, além de ser proibido o seu esvaziamento ou reaproveitamento. Dessa forma é recomendada um certo tipo de embalagem para cada grupo de resíduos hospitalares:

- Resíduos infectantes: lixeiras revestidas com sacos brancos;
- Resíduos químicos: galões coletores específicos;
- Resíduos radioativos: caixas blindadas;
- Resíduos comuns: lixeiras revestidas com sacos pretos;
- Resíduos perfurocortantes: recipientes rígidos (preenchidos somente até 2/3 da sua capacidade).

5.7.2.1. *Premissas*

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir, são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de Coleta e Transporte de Resíduos de Serviços de Saúde obtidas a partir de análise de dados referentes ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de benchmarking de projetos relacionados ao objeto de estudo.

5.7.2.1.1. *Premissas gerais*

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad (\text{Equação 55})$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad (\text{Equação 56})$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços mecanizados.

5.7.2.1.2. Premissas específicas

Para efeito de composição das equipes, a coleta de resíduos dos serviços de saúde e coleta de animais mortos foi estimada em 22,93 (vinte e dois inteiros e noventa e três centésimos) toneladas mensais, com um atendimento de 100% da população, sendo que o serviço será medido por pontos atendidos. Com isso, ficará definido as rotas para resíduos de serviços de saúde e a rota por demanda para coleta de animais mortos de pequeno porte, buscando uma melhor operação do serviço. A tabela abaixo apresenta a projeção de resíduos de serviços de saúde para os 27 (vinte e sete) anos da concessão.

Tabela 43 - Projeção de resíduos de serviços de saúde

Ano contrato	Ano	População	RSS (t/ano)	RSS (t/mensal)
1	2024	120.738	275	23
2	2025	123.197	281	23
3	2026	125.657	286	24
4	2027	128.116	292	24
5	2028	130.576	298	25
6	2029	133.035	303	25
7	2030	135.495	309	26
8	2031	137.954	314	26
9	2032	140.414	320	27
10	2033	142.873	326	27
11	2034	145.333	331	28
12	2035	147.792	337	28
13	2036	150.252	342	29
14	2037	152.711	348	29
15	2038	155.171	354	29
16	2039	157.630	359	30
17	2040	160.090	365	30
18	2041	162.549	371	31
19	2042	165.009	376	31
20	2043	167.468	382	32
21	2044	169.928	387	32
22	2045	172.387	393	33
23	2046	174.847	399	33
24	2047	177.306	404	34

25	2048	179.766	410	34
26	2049	182.225	415	35
27	2050	184.685	421	35

Fonte: IPGC, 2024.

Para o cálculo foi necessário determinar o índice de geração per capita de resíduos dos serviços de saúde, sendo que foi verificado no diagnóstico, o índice de geração per capita do município de Catalão é de 0,0062 (sessenta e dois décimos de milésimo) kg/hab.dia, sendo adotado este valor para projeção de resíduos. Abaixo seguem as expressões para o cálculo do valor mensal de resíduos sólidos urbanos.

$$q = \frac{P \times i}{1000} \quad (\text{Equação 57})$$

$$Q = q \times 30 \text{ dias} \quad (\text{Equação 58})$$

Na qual:

P = População (hab)

i = índice constante de produção de resíduo por habitante por dia (kg/hab/dia)

Para determinação do número de veículos para coleta foi determinado a realização em 1 (um) turno.

A velocidade média de coleta do resíduo de serviço de saúde adotada foi de 40 (quarenta) km/h. A jornada de trabalho será de 7,33 (sete inteiros e trinta e três centésimos) horas. O caminhão utilizado possui uma capacidade de 3 (três) toneladas. O peso aparente do resíduo é de 280 (duzentos e oitenta) kg/m³.

A quilometragem de vias atendidas pela coleta de resíduos de serviço de saúde por dia é de 293 (duzentos e noventa e três) km. A distância média do centro gerador até a descarga é de 264 (duzentos e sessenta e quatro) km.

Com isso, é calculado a quantidade de viagens a serem feitas por cada caminhão por turno, utilizando as fórmulas descritas a seguir:

$$NV = \frac{qs \times VC \times J}{(L \times C) + (q \times VC \times TV)} \quad (\text{Equação 59})$$

Na qual:

qs = quantidade diária de RSS (ton./dia)

VC = velocidade média de coleta (km/h)

J = Jornada trabalhada (h)

L = Expansão de vias atendidas no turno (km/dia)

C = Capacidade de carga do caminhão (t)

TV = Tempo de viagem para descarga (h)

D = Distância média do centro gerador até o local de descarga (km)

T = Tempo necessário para pesagem e descarga (h)

A partir da utilização das formas descritas acima é possível determinar qual a frota de veículos necessária para realização do serviço de coleta de resíduos dos serviços de saúde com a fórmula apresentada a seguir.

$$Fs = \frac{qs}{NV \times C} \quad (\text{Equação 60})$$

No qual:

qs = Quantidade diária de lixo coletado no período diurno (t/dia)

qn = Quantidade diária de resíduo de serviço de saúde coletado (t/dia)

NV = Número de viagens por turno

C = Capacidade de carga do caminhão (t)

Cada caminhão coletor deverá ter 1 (um) motorista e 1 (um) coletor. Na coleta do resíduo de serviço de saúde serão realizados em todos os pontos mapeados pelo PODER

CONCEDENTE, sendo atendidas as unidades públicas e privadas cadastradas no sistema do PODER CONCEDENTE.

Para a coleta de animais mortos de pequeno porte foi dimensionado a utilização de um veículo, sendo este uma fiorino furgão. Esse serviço será realizado por demanda, sendo que a equipe será informada por outra equipe da CONCESSIONÁRIA ou por demanda de algum cidadão do município. Para a coleta será utilizado 1 (um) motorista.

5.7.2.2. *Processo de trabalho*

O serviço de coleta dos resíduos de serviços de saúde consistirá em realizar a coleta de todos os resíduos gerados pelos estabelecimentos cadastrados. Deverá ser feita também a coleta dos resíduos que tiverem transbordados dos recipientes acondicionados por qualquer motivo, ou caíram durante o processo da coleta, além de realizar a limpeza e desinfecção do local.

A CONCESSIONÁRIA deveria fazer um planejamento detalhado das rotas de coleta, fazendo um mapeamento com a localização de todos os geradores de resíduos de serviços de saúde, com a frequência de coleta em cada ponto.

Os resíduos deverão estar segregados nos locais geradores, fazendo a separação do resíduo de acordo com a sua classificação (grupo A, B, C, D ou E), seguindo as diretrizes da RDC 306/2004 da Anvisa. Cada tipo de resíduo deverá ser acondicionado no recipiente específico, sendo devidamente identificado com etiqueta, informando a sua categoria e os riscos.

A equipe responsável pela coleta deverá seguir o cronograma estabelecido, passando em todas as unidades geradoras de resíduos. Deverá ser executada de acordo com as normas técnicas e leis vigentes. Após a realização da coleta dos resíduos de serviços de saúde nos pontos listados, a mesma equipe deverá utilizar o veículo de coleta de animais mortos de pequeno porte para recolhimento do que foi demandado durante o dia.

A troca dos motoristas do caminhão baú de coleta de resíduos de serviços de saúde deverá ocorrer na garagem da CONCESSIONÁRIA, devendo ser encaminhado todos os dias os resíduos para o tratamento e destinação final ambientalmente adequada. Após o retorno do veículo, esse deverá ser encaminhado para a área de lavagem do lava jato localizado no aterro sanitário, para que ocorra a devida higienização e desinfecção do veículo, devendo ser realizado

em uma área separada da área de lavagem dos outros veículos e sendo utilizado produtos de limpeza específicos.

Para realização da coleta, toda a equipe deverá utilizar todo e qualquer equipamento de proteção individual e coletiva – EPI e EPC respectivamente – necessários e legalmente previstos para execução do serviço. Toda a frota deverá possuir sistema de rastreamento remoto e controle de monitoramento logístico das equipes de coleta que deverá permitir a emissão de relatórios diários, com imagens georreferenciadas, com data e hora dos serviços e identificação da equipe de coleta com uniformes e EPIs diariamente.

Após a coleta, os resíduos serão transportados para o tratamento, sendo que foi realizado uma pesquisa de 3 (três) empresas que realizam o tratamento dos resíduos dos serviços de saúde, sendo encontrada uma distância média de 212 (duzentos e doze) km para o município de Catalão, devendo a CONCESSIONÁRIA analisar qual o melhor local para tratamento e destinação final.

Todo o processo operacional de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos dos serviços de saúde deverá ser acompanhado e monitorado por profissionais qualificados, garantindo assim o cumprimento das normas técnicas e a eficácia das medidas adotadas. Deverão ser feitas avaliações para possíveis melhorias no processo.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso seja identificado a existência de trechos não realizados, será solicitado a realocação da equipe para conclusão das atividades. A CONCESSIONÁRIA poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade dos veículos.

O serviço de coleta e transporte de resíduos será **medido por ponto atendido**, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

5.7.2.3. *Tecnologias propostas*

Para a execução do serviço de coleta de resíduos de serviços de saúde e de animais mortos de pequeno porte deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 44 – Veículos e equipamentos

Veículo / Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Caminhão Baú (Capacidade de 3 toneladas)	1	4 anos
Fiorino Furgão (Capacidade de 0,5 toneladas)	1	4 anos

Fonte: IPGC, 2024.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

5.7.2.4. *Insumos utilizados*

Para determinar a quantidade mensal de utensílios, insumos, uniformes e EPIs por unidade, foi utilizada a Tabela 32 a seguir:

Tabela 45 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Conjunto calça e camisa	2
Gorro	2
Bota PVC	2
Óculos	4
Avental de PVC	2
Luva de PVC	2
Máscara semifacial	0,03

Fonte: IPGC, 2024.

Para a execução do serviço de coleta e transporte de resíduos de serviços de saúde, deverão ser dispostos os seguintes insumos, utensílios e EPIs:

Tabela 46 – Insumos, EPIs e suas quantidades

Uniformes	Quantidades anual
Camisa branca manga longa	18
Calça grossa	18
Gorro	18
EPIs	
Avental de PVC	18
Luvras de PVC	18

Óculos	9
Botas de PVC	18
Máscara semifacial	909

Fonte: IPGC, 2024.

O dimensionamento levou em consideração a Tabela 32, que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerou o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

5.7.2.5. *Projeção de mão de obra*

Para dimensionar a mão de obra, foi estabelecido o número de motoristas conforme a quantidade de rotas requeridas, com a condição de que cada veículo deva ser acompanhado por 1 (um) coletor. Foi dimensionado motorista para a rota de coleta e para a rota de destinação.

Dimensionamento de pessoal:

- Período diurno: 1 (um) motorista de coleta com CNH compatível e 1 (um) coletor;
- Período noturno: 1 (um) motorista para destinação.
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

Dias e frequência da coleta domiciliar:

- De segunda feira a sábado, conforme rotas e turnos contabilizados em 25 (vinte e cinco) dias mensais.

Os horários dos serviços de coleta domiciliar serão:

- Período diurno: das 07h:00min as 16h:00min, com intervalo de 01h:00min.

Tabela 47 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Motorista de Coleta	1	Diurno
Motorista de Destinação	1	Noturno
Coletor	1	Diurno
Quantitativo de equipes	1	Diurno e Noturno

Fonte: IPGC, 2024.

6. Unidade de Tratamento e Destinação de Resíduos

6.1. Concepção da Unidade de Tratamento e Destinação de Resíduos

O tratamento de resíduos consiste em um conjunto de mecanismos, operações e uso de tecnologias apropriadas, que se aplicam para resíduos sólidos, contemplando desde a sua produção até o destino final, de forma que reduza o impacto sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana. Os tratamentos podem ser divididos em três grupos, sendo eles:

- Tratamento Mecânico;
- Tratamento Bioquímico;
- Tratamento Térmico.

O **tratamento mecânico** é aquele baseado em processos físicos, com função de separar ou alterar a dimensão física dos resíduos. As formas de tratamento são de acordo com a sua finalidade, sendo, por exemplo, por:

- Redução da dimensão das partículas;
- Aumento da dimensão das partículas;
- Separação da fração física;
- Separação pelo tipo de substância;
- Mudanças dos estados físicos;
- Separação de fases físicas;
- Mistura de substâncias por extrusão ou compactação.

O **tratamento bioquímico** é aquele que acontece pela ação de certos grupos de seres vivos, que, ao se alimentarem dos resíduos, fazem a quebra das moléculas grandes e as transformando em uma mistura de substâncias e moléculas menores. Dependendo da tecnologia e metodologia utilizada, o processo pode ser só biológico ou somente químico – neste não há o envolvimento de seres vivos. Os processos que são mais conhecidos são a biodigestão e a compostagem.

O **tratamento térmico** é aquele em que os resíduos recebem uma grande quantidade de energia em forma de calor a uma temperatura mínima que varia de acordo com a tecnologia utilizada e durante uma certa quantidade de tempo, gerando como resultado a alteração nas suas

características. Existem 5 tipos principais de processos de tratamento térmico, que variam dependendo da temperatura da operação e do meio onde ocorre o processo, sendo eles:

- Secagem;
- Autoclavagem;
- Pirólise;
- Gaseificação;
- Incineração;
- Plasma.

Após o processo de tratamento dos resíduos, deve-se dar uma destinação para seus rejeitos. Segundo a PNRS, a destinação de resíduos consiste na reutilização, compostagem, reciclagem, recuperação, aproveitamento energético e outras destinações que são admitidas pelos órgãos competentes, desde que respeitadas as normas operacionais específicas que evitam danos ou riscos à saúde e à segurança pública, fazendo, assim, que se minimize os impactos ambientais.

Ainda segundo a PNRS, a disposição final consiste em distribuir de forma ordenada os rejeitos em aterros, desde que respeitadas as normas operacionais específicas que evitem danos ou riscos à saúde e à segurança pública e minimizando os impactos ambientais. Entende-se como rejeitos aqueles resíduos sólidos que depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, não apresentem outra possibilidade além da disposição final.

6.2. Características das Tecnologias de Destinação e Tratamento De Resíduos

6.2.1. Usina de triagem

Usinas de Triagem e Compostagem - UTCs são locais onde os materiais recicláveis existentes em meio aos resíduos sólidos urbanos são separados manualmente ou com o auxílio de equipamentos mecânicos. Apesar desses lugares serem conhecidos como Usinas de Reciclagem, não é realizado qualquer processo de reciclagem, e sim de separação e destinação de materiais recicláveis. Estas usinas podem estar agregadas a usinas de compostagem, onde a parte orgânica dos resíduos sólidos urbanos é processada.

Dentre os benefícios ambientais da implantação de usinas de triagem podemos destacar a inexistência de chaminés ou poluição visual e ambiental visto que não há incineração, e a não geração de chorume, cinzas ou outro material poluente.

6.2.2. *Unidade de reciclagem - Materiais de comercialização*

De acordo com o IBGE no relatório de IDS 2008, cerca de 91 % do alumínio processado em indústrias vem da reciclagem. No Brasil, os altos índices de reciclagem estão associados ao valor das matérias primas na indústria, à pobreza e ao desemprego.

A partir do potencial de utilização e o custo do material, os recicladores entram em ação, comprando os resíduos recicláveis e os processando, gerando uma nova matéria prima.

Atualmente, cerca de 40 % do resíduo que chega às cooperativas não é aproveitado e um dos motivos é o material não ter comprador pelo custo de reciclabilidade.

6.2.3. *Unidade de reciclagem - Compostagem*

A compostagem industrial é um processo biológico que degrada a matéria orgânica de resíduos orgânicos, que podem ser de origem vegetal ou animal, dando um fim útil e de qualidade aos restos. O produto final é de grande qualidade e é indicado para ser usado como adubo em solos agrícolas, jardins e pequenas hortas. Esse tipo de cultura também contribui no controle da erosão e aumenta a capacidade de retenção de água no solo, além de ajudar a diminuir o uso de fertilizantes. Nesse processo não há a formação de gás metano, nocivo ao meio ambiente.

6.2.4. *Célula de indiferenciados - Aterramento*

6.2.4.1. *Aterro Sanitário*

De acordo com a NBR 8.419/1982, se dá o nome de aterro sanitário a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, sendo que este método que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Os aterros são construídos com o intuito de evitar a contaminação do solo, do ar e da água. Assim, os subprodutos dos materiais ali dispostos, como chorume e gases tóxicos, são retidos e não entram em contato direto com a natureza.

6.2.4.2. Aterro Controlado

Um aterro controlado é um local em que se dispõe resíduos sólidos, os cobrindo com uma camada de material inerte, porém sem a realização de qualquer processo de impermeabilização do solo ou controle dos gases gerados pela decomposição, ao contrário dos aterros sanitários. Tal técnica, portanto, compromete a qualidade do solo, das águas subterrâneas e do ar, visto que o terreno e o lençol freático ficam expostos à contaminação pelo material lixiviado. Além disso, ocorre o acúmulo de gases em seu interior, podendo desencadear explosões.

6.2.4.3. Aterro Industrial

Um aterro industrial é aquele local para a destinação final dos resíduos produzidos por indústrias. Esses aterros necessitam de impermeabilização nas trincheiras, tratamento de afluentes e dos gases liberados pelos materiais descartados, sistema de drenagem das águas pluviais e barracões para reciclagem, armazenamento e manutenção. Os aterros industriais podem ser classificados em classes de acordo com a periculosidade, sendo classes I, II ou III.

6.2.5. Usina Térmica

6.2.5.1. Secagem

O tratamento por secagem consiste em fazer a retirada da umidade dos resíduos através do uso de correntes de ar, ocorrendo na presença de ar atmosférico e temperatura ambiente.

6.2.5.2. Incineração

A incineração é um processo que consiste na oxidação a altas temperaturas, que tem como resultado a transformação de materiais com redução de volume de resíduos, destruição de matéria orgânica, como os organismos patogênicos, resultando nas cinzas do processo. As temperaturas variam entre 900 (novecentos) °C até 1.250 (um mil duzentos e cinquenta)°C, sendo o tempo de incineração controlado. A incineração reúne cinco etapas:

- Preparação do resíduo;
- Combustão em altas temperaturas;
- Controle de poluentes que possam ir para a atmosfera;
- Controle de efluentes;
- Manuseio e encaminhamento das cinzas.

6.2.5.3. Autoclavagem

A autoclavagem, por sua vez, consiste na aplicação de vapor de água sob pressão com temperaturas entre 100 (cem) °C e 150 (cento e cinquenta) °C em um tempo de exposição suficiente para inativar microrganismos presentes nos resíduos, com a finalidade de esterilização.

6.2.5.4. Pirólise

O tratamento por pirólise consiste em uma decomposição ou dissolução através de altas temperaturas. Isso proporciona o rompimento da estrutura molecular original do composto pela ação do calor em um ambiente que possui pouco ou nenhum oxigênio. O processo de pirólise para os resíduos é autossustentável, pois produz mais energia do que consome. A pirólise se divide em três etapas, sendo elas:

- Zona de secagem: etapa em que é alterada as propriedades moleculares da matéria através de altas temperaturas;
- Zona de pirólise: etapa onde ocorre a passagem do estado líquido ou sólido para o estado de gás ou vapor através de reações químicas como fusão, volatilização e oxidação;
- Zona de resfriamento: etapa em que é recolhido as cinzas residuais e também os subprodutos.

6.2.5.5. Gaseificação

O tratamento por gaseificação consiste em um processo que transforma resíduos à base de carbono, através de uma pequena quantidade de ar ou oxigênio, em um gás de síntese combustível com alto valor energético que poderá ser utilizado para geração de energia.

6.2.5.6. Plasma

O tratamento através da tecnologia de plasma consiste em aplicar tanta energia para os resíduos em um sistema fechado e isolado, que toda a matéria se transforma em plasma. Como os resíduos são heterogêneos, ou seja, composto por vários materiais, teremos então um plasma formado por gás ionizado com vários tipos de elementos químicos.

6.3. Tratamento e Destinação de Resíduos Domiciliares, Comerciais e de Limpeza Urbana

6.3.1. Concepção dos serviços de tratamento e destinação de resíduos domiciliares, comerciais e de limpeza urbana

O objeto deste termo de referência é a apresentação da realização da destinação dos resíduos sólidos urbanos originados de atividades residenciais e de estabelecimentos comerciais e industriais que se enquadram como pequenos geradores de resíduos, com características domiciliares. A disposição final ambientalmente adequada em Catalão é o aterramento.

6.3.1.1. Premissas do Aterro Sanitário

Para estimar a quantidade de RSU gerado, foi necessário primeiramente fazer a projeção populacional para os anos da concessão calculando o crescimento populacional do Município de Catalão. A quantidade de resíduos sólidos destinada foi calculada seguindo a tendência populacional de Catalão juntamente com a quantidade de resíduos destinados ao longo do tempo. A projeção foi detalhada no tópico 5.4.3. ESTUDO DE PROJEÇÃO POPULACIONAL.

A quantidade de resíduos sólidos domiciliares foi calculada a partir da projeção populacional baseada no método de ajuste linear. Levando em consideração o valor médio de produção de resíduos de toneladas no ano de 2022 e a projeção populacional calculada pelo IBGE de 113.091 (cento e treze mil inteiros e noventa e um centésimos) habitantes, converte-se a tonelada por ano para tonelada por habitante.ano, representada na equação a seguir:

$$\mathbf{RDO = tonelada / hab * ano} \quad \text{(Equação 61)}$$

$$RSU_{\text{per cap.}} = \frac{m_{RSU}}{P(t)} \quad \text{(Equação 62)}$$

Na qual:

$RSU_{\text{per cap.}}$ = quantidade de resíduos domiciliares e comerciais por habitante por ano (ton/hab.ano);

m_{RSU} = massa média de resíduos domiciliares e comerciais produzida no ano de referência (ton.);

$P(t)$ = população do Município no ano de referência (hab.ano).

Com essa premissa de tonelada por habitante a cada ano, é possível calcular a projeção de resíduos sólidos domiciliares em todos os 27 (vinte e sete) anos da concessão representado na Tabela 48.

Tabela 48 - Projeção de resíduos sólidos urbanos domiciliares - RSU

Ano contrato	Ano	População	RSU (t/ano)	RSU (t/mensal)
1	2024	120.738	36.271	3.023
2	2025	123.197	37.010	3.084
3	2026	125.657	37.749	3.146
4	2027	128.116	38.488	3.207
5	2028	130.576	39.227	3.269
6	2029	133.035	39.965	3.330
7	2030	135.495	40.704	3.392
8	2031	137.954	41.443	3.454
9	2032	140.414	42.182	3.515
10	2033	142.873	42.921	3.577
11	2034	145.333	43.660	3.638
12	2035	147.792	44.399	3.700
13	2036	150.252	45.138	3.761
14	2037	152.711	45.876	3.823
15	2038	155.171	46.615	3.885
16	2039	157.630	47.354	3.946
17	2040	160.090	48.093	4.008
18	2041	162.549	48.832	4.069
19	2042	165.009	49.571	4.131
20	2043	167.468	50.309	4.192
21	2044	169.928	51.048	4.254
22	2045	172.387	51.787	4.316
23	2046	174.847	52.526	4.377
24	2047	177.306	53.265	4.439
25	2048	179.766	54.004	4.500
26	2049	182.225	54.743	4.562
27	2050	184.685	55.482	4.623

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 49 - Projeção de resíduos sólidos urbanos de limpeza urbana - RPU

Ano contrato	Ano	População	RPU (t/ano)	RPU (t/mensal)
-1	2022	115.819	1.740	145
0	2023	118.278	1.777	148
1	2024	120.738	1.814	151
2	2025	123.197	1.850	154
3	2026	125.657	1.887	157
4	2027	128.116	1.924	160
5	2028	130.576	1.961	163
6	2029	133.035	1.998	167
7	2030	135.495	2.035	170
8	2031	137.954	2.072	173
9	2032	140.414	2.109	176
10	2033	142.873	2.146	179
11	2034	145.333	2.183	182
12	2035	147.792	2.220	185
13	2036	150.252	2.257	188
14	2037	152.711	2.294	191
15	2038	155.171	2.331	194
16	2039	157.630	2.368	197
17	2040	160.090	2.405	200
18	2041	162.549	2.442	203
19	2042	165.009	2.479	207
20	2043	167.468	2.515	210
21	2044	169.928	2.552	213
22	2045	172.387	2.589	216
23	2046	174.847	2.626	219
24	2047	177.306	2.663	222
25	2048	179.766	2.700	225
26	2049	182.225	2.737	228
27	2050	184.685	2.774	231

Fonte: IPGC, 2023.

Estima-se que em 2024, primeiro ano de concessão, serão geradas 36.271 (trinta e seis mil duzentos e setenta e um) toneladas de RSU pelos domicílios e comércio e 1.740 (um mil setecentos e quarenta) toneladas de RPU pelo serviço de limpeza urbana do Município de Catalão. Já no último ano de concessão em 2050, serão geradas 55.482 (cinquenta e cinco mil quatrocentos e oitenta e dois) toneladas de resíduos domiciliares e 2.774 (dois mil setecentos e setenta e quatro) toneladas de RPU.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad \text{(Equação 63)}$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad \text{(Equação 64)}$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços mecanizados.

6.3.1.2. Premissas do sistema de tratamento de percolado

Para o município de Catalão foi adotado para o tratamento do percolado do aterro sanitário o sistema composto por lagoa anaeróbia, seguida por uma lagoa aeróbia e facultativa. Ao final o líquido tratado poderá ser utilizado como água de reuso, recirculado de volta para o aterro sanitário ou direcionado para lançamento em um corpo hídrico, desde que sua qualidade esteja

em conformidade com os padrões estabelecidos na legislação vigente, sendo necessário a obtenção de outorga específica. A escolha da opção de utilização do efluente tratado fica a cargo da CONCESSIONÁRIA e deverá ser aprovado pelo PODER CONCEDENTE.

A utilização do chorume tratado como água de reuso contribui para a preservação e sustentabilidade ambiental. Dentre as possibilidades de reuso destaca-se as a seguir:

- Irrigação paisagística
 - A utilização da água tratada proveniente do chorume pode contribuir para a manutenção de parques, cemitérios, gramados, entre outros locais.
- Usos na zona urbana
 - Em atividades de usos não potáveis como em combate ao fogo, irrigação de jardins, lavagem de carros, limpeza de rua, limpeza de pisos e superfícies, entre outros, a utilização da água tratada proveniente do chorume reduz o consumo de água potável.
- Cultivo de plantações
 - A utilização da água tratada proveniente do chorume na irrigação e cultivo agrícolas promove a uso sustentável de recursos hídricos.

Vale destacar que para a utilização desta água de reuso é essencial que o chorume passe por um tratamento adequado assegurando a qualidade e segurança para o uso pretendido e que ocorra sempre em conformidade com as regulamentações e diretrizes ambientais vigentes.

6.3.1.2.1. Lagoa anaeróbia

Para o dimensionamento da lagoa anaeróbia do município de Catalão foi adotado o valor de 848,587 (oitocentos e quarenta e oito inteiros e quinhentos e oitenta e sete milésimos) de carga orgânica para ser tratado através da demanda bioquímica de oxigênio (S_0), consumido durante 5 (cinco) dias em uma temperatura de 20 (vinte) °C. A temperatura média anual em Catalão é de 25 (vinte e cinco) °C. A carga afluenta para a lagoa anaeróbia foi de 734,57 (setecentos e trinta e quatro inteiros e cinquenta e sete centésimos) kg.DBO/dia.

A taxa de aplicação volumétrica (kg.DBO/m³.dia) adotado para o volume da lagoa foi de 0,30 (trinta centésimos) kg.DBO/m³.dia. O volume da lagoa anaeróbia é de 2.448,58 (dois mil quatrocentos e quarenta e oito inteiros e cinquenta e oito centésimos) m³, calculado pela equação a seguir.

$$V = \frac{q}{L_v} \quad (\text{Equação 65})$$

Na qual:

V = volume da lagoa (m³);

q = carga afluyente (kg.DBO/dia);

L_v = taxa de aplicação volumétrica (kg.DBO/m³.dia).

O tempo de detenção hidráulico da lagoa anaeróbia é de 3,6 (três inteiros e seis décimos) dias, sendo que altura da lagoa será de 5,5 (cinco inteiros e cinco décimos) m. A área da lagoa anaeróbia dimensionada foi de 445,20 (quatrocentos e quarenta e cinco inteiros e vinte centésimos) m², calculada pela equação a seguir.

$$A = \frac{V}{H} \quad (\text{Equação 66})$$

Na qual:

A = área da lagoa anaeróbia (m²);

V = volume da lagoa (m³);

H = altura de fundo (m).

A demanda bioquímica remanescente após passagem no tratamento pela lagoa anaeróbia foi de 534 (quinhentos e trinta e quatro) mg/L, com uma eficiência de tratamento de 50%.

6.3.1.2.2. *Lagoa aeróbia*

Como o posicionamento das lagoas anaeróbia e aeróbia está em série, a demanda bioquímica efluente de 534 (quinhentos e trinta e quatro) mg/L da lagoa anaeróbia é a demanda bioquímica afluyente (DBO) para a lagoa aeróbia. Para o dimensionamento do volume requerido da lagoa aeróbia, foi adotado um tempo de detenção hidráulico de 8 (oito) dias, multiplicado com a vazão de 688,03 (seiscentos e oitenta e oito inteiros) m³/dia, obteve-se a necessidade de 5.504 (cinco mil quinhentos e quatro) m³ de volume para a lagoa aeróbia. Em seguida, calcula-se a área a partir do volume e da altura de 4 (quatro) m para a lagoa aeróbia.

$$A = \frac{V}{H} \quad (\text{Equação 67})$$

Na qual:

A = área requerida (m);

V = volume requerido (m³);

H = altura de fundo (m).

A área dimensionada para a lagoa aeróbia calculada pela (Equação 67) foi de 1.376 (um mil trezentos e setenta e seis) m².

Logo após o dimensionamento da lagoa aeróbia, foi calculado a quantidade de sólidos suspensos voláteis, na qual foi adotado 8 (oito) dias para detenção hidráulica. O coeficiente de decaimento bacteriano adotado foi de 0,06 (seis centésimos), o DBO solúvel foi de 102,46 (cento e dois inteiros e quarenta e seis centésimos).

$$X_V = \frac{Y*(S_0 - S_S)}{1 + K_d * \theta_h} \quad (\text{Equação 68})$$

Na qual:

X_v = sólidos suspensos voláteis (mg/L)

Y = coeficiente de produção celular (mg.X_v/mg.DBO₅);

S₀ = DBO afluente (mg/L);

S_S = DBO solúvel (mg/L);

K_d = coeficiente de decaimento bacteriano (d⁻¹);

θ_h = tempo de detenção hidráulica (dias).

A quantidade de sólidos suspensos voláteis foi de 233,17 (duzentos e trinta e três inteiros e dezessete centésimos) mg/L. Em seguida, calcula-se a DBO efluente total, necessitando, primeiramente, converter os sólidos suspensos voláteis em DBO particulada para que seu valor seja adicionado ao valor da DBO solúvel.

$$S_{part.} = 0,35 * X_V \quad \text{(Equação 69)}$$

Na qual:

$S_{part.}$ = DBO efluente particulada (mg/L);

X_V = sólidos suspensos voláteis (mg/L).

$$S_{e,T} = S_S + S_{part.} \quad \text{(Equação 70)}$$

Na qual:

$S_{e,T}$ = DBO efluente total (mg/L);

S_S = DBO solúvel (mg/L);

$S_{part.}$ = DBO efluente particulada (mg/L).

Em seguida, calcula-se a DBO removida pela lagoa aeróbia:

$$S_{remov.} = S_0 - S_{e,T} \quad \text{(Equação 71)}$$

Na qual:

$S_{remov.}$ = DBO removida pela lagoa aeróbia (mg/L);

S_0 = DBO afluente (mg/L);

$S_{e,T}$ = DBO efluente total (mg/L).

A eficiência da lagoa aeróbia foi de 65,5%

A CONCESSIONÁRIA deverá realizar estudos de incidência de ventos para a aeração natural lagoa, caso seja necessário, deverá implementar mecanismos artificiais de aeração.

6.3.1.2.3. Lagoa facultativa

Para um bom funcionamento da lagoa facultativa, sua profundidade adotada foi de 1,5 (um inteiro e cinco décimos) m. Como o posicionamento das lagoas anaeróbia, aeróbia e facultativa está em serie, a carga afluente de DBO da lagoa facultativa é de 126,6 (cento e vinte e seis inteiros e seis décimos) kg/dia. A área requerida para a lagoa facultativa é de 0,74 (vinte e oito

centésimos) ha, adotando 170 (cento e setenta) kg/ha.dia de taxa de aplicação superficial. A equação a seguir apresenta os cálculos utilizados para dimensionar a lagoa facultativa.

$$A = \frac{q_0}{L_s} \quad (\text{Equação 72})$$

Na qual:

A = área requerida (ha);

q_0 = carga de DBO afluente (kgDBO/dia);

L_s = taxa de aplicação superficial (kgDBO₅/ha.dia).

O tempo de detenção hidráulico da lagoa facultativa é de aproximadamente 17 (dezesete) dias com um coeficiente de remoção de DBO de 0,35 (trinta e cinco centésimos) e demanda bioquímica solúvel de 19,28 (dezenove inteiros e vinte e oito centésimos) mg/L calculada pela equação abaixo.

$$S_s = \frac{S_0}{1 + K * \theta_h} \quad (\text{Equação 73})$$

Na qual:

K = coeficiente de remoção de DBO em uma temperatura do líquido (d⁻¹);

S_s = DBO solúvel (mg/L);

S_0 = DBO afluente (mg/L);

θ_h = tempo de detenção hidráulica (dias).

O coeficiente de decaimento bacteriano adotado foi de 0,06 (seis centésimos), e coeficiente de produção celular de 0,8 (oito décimos) mg.X_v/mg.DBO₅.

$$X_v = \frac{Y*(S_0 - S_s)}{1 + K_d * \theta_h} \quad (\text{Equação 74})$$

Na qual:

X_v = sólidos suspensos voláteis (mg/L)

Y = coeficiente de produção celular (mg. X_v /mg.DBO₅);

S_0 = DBO afluente (mg/L);

S_S = DBO solúvel (mg/L);

K_d = coeficiente de decaimento bacteriano (d⁻¹);

θ_h = tempo de detenção hidráulica (dias).

A quantidade de sólidos suspenso voláteis foi de 66,77 (sessenta e seis inteiros e setenta e sete centésimos) mg/L. A demanda bioquímica efluente total foi de 42,65 (quarenta e dois inteiros e sessenta e cinco centésimos) mg/L, conforme a equação abaixo.

$$S_{e,T} = S_S + S_{part.} \quad (\text{Equação 75})$$

Na qual:

$S_{e,T}$ = DBO efluente total (mg/L);

S_S = DBO solúvel (mg/L);

$S_{part.}$ = DBO efluente particulada (mg/L).

A lagoa facultativa removerá 141,42 (cento e quarenta e um inteiros e quarenta e dois centésimos) mg/L de demanda bioquímica de oxigênio com uma eficiência de 76,83%.

6.3.1.3. Processo de trabalho

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso seja identificado algum problema no processo ou irregularidade, será solicitado uma reunião com a equipe para alinhamento e definição das soluções. O PODER CONCEDENTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade equipamentos.

O serviço de tratamento e destinação de resíduos sólidos urbanos será **medido por equipe**, devendo a CONTRATADA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subseqüente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

6.3.1.3.1. Sistema de drenagem e remoção de percolados

Na base do aterro, nas trincheiras a serem executadas, sobre a camada de proteção da manta e entre as camadas de resíduos, serão implantados drenos de coleta de líquidos percolados. Estes drenos garantirão o escoamento dos percolados para fora da massa de resíduos evitando, assim, a poluição das águas subterrâneas e melhorando a estabilidade da massa de resíduos do aterro.

Os drenos de percolado da base do aterro serão em forma de losango, sendo constituído por rachão envelopado com manta geotêxtil sobre uma tira de manta geotêxtil. Os drenos denominados como principal terão um tubo de PEAD corrugados perfurados com diâmetro de no mínimo 100 (cem) mm em seu interior.

O sistema de drenagem de líquidos percolados será interligado ao sistema de drenagem de gases, permitindo assim um melhor escoamento dos líquidos e gases. O líquido resultante desta drenagem será encaminhado para o sistema de lagoas já executadas. Na época em que o balanço hídrico for negativo ou que o teor de umidade na compactação permitir, o líquido percolado poderá ser recirculado sobre o aterro.

O sistema de impermeabilização de inferior ou fundo e taludes previsto para a área envolvida no projeto do aterro, será composto, da parte inferior para a superior, dos seguintes elementos: geomembrana de PEAD 2 (dois) mm de espessura, geotêxtil (400 g/m²), proteção da geomembrana, e uma camada de 0,50 (cinquenta centésimos) m de argila compactada ($k \leq 10^{-6}$ cm/s - Proctor normal de 95 %).

A camada de argila tem por objetivo apresentar uma barreira bastante impermeável impedindo qualquer infiltração dos líquidos percolados para o meio ambiente. Essa camada, composta de material natural que é a argila, serve de garantia em longo prazo, pois a perenidade de suas características de impermeabilidade é melhor que a da geomembrana. Além disso, essa camada de argila apresenta uma espessura considerável (0,50 m) que reduz as solicitações mecânicas na geomembrana quando da implantação e da operação do aterro.

O dreno destinado à coleta de líquidos percolados, formado por uma vala trapezoidal, deverá estar apoiado diretamente na manta dupla de PEAD que deverá estar nivelada conforme estabelecido no projeto. Deverá ser realizada a limpeza da superfície de contato entre a manta e o dreno imediatamente antes de sua implantação. Toda a superfície de contato entre a manta e o dreno deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da implantação do sistema de drenagem, verificando se atende às condições do projeto.

O controle dos materiais de construção da drenagem de percolados poderá ser limitado à inspeção visual seguindo a seguinte recomendação:

- O controle visual deverá ser efetuado por pessoal orientado, de modo a garantir que somente seja utilizado o material especificado (rachão – granulometria > 2”, tubo de PEAD e de concreto, concreto armado e alvenaria) e no caso da ocorrência de materiais diferentes daqueles especificados, estes deverão ser desprezados.

Antes da implantação do dreno de líquidos percolados propriamente dito deverá ser implantada as caixas de passagens (alvenaria com base e tampa em concreto armado).

O dreno de líquidos percolados propriamente dito será constituído de um dreno horizontal em forma trapezoidal (taludes de 1 (H):1 (V), 1,0 m de largura na base e profundidade variável), revestido com geotêxtil (no mínimo 300 g/m² – 16 kN/m), preenchido com rachão ou solo grosso e uma tubulação corrugada e perfurada, em PEAD, com diâmetro de 0,10 (dez centésimos) m e deverão ser implantados após as caixas de passagem.

A principal concepção construtiva dos drenos verticais é baseada na elevação da tubulação conforme elevação da altura da massa de resíduos. As peças de concreto serão apenas sobrepostas com encaixe do tipo ponta-bolsa. Os tubos de concreto já deverão estar perfurados conforme o plano de furos especificado para cada tubulação. Da mesma forma que o dreno for ganhando altura, a camada de brita que o envolve deverá ser executada. Para facilitar o posicionamento das britas e separá-las do resíduo, usa-se a tela de aço do tipo Telcon ou similar.

O dimensionamento do sistema deve comportar a vazão de lixiviados na situação mais crítica, ou seja, os provenientes da ocorrência de precipitações máximas sobre a área integral do aterro. O espaçamento mínimo dos drenos foi obtido pela equação de Hooghoudt combinado com a vazão prevista para a maior área de captação de líquido em cada fase do aterro.

De posse da vazão calculada anteriormente e com a utilização da fórmula de Manning combinada com a equação da continuidade foram obtidas as seções transversais necessárias aos drenos de fundo.

No caso foi obtido um espaçamento de 140 (cento e quarenta) m e drenos com diâmetro de 10 (dez) cm para a drenagem em espinha de peixe. A drenagem de condução para as lagoas de tratamento deve ser dimensionada para receber a vazão máxima de cada fase do aterro, em PVC, resultando tubos com o diâmetro de 20 (vinte) cm.

Os líquidos coletados pelo sistema de drenagem de fundo são conduzidos por gravidade à lagoa de contenção, localizada na parte mais baixa do terreno.

6.3.1.3.2. Lagoa de tratamento e/ou evaporação

O dimensionamento da lagoa deve ser realizado numa análise ao balanço hídrico e do sistema de tratamento que irá ser proposto, devendo as mesmas serem estanques e impermeabilizadas. No aterro existente deve-se prever a implantação de pelos menos 2 (duas) novas lagoas de tratamento a jusante para recebimento dos líquidos de lixiviados.

6.3.1.3.3. Sistema de drenagem de gás

O sistema de drenagem de gases será constituído de drenos verticais, com um afastamento de 45 (quarenta e cinco) metros entre eles, constituídos de um tubo de concreto perfurado (1,0m x 1,0m), envolto por rachão contido por uma tela metálica.

Como forma de evitar eventuais acidentes ocasionados por mudanças bruscas na direção das chamas, deve-se realizar o isolamento, em um raio de 5 (cinco) m de distância, dos drenos localizados próximos à circulação de pessoas ou máquinas.

As medidas de proteção dos drenos são essenciais para o funcionamento a longo prazo, sendo que a principal proteção se constitui na camada de brita que envolve o dreno. Esta camada deve ser dimensionada para não permitir o contato do resíduo diretamente com o dreno (diminuição da possibilidade de tamponamento dos orifícios) e também para facilitar o escoamento vertical de percolado para o sistema de drenagem da base da célula.

Para facilitar a execução da mesma, deve-se usar uma tela de aço, tipo Telcon ou similar, para confinamento da brita não permitindo, assim, perda de pedras para dentro da massa de resíduo.

O espaçamento entre fios da tela deve ser menor ou igual a 5 (cinco) cm (transversal e longitudinal), sendo obrigatoriamente inferior ao diâmetro médio do rachão.

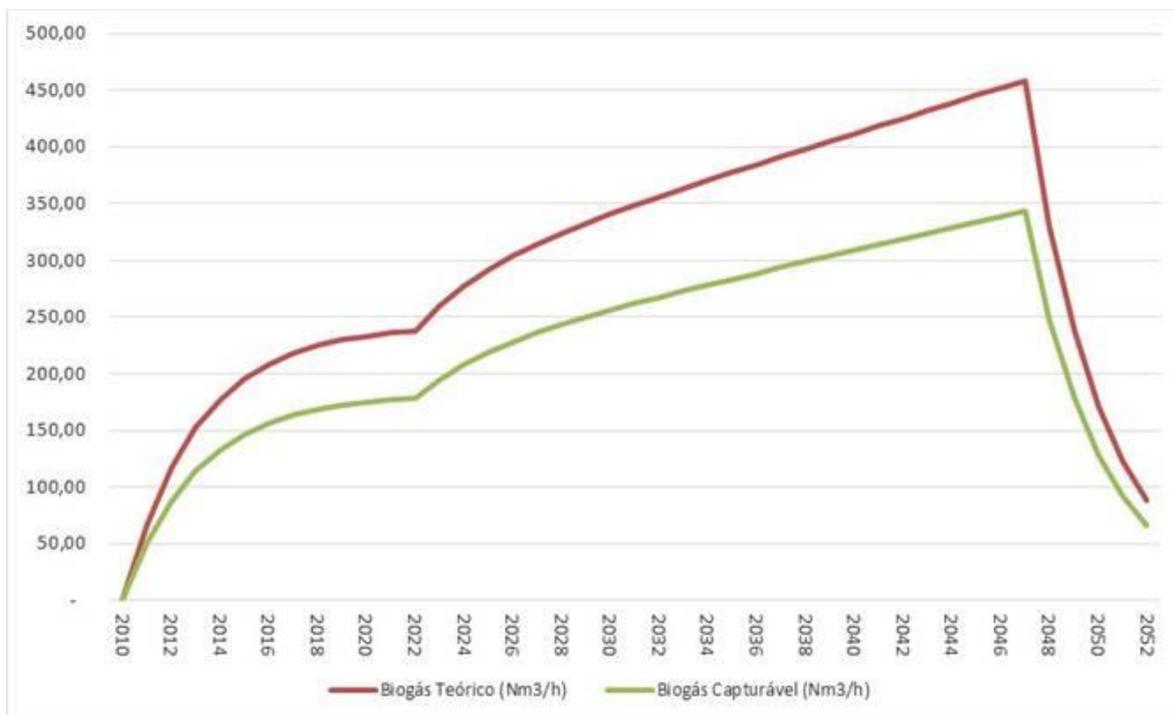
A distância externa do dreno vertical (distância da camada de brita) utilizado neste projeto foi aproximadamente 1,0 (um) m.

O aterro terá uma cobertura final constituída por duas camadas, uma de 40 (quarenta) cm de argila compactada e outra com 10 (dez) cm de solo vegetal. Diariamente, durante a operação do aterro, será aplicada uma cobertura intermediária de solo, com espessura da ordem de 0,20 (vinte centésimos) m. Esta poderá ser removida no momento da disposição do nível subsequente.

6.3.1.3.4. Unidade de Reaproveitamento de Biogás

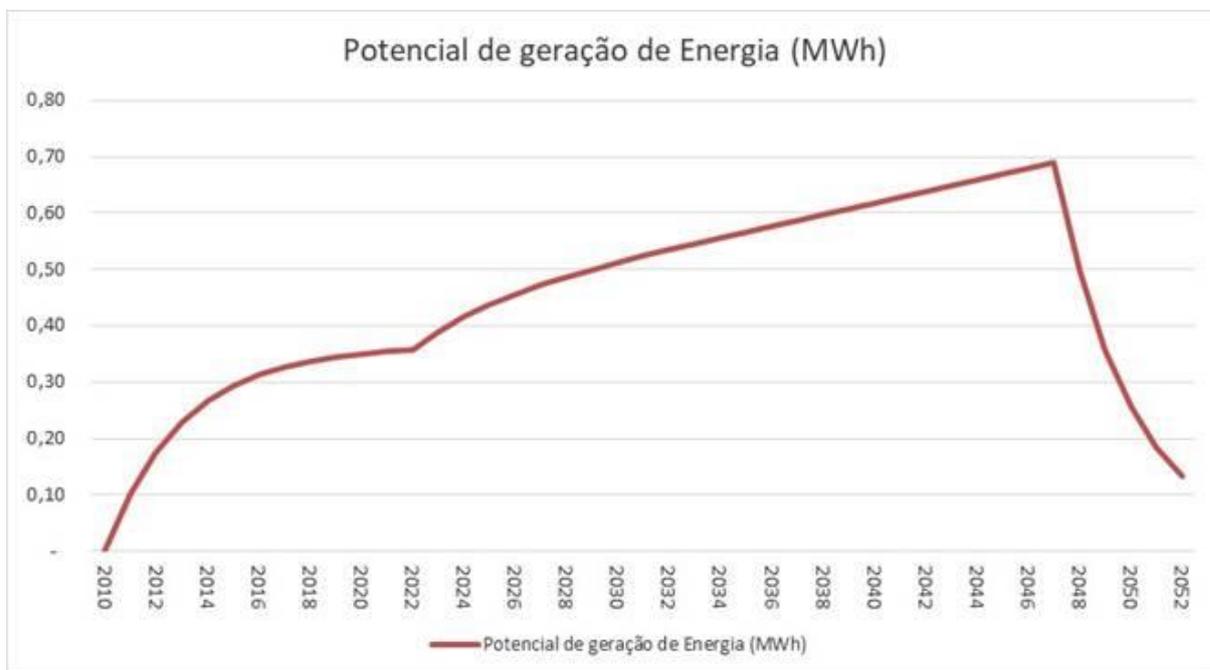
Em uma análise ao reaproveitamento do biogás, o Aterro Sanitário terá uma capacidade de geração em 2024 de 0,45 (quarenta e cinco centésimos) MW, com uma geração de energia de 3.805 (três mil oitocentos e cinco) MW/ano. Os gráficos de produtividade demonstrados nas figuras abaixo foram obtidos através da modelagem operacional do software NGMESH de gestão para monitoramento e implantação de sistema e reaproveitamento de biogás.

Figura 4 - Curva de Produção de Enriquecimento de Biogás



Fonte: IPGC, 2023.

Figura 5 - Produção Estimada de Energia



Fonte: IPGC, 2023.

Para implementação do processo de enriquecimento e produção de energia é necessário o investimento nos seguintes sistemas:

- Captação e Enriquecimento do Biogás;
- Tratamento do Biogás;
- Geração de Energia;
- Conexão com a Distribuidora de Energia.

Esse reaproveitamento do biogás poderá ser explorado pela CONCESSIONÁRIA como uma RECEITA ACESSÓRIA.

6.3.1.3.5. Sistema de drenagem de águas pluviais

O projeto da drenagem pluvial prioriza a independência de cada sistema de drenagem, isto é, trata-se de sistemas isolados de drenagem de águas pluviais e sistema de drenagem de líquidos percolados/gases. As águas pluviais coletadas serão encaminhadas para pontos distintos, em talvegues próximos, de modo a não causarem impacto na operação do aterro.

A drenagem de água pluvial, isto é, a coleta e caminhamento das águas provindas de precipitação, consiste em coletar, nas bermas do aterro e por canaletas de concreto, a água da chuva. O deságue destas canaletas ocorrerá em caixas de passagem simplificadas interligadas por tubos de concreto ligados às descidas d'água. Estas descidas d'água serão executadas em escadas tipo colchão reno. O deságue destas escadas hidráulicas será realizado nas caixas de passagem que se interligam aos dissipadores através de tubos.

Durante a operação do aterro, serão mantidos drenos provisórios de águas pluviais, que são canais escavados no solo, que desviarão as águas de chuva da área do aterro.

As meias-canas de concreto pré-moldadas destinadas a captar águas pluviais devem ser fabricadas obedecendo-se às especificações correspondentes da ABNT. As escavações devem ser executadas de acordo com o alinhamento e as cotas constantes no projeto. O aterro, para atingir a cota de assentamento, deve ser devidamente compactado em camadas. As dimensões das canaletas, seção e declividade, bem como sua localização, devem ser as indicadas no projeto.

As peças pré-moldadas podem ser do tipo macho e fêmea ou ponta e bolsa, rejuntadas com argamassa de cimento e areia traço 1:4, tomando-se o cuidado com o alinhamento, a declividade e os ressaltos nas juntas, que podem se tornar pontos de acúmulo de material, prejudiciais ao escoamento das águas. O assentamento de tubos deve obedecer rigorosamente aos "greides" do projeto e estar de acordo com as dimensões indicadas.

6.3.1.3.6. Vias de acessos e isolamento da área do aterro

Os acessos internos do aterro a serem acrescentados serão de solo compactado, sendo as áreas mais movimentadas de piso intertravado. A espessura recomendada para as vias internas do aterro é de 30 (trinta) a 50 (cinquenta) cm, compactadas de 15 (quinze) e 25 (vinte e cinco) cm. Os acessos podem ser construídos com vários materiais, como saibro, rocha em decomposição, material de demolição e produtos de pedreira. A pista de rolamento deve ter caimento uniforme para uma das laterais, encaminhando toda a água da chuva para o sistema de drenagem que margeia a estrada.

Para garantir a manutenção dos acessos, será mantido um estoque de material (cascalho ou brita 2) e meias canas de concreto. Quando necessário, será deslocada uma motoniveladora para o aterro visando melhorar as condições dos acessos. Visando melhorar as condições de movimentação dos equipamentos e veículos e aumentar a segurança do aterro, os acessos externos e internos terão um sistema de sinalização viária adequado. Este sistema deverá ser mantido em boas condições de uso durante toda a operação do aterro.

No decorrer da operação do aterro, serão abertos acessos provisórios para atender as frentes de descarga de resíduos. Com o objetivo de reduzir a dispersão de odores pelo vento e ruídos para as áreas circunvizinhas ao aterro, bem como reduzir a degradação da paisagem, será mantida uma barreira vegetal (cinturão verde) na área limítrofe da área do empreendimento.

Em períodos chuvosos, para a minimização dos problemas de acesso dos caminhões coletores e dos demais veículos até a frente operacional interna à unidade de aterragem do Aterro Sanitário de Catalão, recomenda-se que sejam tomadas as seguintes e principais precauções adicionais:

- Execução de um processo de compactação criterioso e de qualidade dos resíduos aterrados;
- Definição de faixas/vias de acesso à frente operacional e seu respectivo revestimento em cascalho, RCC ou material similar;

- Execução de micro barricadas de terra para a contenção de águas ou percolados de escoamento superficial em relação às vias de acesso à frente operacional dentro da unidade de aterragem;
- Implantação e manutenção preventiva ou corretiva do sistema de drenagem superficial previsto e necessário para a minimização do escoamento superficial das águas pluviais para dentro das unidades de aterragem;
- Implantação e manutenção preventiva ou corretiva do sistema de drenagem de percolados do aterro.

6.3.1.3.7. Preparação do local para disposição

Na preparação do local para disposição dos rejeitos, deverá ser realizada a limpeza da superfície imediatamente antes da colocação da argila. Toda a superfície deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da argila, verificando se atende às condições do projeto. A trincheira deverá ser aberta em etapas, de acordo com a necessidade de disposição do rejeito, de forma que a terra da própria trincheira possa ser utilizada como material de cobertura.

O controle do material de construção deverá ser efetuado por pessoal orientado, de modo a garantir que somente seja utilizado o material especificado (argila) reconhecido pela cor e textura características, e não contaminado por restos vegetais. No caso da ocorrência de materiais diferentes daqueles especificados, estes deverão ser desprezados. O controle da espessura da camada de solo será realizado topograficamente.

Os lançamentos deverão ser executados em camadas horizontais na praça liberada, após demarcação de espessuras em toda faixa lateral com cruzetas de 20 (vinte) em 20 (vinte) m. O solo fino lançado deverá ser espalhado e nivelado convenientemente de maneira a obter uma superfície plana e de espessura constante da camada a ser compactada. Durante as operações de lançamento e espalhamento do material, deverá ser mantido pessoal necessário para remoção de raízes, detritos e outros materiais estranhos a solo fino.

O material será compactado por rolo compactador, sendo que a passada será definida como uma cobertura completa, abrangendo a totalidade da superfície e com uma superposição de 0,20 (vinte centésimos) m entre faixas de compactação adjacentes. Em locais estreitos onde não seja possível o uso do rolo compactador, o material será lançado em camadas com até 20 (vinte) cm

de espessura para compactação com equipamento de pneus ou para compactação manual. O controle da compactação será exercido por inspeção visual e verificado, para efeito de registro, por ensaios de controle tecnológico. O controle visual será efetuado por pessoal treinado para esse fim.

Deverão ser observados os seguintes aspectos:

- Tipo de material lançado;
- Origem do material;
- Homogeneidade do material;
- Espessura da camada antes e após a compactação;
- Número de passadas; e
- Cobertura adequada da faixa compactada pelo equipamento compactador.

Caso a inspeção indique a ocorrência de grau de compactação abaixo do esperado, será indicada a execução de duas ou mais passadas adicionais.

Em relação a regularização da área as recomendações são de:

- Realizar a limpeza da área do aterro, que consistirá na remoção de todo o material que não seja solo;
- Realizar a limpeza superficial, que compreende a remoção dos detritos de origem vegetal, resíduos sólidos, entre outros, em toda a área do aterro;
- Possuir desenhos que indiquem as cotas e as declividades a serem obtidas quando da realização da implantação da base do aterro;
- As declividades transversais do fundo do aterro serão sempre iguais ou superiores a 1,5 %;
- A escavação da vala que irá receber os drenos de percolados terá declividade igual ou superior a 1,5 %;
- O controle da execução do serviço será realizado através de levantamentos topográficos;
- Inspeccionar visualmente a superfície da área do futuro aterro, que deverá estar nivelada conforme previsto no projeto, isenta de qualquer tipo de material contundente, depressões e mudanças abruptas de inclinação do terreno.

Em relação a impermeabilização com geomembrana, são apresentados os procedimentos a serem adotados quando da estocagem, movimentação e colocação da manta de PEAD de 2,0

(dois) mm de espessura. Estes procedimentos seguem as recomendações da Associação Brasileira de Geossintéticos – IGSBRASIL (IGSBR IGMT 01- Instalação de Geomembranas Termoplásticas – Recomendações para Projetos).

- Recebimento: cada lote de bobinas ou painéis recebido na obra deverá estar identificado de acordo com a norma ABNT NBR 12.592:2003;
- Certificados de qualidade: cada lote de bobinas ou painéis recebidos na obra deverá estar acompanhado do certificado de qualidade de fabricação da geomembrana fornecido pelo fabricante;
- Descarregamento das bobinas: o descarregamento na obra deverá ser feito por empilhadeiras ou equipamento equivalente, como caminhões Munck, tratores com pá, etc., os quais permitam o seu içamento e a movimentação segura. O içamento deverá ser efetuado utilizando-se cintas de poliéster, içando-os através de, no mínimo, dois pontos de sustentação para evitar deformações;
- Inspeção visual externa das bobinas: deverá ser inspecionado visualmente a parte externa do material recebido na obra. O exterior deverá estar livre de perfurações, bolhas, cortes ou rachaduras;
- Superfície de armazenamento: as bobinas deverão ser colocadas sobre tablados de madeira ou sobre um colchão de areia, para evitar o contato direto com o solo, sendo que a superfície deverá ser plana, lisa e livre de pedras e materiais pontiagudos que possam danificar a geomembrana. Dever-se-á evitar o armazenamento próximo a agentes químicos e fontes de calor;
- Empilhamento: deverão ser seguidas as recomendações do fabricante que acompanham o produto, conforme indica a NBR 12.592:2003. Na falta destas recomendações, é aconselhável o empilhamento em no máximo três níveis de bobinas;
- Encunhamento: o deslocamento das bobinas armazenadas em pilhas deverá ser restringido pelo uso de cunhas dispostas em cada um dos rolos inferiores antes da colocação do segundo nível, sendo que a cunha deverá ser lisa e de dimensões tais que não danifique a geomembrana;
- Posicionamento: as bobinas e painéis deverão ser armazenados considerando-se a ordem de retirada, conforme a modulação prevista e o processo de abertura das mesmas;
- Deslocamento e manuseio: o deslocamento das bobinas na obra, assim como o seu manuseio deverão seguir as recomendações citadas no item descarregamento.

A preparação da superfície de apoio deverá ser executada previamente de acordo com as especificações do projeto, com a superfície de apoio (fundo e taludes) devendo estar nivelada, compactada e isenta de qualquer tipo de material contundente, depressões e mudanças abruptas de inclinação do terreno não previstas no projeto. Deve-se promover a limpeza da superfície imediatamente antes da colocação da geomembrana.

A colocação da geomembrana deverá ser realizada imediatamente após os serviços de preparação da superfície de apoio para evitar a deterioração do terreno produzida por chuva, vento, perda de umidade do solo e trânsito local. Toda a superfície deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da geomembrana, verificando se atende às condições do projeto.

As canaletas de ancoragem deverão ser executadas previamente, porém, com um mínimo de defasagem da colocação da geomembrana, para evitar a diminuição da sua seção por desbarrancamento dos lados pelo efeito da chuva. As canaletas deverão ser escavadas nas dimensões indicadas no projeto, sendo recomendados os seguintes valores mínimos:

- Distância da borda do talude de 60 (sessenta) cm;
- Largura de 30 (trinta) cm; e
- Profundidade de 50 (cinquenta) cm.

As interferências com tubos, caixas de entrada/saída e com outras superfícies deverão ser tratadas como sugerem os esquemas apresentados no projeto, ou de forma similar, desde que seja garantida uma perfeita vedação. Na instalação:

- Deverá ocorrer imediatamente antes do início da instalação da geomembrana, quando deverão ser verificadas as condições da superfície de apoio e das canaletas de ancoragem;
- Deverá ser registrado, em forma de relatório de toda a sequência executivas, o número, a localização e a data de colocação de cada painel e o “*as built*” diário de toda a geomembrana instalada;
- A abertura da bobina deverá ser iniciada a partir da crista dos taludes e feita mecanicamente, de preferência;
- A geomembrana deverá ser aplicada no sentido da máxima inclinação do talude;
- A geomembrana deverá ser posicionada de forma a ter o mínimo possível de rugas ou ondas;

- Deverão ser previstas ancoragens temporárias, tipo sacos de areia ou pneus, que não causem danos a geomembrana, para evitar o levantamento dos painéis pelo efeito do vento;
- Caso seja inevitável o trânsito de veículos sobre a geomembrana instalada, deverá ser prevista uma proteção, que pode ser feita por exemplo, com um geotêxtil espesso, ou ser executada através de uma via de circulação, de tal forma que o equipamento avance sobre a camada já colocada.

Em relação às emendas, estas deverão ser sempre executadas da seguinte forma:

- As emendas deverão sempre ser executadas no sentido da máxima inclinação do talude;
- Nos cantos e interseções, o número de soldas deverá ser minimizado;
- Não deverão ser realizadas emendas horizontais nos finais e no início de painéis ao longo do talude, na parte superior do talude e a uma distância menor que 1,50 (um inteiro e cinquenta centésimos) m do pé do talude, no fundo;
- Os transpasses entre painéis a serem emendados deverão ser de aproximadamente 10 (dez) cm para soldas por termofusão;
- Antes do início da solda os transpasses deverão estar limpos e isentos de umidade;

Teste de avaliação das soldas:

- As máquinas de solda por termofusão e seus operadores deverão ser testados imediatamente antes do início de cada jornada de trabalho (pela manhã e à tarde) e sempre que houver quaisquer mudanças nas condições do serviço (por exemplo, quando a máquina é desligada e esfria completamente), através de testes que avaliem as soldas executadas em tiras da geomembrana nas mesmas condições das soldas dos painéis;
- Os testes das soldas serão feitos em tiras de aproximadamente 1,0 (um) m de comprimento por 0,30 (trinta centésimos) m de largura, com a solda centrada ao longo do comprimento;
- Da tira soldada para teste, deverão ser cortados dois corpos de prova para serem ensaiados no tensiômetro de obra para a verificação das suas resistências ao cisalhamento e ao descolamento. Esses corpos de prova deverão ter uma ruptura tipo FTB. Caso haja ruptura da solda, todo o teste deverá ser refeito e a máquina de solda com o respectivo operador não deverão ser aceitos até que as deficiências sejam corrigidas e duas soldas teste sejam executadas com sucesso;

- Quando durante a soldagem por termofusão o transpasse apresentar rugas ou ondas, estas deverão ser cortadas de modo a tornar plana a área para passagem da máquina. Caso as áreas cortadas fiquem com transpasses inadequados, estes deverão receber “manchões” com formato oval ou redondo da mesma geomembrana aplicada, soldados a ela por extrusão ou solda química, com tamanho de no mínimo 15 (quinze) cm além da área cortada;
- Todo cruzamento de solda por termofusão deverá ter uma solda por extrusão para a garantia da estanqueidade naquele ponto nas geomembranas de PEAD. O transpasse superior da geomembrana deverá ser cortado na área que receberá a solda por extrusão e a nova solda deverá ser paralela à anterior.

Em relação a verificação da estanqueidade global das obras, deverão ser observadas as seguintes orientações:

- Todas as soldas deverão ter a estanqueidade verificada ao longo do seu comprimento, através de ensaios não destrutivos. Esses ensaios devem ser realizados simultaneamente com os serviços de solda;
- Deverá ser executado no espaço livre entre as duas linhas de solda por cunha quente ou ar quente, através de um equipamento capaz de suprir e sustentar uma pressão de 70 (setenta) a 205 (duzentos e cinco) kPa, a qual depende da espessura e da rigidez da geomembrana.

Realiza-se o ensaio da seguinte forma:

- Sela-se os dois extremos da linha de solda;
- Depois coloca-se, em um dos extremos do canal, um dispositivo no qual, com uma agulha conectada a uma válvula com manômetro, injeta-se ar até alcançar uma pressão entre 70 (setenta) e 205 (duzentos e cinco) kPa, de acordo com a espessura e a rigidez da geomembrana;
- Após isso, espera-se dois minutos, aproximadamente, para que haja estabilização do sistema, então faz-se a leitura do manômetro.
- Por fim, aguarda-se por um período de cinco minutos, e faz-se uma segunda leitura do manômetro. A máxima queda de pressão, que também é relacionada à espessura e a rigidez da geomembrana, deverá ser de 14 (quatorze) a 35 (trinta e cinco) kPa. Caso a perda seja superior, a solda terá que ser reparada.

O instalador deverá comprovar a qualidade dos serviços de instalação da geomembrana através da apresentação de planilhas do registro dos trabalhos de instalação para obras e dos relatórios dos ensaios não destrutivos e destrutivos realizados durante os serviços.

A fiscalização deverá verificar todas as etapas da instalação, ao mesmo tempo em que são realizadas, checando se satisfazem as especificações de projeto e as normas pertinentes. Sugere-se que a fiscalização verifique, no mínimo, os seguintes itens:

- Condições da superfície de apoio;
- Colocação e modulação dos painéis;
- Ancoragem temporária;
- Ancoragem definitiva;
- Equipamentos necessários para soldas;
- Equipamentos de ensaios de controle de qualidade;
- Soldas;
- Reparos (por danos diversos, por eliminação de rugas, por parada de máquina, etc.);
- Acabamentos em interferências (tubos, paredes, etc.);
- Cruzamento de soldas;
- Elaboração do “*as built*” (esquema da modulação, interferências e reparos);
- Preenchimento das planilhas;
- Preenchimento do diário de obra;
- Relatório de entrega para obra.

Este relatório deverá conter, no mínimo, os seguintes itens:

- “*As built*” da área impermeabilizada, contendo, além da modulação, a localização de todas as interferências e reparos;
- Planilhas da modulação;
- Planilhas do controle das soldas;
- Planilhas de todos os ensaios não destrutivos e destrutivos do controle de qualidade.

Em relação a proteção superior da geomembrana com a implantação da manta geotêxtil, deverá ser observada as seguintes orientações:

- Deverá ser realizada a limpeza da superfície imediatamente antes da colocação manta;

- Toda a superfície deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da manta, verificando se atende às condições do projeto;
- O controle do material de construção da camada superior de proteção da geomembrana (manta de PEAD) poderá ser limitado à inspeção visual seguindo o seguinte critério: o controle visual deverá ser efetuado por pessoal orientado, de modo a garantir que somente seja utilizado o material especificado reconhecido pela cor e textura características e no caso da ocorrência de materiais diferentes daqueles especificados, estes deverão ser desprezados.

Em relação a proteção superior da geomembrana com a implantação de argila compactada, deverá ser observada as seguintes orientações:

- Deverá ser realizada a limpeza da superfície imediatamente antes da colocação da argila;
- Toda a superfície deverá ser cuidadosamente inspecionada imediatamente antes da colocação da argila, verificando se atende às condições do projeto;
- O controle do material de construção da camada superior de proteção da geomembrana (argila) poderá ser limitado à inspeção visual seguindo os seguintes critérios: o controle visual deverá ser efetuado por pessoal orientado, de modo a garantir que somente seja utilizado o material especificado (argila) reconhecido pela cor e textura características, e não contaminados por restos vegetais, no caso da ocorrência de materiais diferentes daqueles especificados, esses deverão ser desprezados e o controle da espessura da camada de solo será realizado topograficamente;
- Os lançamentos deverão ser executados em camadas horizontais na praça liberada, após demarcação de espessuras em toda faixa lateral com cruzetas de 20 (vinte) em 20 (vinte) m;
- A argila lançada deverá ser espalhada e nivelada convenientemente de maneira a obter uma superfície plana e de espessura constante da camada a ser compactada;
- Durante as operações de lançamento e espalhamento do material, deverá ser mantido pessoal necessário para remoção de raízes, detritos e outros materiais estranhos ao solo fino;
- O material será compactado por rolo compactador;
- A passada será definida como uma cobertura completa, abrangendo a totalidade da superfície e com uma superposição de 0,20 (vinte centésimos) m entre faixas de compactação adjacentes;

- Em locais estreitos onde não seja possível o uso do rolo compactador, o material será lançado em camadas com até 20 (vinte) cm de espessura para compactação com equipamento de pneus ou para compactação manual;
- O controle da compactação ($k \leq 10^{-6}$ cm/s - Proctor normal de 95 %) será exercido por inspeção visual e verificado, para efeito de registro, por ensaios de controle tecnológico.

Deverão ser observados os seguintes aspectos:

- Tipo de material lançado;
- Origem do material;
- Homogeneidade do material lançado;
- Espessura da camada antes e após a compactação;
- Número de passadas e cobertura adequada da faixa compactada pelo equipamento compactador.

Caso a inspeção indique a ocorrência de grau de compactação abaixo do esperado, será indicada a execução de duas ou mais passadas adicionais.

Em relação a cobertura vegetal que deverá ser utilizada no aterro sanitário, verifica-se as seguintes recomendações:

- Na cobertura vegetal do aterro, deverá ser utilizada a grama batatais (*Paspalum notatum*) ou grama São Carlos (*Axonopus sp*), espécies rasteiras que além de serem extremamente resistentes às secas, pragas e doenças, mostram-se eficientes em evitar o crescimento natural de espécies arbustivas, possuidoras de raízes que atingem profundidade superior a 0,5 (cinco décimos) m;
- Visando o desenvolvimento adequado das gramíneas, será necessário adicionar ao solo vegetal macronutrientes através de adubo químico tipo NPK, de fórmula 15-10-5 + 5 % de enxofre;
- Para melhorar a capacidade de absorção dos nutrientes pelo solo, prevê-se promover a correção do pH, que deverá estar próximo da neutralidade, ou seja, entre 5,5 (cinco inteiros e cinco décimos) e 7,5 (sete inteiros e cinco décimos), sendo o ideal entre 6,8 (seis inteiros e oito décimos) e 7,0 (sete);
- Após desenvolver uma análise no solo vegetal, havendo necessidade de elevar o pH, deverá ser aplicado calcário dolomítico. A quantidade adequada de calcário a ser aplicado no solo

será definida através da análise laboratorial. Em geral, cada 150 (cento e cinquenta) gramas de calcário dolomítico, incorporado a 1 (um) m² solo, eleva o nível de pH em 1 ponto. Geralmente, a taxa de aplicação de calcário no solo é de 1,5 (um inteiro e cinco décimos) a 2,0 (dois) t/ha;

- Para melhorar o condicionamento do solo, prevê-se a aplicação de composto orgânico estabilizado (esterco de bovinos ou de galinha, dentre outros);
- Após 4 (quatro) a 5 (cinco) meses do plantio da grama, será efetuada uma adubação de cobertura com aproximadamente 500 (quinhentos) kg/ha na fórmula 10-15-5 (NPK). Na ocasião dessa adubação, o solo deverá estar livre de umidade.

O plantio será efetuado através de mudas (propagação vegetativa) da seguinte forma:

- Após a incorporação do adubo químico e calcário dolomítico ao solo, se procederá à abertura de linhas de sulco com dimensões de 10 (dez) por 10 (dez) cm, perpendiculares à declividade do terreno, com distância de 0,30 (trinta centésimos) m entre linhas. O composto orgânico será colocado dentro dos sulcos;
- As mudas terão aproximadamente 0,10 (dez centésimos) m de comprimento, devidamente enraizadas, as quais serão plantadas ao longo dos sulcos, com espaçamento, entre mudas, de 0,15 (quinze centésimos) m. Serão evitados os meses secos para o plantio das mudas, logo, será dada preferência para os meses onde costuma chover com regularidade;
- Até o efetivo pegamento das mudas, a irrigação será frequente. Serão evitados jatos fortes de água, que provocam a formação de sulcos e o arrancamento de mudas. A irrigação será realizada na forma de chuvisco leve e realizada nos períodos mais frescos do dia;
- No plantio dos taludes, serão utilizadas placas de grama. As placas terão formato retangular, com aproximadamente 0,40 (quarenta centésimos) m x 0,20 (vinte centésimos) m e 0,06 (seis centésimos) m de espessura, não devendo apresentar sementes ou material vegetativo de ervas daninhas;
- As placas serão colocadas sobre a superfície dos taludes, justapostas e alternando as emendas. Os espaços vazios entre as placas serão preenchidos com terra. O plantio será feito no período de chuvas em que não haja necessidade de irrigação. No entanto, na falta de chuvas, o procedimento de irrigação será o mesmo descrito anteriormente.

6.3.1.3.8. *Controle de acesso ao aterro sanitário*

Desde o início da operação do aterro sanitário, devem ser feitos os seguintes controles quanto ao acesso de pessoas, veículos e resíduos:

- A entrada de pessoas, veículos e resíduos deve ser controlada e monitorada em sua totalidade junto à guarita;
- O recebimento de resíduos para tratamento e disposição no empreendimento deve ser controlado diariamente, veículo por veículo, junto à guarita e também no ato da descarga na frente de aterragem da nova unidade de aterragem (aterro sanitário);
- Mensalmente, deverá ocorrer uma vistoria completa nas cercas de divisa do empreendimento para eliminação ou manutenção de furos ou aberturas.

Todas as empresas ou pessoas físicas que encaminharem resíduos para o empreendimento terão que fazer cadastros prévios junto ao órgão responsável. Neste sentido, deverão obedecer às seguintes regras:

- Somente poderão entrar no empreendimento veículos, pessoas e resíduos devidamente autorizados por escrito pelo órgão responsável;
- Durante o cadastro dos geradores e transportadores de resíduos, deverão ser exigidos os dados cadastrais das empresas ou pessoas físicas, declaração de estimativa de quantidade e de caracterização dos resíduos que serão encaminhados ao empreendimento;
- Somente podem entrar no empreendimento o motorista e 1 (um) auxiliar, no máximo, devendo os demais passageiros aguardarem o retorno do veículo na entrada do empreendimento. De toda forma, somente podem acessar a área operacional pessoas vestidas adequadamente e, no mínimo, portando botas, camisa e calça apropriadas. Deve ser terminantemente proibida a entrada de pessoas calçadas com tênis, chinelos, sandálias, shorts, bermudas, camisetas e similares;
- Além do motorista, também será anotado e conferido o nome e documento de identidade do seu auxiliar que entrar no empreendimento.

Vale ressaltar que o acesso de pessoas estranhas à operação do empreendimento somente é permitido para realização dos procedimentos de descarga dos resíduos ou para realização de monitoramentos ou procedimentos operacionais diversos. Por outro lado, é estritamente proibida a circulação de pessoas dentro do Aterro Sanitário de Catalão sem o acompanhamento

de um dos seus representantes. Como regra geral, a fiscalização dos veículos transportadores de resíduos para destinação no Aterro Sanitário de Catalão é prevista para ocorrer em 3 (três) momentos distintos e complementares, a saber:

- Na entrada do empreendimento, junto à portaria e à balança rodoviária (logo que entrar em operação);
- Na chegada à frente de aterragem;
- Na saída do empreendimento, junto à portaria e à balança rodoviária (logo que entrar em operação).

Na entrada do empreendimento, o operador da portaria realiza a verificação das documentações pertinentes, do registro de informações diversas (origem e tipo dos resíduos, modelo e placa do veículo transportador, hora, nome e assinatura do motorista, etc.).

Estando a documentação regularizada, o porteiro orienta o motorista a seguir para a balança para pesagem dos veículos carregados com resíduos. Realizada a pesagem do veículo, o porteiro autoriza o motorista a seguir para frente de aterragem para a descarga dos resíduos transportados. Ao chegarem à frente de aterragem, os motoristas dos caminhões de lixo são orientados pelo próprio operador do trator de esteiras que exerce, assim, a função de “apontador de frente de aterragem” sobre o local em que os resíduos deverão ser descarregados.

De volta à portaria, o veículo será novamente pesado (vazio) utilizando-se a balança rodoviária, a fim de se obter o peso líquido dos resíduos que foram destinados ao empreendimento e, por consequência, será emitido o ticket de pesagem (também em duas vias). Logo após, as 2 (dois) vias do ticket de pesagem (quando está se inicia) são visitadas pelo porteiro e pelo motorista e cada um fica com uma delas. Por fim, o motorista é liberado para sair do empreendimento.

Quando são detectadas dúvidas ou anormalidades durante as fiscalizações dos documentos, veículos ou resíduos, o engenheiro responsável técnico pelo empreendimento e a empresa responsável pelo seu monitoramento ambiental são comunicados e consultados para a definição de quais procedimentos cabíveis devem ser realizados.

6.3.1.3.9. Transporte e disposição dos resíduos

A descarga dos resíduos na frente operacional se dará de forma organizada e orientada pelos operadores do empreendimento, sendo o operador do trator de esteiras o responsável pelo apontamento dos locais de descarga dos caminhões coletores.

- Na entrada da área do aterro, os caminhões coletores serão inspecionados por um técnico qualificado, podendo ser pesados (opcional) e registrados. Será mantido um controle rigoroso dos materiais que serão depositados no aterro, garantindo que apenas resíduos compatíveis com o aterro sejam aceitos, ou seja, resíduos Classificados como Classe II (Não Perigosos/Não Inertes e Inertes).
- Considerando-se que só haverá disposição de resíduos no período diurno, será necessário que o aterro opere 08:00h às 17:00h de segunda a sábado. Para tanto, deverá ser considerado um turno de trabalho. Deverá ocorrer um horário de pico em torno das 11:00h e outro em torno das 14:00h;
- Os veículos devem descarregar na área de trabalho, onde pelo menos um trator de esteiras será responsável por espalhar e compactar o material em uma única passagem;
- O espalhamento e a compactação por trator de esteiras dos resíduos descarregados, deve-se dar no sentido ascendente e ao encontro do talude da disposição anterior. A compactação deve ocorrer gradualmente, a cada espessura de 20 (vinte) a 30 (trinta) cm de resíduos, aproximadamente;
- A cobertura dos resíduos deverá ser diária, adotando-se uma espessura em torno de 20 (vinte) cm de solo. Em dias de chuva, caso seja necessário, poderá ser utilizada uma lona de proteção;
- O controle e inspeção dos resíduos que adentram ao aterro deverão estar sob fiscalização, para garantir a disposição somente de resíduos aprovados pelo órgão de controle ambiental;
- As camadas de resíduos terão alturas diversas, dependendo das camadas, com altura de talude 1(V): 2(H) revestidas com uma camada de no mínimo 0,2 (dois décimos) m de material de cobertura;
- A frente de trabalho deverá ser mantida com a menor superfície exposta, planejando-se a disposição diária com o recebimento dos resíduos durante o dia. No início de cada dia de trabalho, o local designado para a disposição dos resíduos deve ser desprovido de cobertura (seja solo ou lonas) e os resíduos devem ser compactados em contato com os do dia anterior.

As condições de drenagem operacional devem ser verificadas diariamente para prevenir problemas de tráfego durante períodos chuvosos.

- Os materiais de cobertura poderão ser trazidos por pá carregadeira ou caminhão para aplicação ao final dos trabalhos diários. Todo o planejamento da disposição deverá ser executado para as piores condições climáticas, de forma a poder operar em conformidade ao longo de todo o ano.

Em casos esporádicos em que houver coleta de lixo noturna, os resíduos descarregados na frente operacional poderão ser cobertos com lonas pretas comuns ou lonas de PVC até que o seu recobrimento com solo seja realizado logo no início da operação de aterragem do dia posterior. Assim, a equipe responsável pela aterragem dos resíduos no período diurno sempre receberá a frente operacional totalmente vedada com, no mínimo, enlonação.

No início do turno diurno, retira-se o enlonação dos resíduos e é reiniciada a descarga, compactação e o recobrimento constante dos resíduos com solo ou resíduos de construção civil – RCC logo após a sua descarga na frente operacional. Cabe salientar que o recobrimento diário dos resíduos com RCC somente poderá ser realizado com esta finalidade e desde que estes sejam previamente selecionados, não sendo permitida, em hipótese alguma, a disposição final de RCC na unidade de aterragem/aterro sanitário.

O material de cobertura para a operação do aterro, que corresponde a cerca de 20 % ou mais do volume de resíduos a serem dispostos no Aterro, deverá ser escavado da própria área do aterro quando da implantação de cada uma das etapas da trincheira. O material escavado será estocado próximo a etapa que entrará em operação.

6.3.1.3.10. *Controle tecnológico/Monitoramento*

O objetivo principal do programa de monitoramento ambiental do aterro é acompanhar a evolução das condições naturais da área e do seu entorno imediato durante o período de sua operação. Dentre os objetivos específicos do monitoramento, podem ser destacados:

- Detectar e acompanhar as alterações na qualidade da água subterrânea;
- Detectar e acompanhar as alterações na qualidade das águas superficiais da área onde se localiza o aterro e seu entorno imediato;
- Detectar e acompanhar as alterações na qualidade do ar na área do aterro;

- Monitorar a qualidade do percolado gerado no aterro;
- A área a ser monitorada abrange o terreno designado para a instalação do aterro.

O monitoramento ambiental das águas subterrâneas e superficiais existentes na região do aterro será desenvolvido a partir da coleta de amostras das águas para a realização de análises físico-químicas e análises microbiológicas, para identificar possíveis contaminações decorrentes das atividades do aterro.

Em relação às águas subterrâneas serão realizadas coletas semestrais em 6 (seis) poços de monitoramento a serem executados no empreendimento. Estes poços deverão ser construídos em conformidade com a NBR 13.895:1997 (Construção de poços de monitoramento e amostragem).

Segundo a NBR 13.896:1997 (Aterros de resíduos não perigosos: critérios para projeto, implantação e operação), recomenda-se que a análise de todos os parâmetros a serem monitorados seja realizada pelo menos duas vezes ao ano, em cada poço, durante o período de vida ativa do sistema.

O monitoramento das águas superficiais deve incluir a coleta mensal da água na nascente próxima ao aterro, podendo ser ajustada para coleta trimestral com base na avaliação dos resultados. Esse monitoramento é essencial para observar o comportamento da água superficial, mesmo que não haja lançamento de líquidos percolados. A quantidade e a qualidade das águas subterrâneas também podem ser afetadas pela infiltração de água superficial contaminada, uma vez que estes não são necessariamente recursos independentes, podendo, em muitos casos, ter ligações entre seus corpos d'água.

Os parâmetros a serem analisados para as águas superficiais e subterrâneas são: turbidez, cor, temperatura, pH, alcalinidade, nitrogênio amoniacal, fósforo, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos, sulfatos, cloretos, dureza, coliformes e metais pesados (ferro, zinco, manganês, chumbo, cromo).

Antes do início da operação do aterro e em conjunto com o órgão ambiental responsável pelo licenciamento do empreendimento, devem ser definidos, no corpo hídrico, pelo menos dois pontos para amostragem das águas superficiais. A frequência de coleta de amostras de água

superficial deve ser trimestral de acordo com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos a serem analisados.

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água superficial coletadas no ponto de amostragem previamente definido devem ser comparados aos valores máximos permissíveis - VMP indicados nos padrões de referência de qualidade ambiental para águas superficiais estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e resoluções que a alteram, os quais variam de acordo com a classificação dos corpos d'água em conformidade com seus usos preponderantes.

De modo geral, a disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários pode trazer consequências à qualidade das águas subterrâneas que ocorrem em subsuperfície na área do aterro e adjacências. Isto decorre da possibilidade das águas pluviais percolarem/infiltrarem o solo através do aterro, provocando a migração de compostos químicos através da zona não saturada até atingir a zona saturada dos aquíferos. Portanto, é necessário realizar o monitoramento dessas águas como uma forma de acompanhar a eficácia das técnicas operacionais empregadas no aterro.

Para monitoramento das águas subterrâneas, deverão ser executados no mínimo 6 (seis) poços. Estes devem ser executados e mantidos de forma a garantir a extração de amostras sob quaisquer condições e devem ser revestidos e cobertos de forma a evitar a penetração de águas superficiais (CETESB, 2005). Os poços devem ser distribuídos 2 (dois) à montante e 4 (quatro) à jusante do aterro no sentido de escoamento das águas subsuperficiais.

A periodicidade da amostragem das águas subterrâneas e a relação de parâmetros para análises físico-químicas e microbiológicas devem ser submetidas à avaliação das autoridades ambientais. Entretanto, recomenda-se que a frequência da coleta de amostras seja semestral e os parâmetros a serem monitorados compreendam: pH, cor, dureza, turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos, cloretos, nitrato, sulfato, alumínio, ferro, chumbo, cromo, cádmio, zinco, manganês e coliformes termotolerantes.

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das amostras de água subterrânea coletadas nos poços de monitoramento devem ser comparados com as amostras brancas (amostras coletadas antes do início do projeto) e continuamente comparados com os resultados do poço a montante, bem como com os valores máximos permissíveis (VMP)

estabelecidos nos padrões de referência de qualidade ambiental para águas subterrâneas conforme a Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria GM/MS nº 888/2021.

Para o caso do monitoramento qualitativo dos gases gerados no aterro deverão, ser coletadas amostras nas saídas dos drenos de gás e na camada de cobertura do aterro para determinação da composição estequiométrica do mesmo.

Em relação às emissões de partículas inaláveis e partículas totais em suspensão, os pontos de monitoramento da qualidade do ar devem ser estabelecidos considerando a direção predominante dos ventos, preferencialmente em locais de entrada e saída desses ventos na área do aterro. Cabe ressaltar que dados meteorológicos (direção e velocidade dos ventos, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação) são de grande valia para a análise dos parâmetros em questão.

Em geral, as coletas de amostras de partículas inaláveis e partículas totais em suspensão devem ser realizadas diariamente e conduzidas de acordo com o que estabelece a Resolução CONAMA nº 03/1990 (Quadro 2), que dispõe sobre padrões de qualidade do ar no território nacional, comparando-se os valores obtidos com os definidos na referida resolução.

Quadro 2 - Parâmetros a serem analisados para monitoramento da qualidade do ar

Parâmetros	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de medição
Partículas Totais em Suspensão	24 horas ⁽¹⁾	240	150	Amostradores de grandes volumes
	MGA ⁽²⁾	80	60	
Partículas Inaláveis	24 horas ⁽¹⁾	150	150	Separação
	MAA ⁽³⁾	50	50	Inercial/Filtração
Fumaça	24 horas ⁽¹⁾	150	100	Refletância
	MAA ⁽³⁾	60	40	

Fonte: Resolução CONAMA nº 03/1990.

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) Média geométrica anual.

(3) Média aritmética anual.

Se os resultados das análises excederem os padrões estabelecidos na resolução mencionada, destaca-se a importância de utilizar caminhões-pipa, especialmente durante períodos de estiagem críticos, para controlar a emissão de partículas por meio da umidificação das vias internas do aterro. Essa prática pode ser considerada como o único meio eficaz e viável, dadas as atividades a serem realizadas.

Em relação aos percolados, a matéria orgânica contida no aterro sanitário, quando em decomposição, forma um líquido de cor escura, odor desagradável e elevado potencial poluidor, denominado chorume. Em geral, o percolado (chorume e água de chuva percolada) tem características que variam de acordo com o tipo de resíduos sólidos, com a idade do aterro, com as condições meteorológicas e hidrológicas do local de disposição, e possui elevada carga orgânica, fontes de nitrogênio, metais pesados e grupos microbianos, podendo contaminar as águas superficiais e subterrâneas, assim como transmitir doenças ao ser humano (ReCESA, 2008).

De acordo com Zanta et al. (2006 apud SANTOS, 2008), o percolado é composto por substâncias orgânicas, medida como DQO (demanda química de oxigênio), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), COT (carbono orgânico total), substâncias inorgânicas expressas por macrocomponentes (cálcio, magnésio, nitrogênio na forma amoniacal, manganês, cloretos, carbonato, ferro, potássio) e elementos traços (cádmio, cromo, cobre, chumbo, níquel e zinco) e outros componentes encontrados em baixas concentrações como boro, arsênio, bário, selênio, mercúrio e cobalto, além de microrganismos.

Devido às suas características, é necessário drenar e tratar adequadamente os percolados antes de serem descartados no meio ambiente. No aterro, será implementado um sistema de drenagem de líquidos percolados, que além de prevenir o acúmulo desses líquidos na massa de resíduos e os problemas potenciais de instabilidade associados, irá direcionar o percolado para o tratamento.

Assim, considerando o sistema de drenagem do percolado a ser implantado no aterro, recomenda-se a coleta com frequência semestral do percolado nos pontos de entrada da lagoa

de acumulação e análise de parâmetros (Quadro 3) que permitam o controle e acompanhamento da composição do percolado.

Quadro 3 - Parâmetros a serem analisados nas amostras de efluente do aterro

Parâmetros	Valores
Cor	(1)
Turbidez	(1)
pH	5 a 9
Temperatura	< 40 °C
Materiais sedimentáveis	até 1 mL/L para lançamento em lagos e lagoas - ausentes
Materiais flutuantes	ausentes
DBO ₅	Remoção de 60 % ⁽²⁾
DQO	(3)
Arsênio	0,5 mg/L
Bário	5 mg/L
Boro ⁽⁴⁾	5 mg/L
Cádmio	0,2 mg/L
Chumbo	0,5 mg/L
Cianeto total	1 mg/L
Cianeto livre	0,2 mg/L
Cloreto	(1)
Cobre	1,0 mg/L

Fonte: CONAMA nº 430/2011; Complementação GEOSISTEMAS, 2012

- (1) Não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade da água estabelecidos pelo enquadramento do corpo receptor.
- (2) Remoção mínima de 60 % de DBO, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove o atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
- (3) A resolução CONAMA nº 430/2011 não estabelece concentração máxima de DQO.
- (4) Não se aplica para o lançamento em águas salinas.

Para a fase de operação dos aterros, deve ser elaborado o monitoramento geotécnico a fim de controlar as condições de estabilidade e o comportamento do aterro tanto em termos de deslocamentos e recalques como de geração e variabilidade das pressões internas de chorume e gases (SIMÕES et al., 2002).

O monitoramento geotécnico de um aterro de resíduos sólidos deve compreender (OLIVEIRA, MAHLER, 1998; JUCÁ et al., 1999 apud SIMÕES et al., 2002):

- O controle de deslocamentos verticais e horizontais;
- O controle do nível e da pressão nos líquidos e pressão de biogás no maciço do aterro;
- O controle da descarga de líquidos percolados através de drenos;
- As inspeções periódicas, buscando-se indícios de erosão, trincas entre outros; e
- O controle tecnológico dos materiais de construção empregados nas obras civis.

O acompanhamento do comportamento geotécnico de um aterro de resíduos sólidos é realizado por meio de inspeção visual e leitura de instrumentos instalados dentro dele, conforme detalhado posteriormente. Para aterros em operação, este monitoramento é semestral. Basicamente, o estudo de estabilidade geotécnica será executado por meio dos seguintes instrumentos:

- Marcos superficiais;
- Piezômetros;
- Sondagens a percussão (SPT);
- Medidores de Temperatura (termopares).

O objetivo do projeto de monitoramento é obter informações setoriais (ou por camadas de resíduos) do aterro, tanto em sua área como em sua profundidade, ao longo do tempo, a fim de acompanhar as alterações que ocorrem nas diferentes fases do processo de decomposição dos resíduos. Para tanto, a instrumentação será distribuída em diferentes cotas (camadas) do aterro, de forma a abranger toda a sua área.

Os aterros de resíduos sólidos podem sofrer significativos recalques, alcançando aproximadamente 30% da altura inicial, de acordo com Sowers (1973). No entanto, Wall e Zeis (1995) também mencionam que recalques totais na faixa de 25% a 50% da altura inicial são observados. Com isto, o seu volume diminui e sua capacidade de armazenamento aumenta, estando aí uma das principais causas de se quantificar os recalques, o tempo em que este ocorrerá e sua velocidade, não apenas para aproveitar sua real capacidade de armazenamento, mas também, para se poder fazer “previsões” na etapa de projeto.

A determinação dos recalques remanescentes é necessária para planejar a utilização futura do aterro após o encerramento de sua vida útil, conforme apontado por Mariano (1999). Green e Jamnejad (1997) mencionam que a heterogeneidade dos materiais presentes em um aterro de resíduos sólidos, juntamente com os processos físico-químicos e biológicos, resulta em recalques diferenciais de grande magnitude. A importância da previsão dos recalques diferenciais reside em fatos operacionais, como a danificação dos sistemas de drenagem de gases e líquidos no interior do aterro.

As principais causas de recalques em aterros de resíduos sólidos podem ser influenciadas pelos seguintes fatores:

- Compactação;
- Deformação devido ao carregamento estático ou dinâmico;
- Degradação biológica da matéria orgânica;
- Drenagem dos líquidos e gases; e
- Composição e idade do resíduo.

Os principais fatores que influenciam no processo de decomposição da matéria orgânica, são o teor de umidade, a composição dos resíduos, o teor de sólidos voláteis, temperatura, grau de compactação e oxigênio presente no meio. A biodegradação de um aterro é um processo complexo, onde a partícula sólida biodegradável é solubilizada, através de uma sequência de

reações bioquímicas, onde se destaca a metanogênese, quando, finalmente, a matéria orgânica é convertida em metano e dióxido de carbono.

A hipótese de redução de sólido está diretamente ligada ao aumento da magnitude e velocidade da compressão secundária. Uma vez transformada em líquido, que é o produto intermediário da decomposição, estes ou são drenados para fora do aterro ou convertidos (através da metanogênese) em metano e dióxido de carbono. Sendo então a velocidade global do processo de decomposição governada pela metanogênese.

Os marcos superficiais são dispositivos que são incorporados à superfície do aterro e têm a função de servir como pontos de referência para monitorar os deslocamentos aos quais o aterro está sujeito. Esses marcos serão distribuídos de maneira a delinear linhas de estudo, seguindo as direções de deslocamento esperadas, a fim de permitir o monitoramento da evolução dos movimentos do aterro. Dessa forma, eles orientarão as medidas preventivas necessárias para manter o controle do maciço.

Para realizar esse monitoramento, serão instalados marcos fixos e permanentes fora da área do aterro, que servirão como referência de nível e posição relativa. Com base nesses marcos, serão realizados levantamentos topográficos para observar os deslocamentos verticais e as velocidades de recalque de cada célula que compõem o aterro, tanto durante a operação quanto após o encerramento das atividades.

O acompanhamento dos recalques superficiais em cada camada de resíduos no aterro será realizado por meio da instalação de placas de recalque. As leituras serão realizadas, mensalmente, por Nivelamento Geométrico de Precisão utilizando-se, basicamente, referência de nível, pontos de passagem e estações de nivelamento.

Os parâmetros a serem registrados no monitoramento dos recalques serão:

- Recalque total: seus deslocamentos estão baseados na cota de leitura topográfica atual e na cota de leitura topográfica inicial. São observados desde o início da instalação dos instrumentos, servindo como um histórico do mesmo, o que possibilita analisar, em conjunto com o restante do monitoramento das camadas, em que fase de decomposição o aterro encontra e se os recalques caminham para uma situação estável ou se possuem movimentos considerados de risco;

- Recalque parcial: seus deslocamentos estão baseados na cota de leitura topográfica atual e na cota de leitura topográfica anterior. São realizadas observações em intervalos menores, como semanalmente, o que possibilita a avaliação imediata dos deslocamentos verticais quando ocorrem. Isso permite a identificação de deslocamentos considerados anormais para o local, possibilitando a definição de ações adequadas para lidar com essas situações.
- Velocidade de recalque: segundo Palma Gonzalez (1995), a determinação dos valores de recalques em um aterro de resíduos sólidos é realizada a partir de uma data preestabelecida. O recalque medido não corresponde ao valor do recalque total sofrido pelo aterro, até porque realizar a medição dos recalques durante o período de construção apresenta desafios significativos, e é importante notar que não se deve atribuir uma única idade aos resíduos depositados, uma vez que o recalque é amplamente influenciado pelo tempo. Por este motivo, é mais simples analisar a evolução dos recalques em função da velocidade de recalque. A velocidade de recalque é a diferença entre os recalques ocorridos, dividido pelo tempo transcorrido entre as leituras.

Para a garantia da estabilidade de um aterro, é de fundamental importância que não existam pressões neutras de grande magnitude, pois elas diminuem as tensões efetivas e favorecem os mecanismos de escorregamento, para isso devem ser utilizados piezômetros.

A amostragem de gases permitirá, por meio da medida de sua composição, pressão e temperatura, avaliar o estágio de decomposição dos resíduos no aterro. Desta maneira, serão feitos ensaios mensais nas saídas dos drenos verticais de gases e na camada de cobertura para análise da fuga de gás. Caso seja concebido um projeto de captura do biogás e interligação dos drenos com uma rede de dutos para canalizar o biogás até um queimador tipo enclausurado ou usina de aproveitamento energético, o monitoramento poderá ser procedido nos principais ramais deste novo sistema.

É importante que o monitoramento dos gases seja realizado desde início da operação do aterro, haja vista o especial interesse em observar as variações de concentração dos principais gases gerados na decomposição dos resíduos (metano - CH_4 , dióxido de carbono - CO_2 e oxigênio - O_2).

Além das análises realizadas nos drenos e na camada de cobertura do aterro, será possível realizar análises sistemáticas dos parâmetros de composição, pressão e temperatura dos gases por meio dos piezômetros instalados no aterro.

Em relação a vetores de doença, será realizada a desratização e outros procedimentos específicos para a eliminação de vetores transmissores de enfermidades, com a aplicação semestral de venenos e raticidas. É necessário realizar a cobertura diária dos resíduos depositados no aterro, com o objetivo de impedir a presença de aves de rapina, insetos, roedores e outras pragas, além disso, é importante cercar toda a área para evitar a entrada de animais.

Os acessos internos às frentes de trabalho deverão ser mantidos sempre em condições que permitam o trânsito de veículos sob quaisquer condições climáticas. Por medida de precaução, será estabelecida uma frente de trabalho dentro da área do aterro, que poderá ser realocada conforme o avanço das obras. Essa frente de trabalho terá a finalidade de receber os resíduos em casos de emergência, como chuvas intensas ou bloqueio da frente de operação normal por qualquer motivo. Os resíduos depositados nesta área deverão ser transferidos para a frente normal de disposição assim que for regularizada a operação do aterro.

O plano de emergência do aterro abrange os aspectos relacionados a acidentes ambientais e ocupacionais. Para o caso de acidentes ambientais, serão elaborados programas de monitoramento e medidas mitigadoras que estão propostas neste projeto. Em caso de acidentes dessa natureza, os órgãos ambientais serão devidamente informados.

Para o caso de acidente ocupacional, será acionado o sistema de saúde do Município, podendo também ser solicitado o auxílio do corpo de bombeiros e da defesa civil. Os equipamentos ligados à segurança ocupacional a serem utilizados, são: EPIs, extintores de incêndio e estojo de primeiros socorros.

Será previsto um responsável habilitado para segurança do trabalho no aterro, de acordo com a legislação vigente, secundado por auxiliares com atuação em todos os setores da obra, visando a prevenção de acidentes pessoais e patrimoniais. Este profissional será responsável pelo fornecimento dos equipamentos individuais de segurança aos empregados, bem como pela correta utilização dos mesmos, sendo:

- Proteção para a cabeça: todos os empregados deverão usar capacetes de segurança, independentemente de suas atividades específicas;

- Protetores facial: para trabalhos que ofereçam perigo de lesão por projeção de fragmentos e respingos de líquidos;
- Óculos de proteção contra impactos devem ser utilizados em atividades que possam causar irritações ou lesões nos olhos, assim como para proteção contra líquidos corrosivos;
- Proteção para mãos e braços: luvas ou mangas de proteção, para trabalhos que tenham contato com resíduos;
- Para proteção dos pés e pernas, é necessário o uso de botas de borracha em ambientes úmidos ou lamacentos, especialmente quando há presença de resíduos.

Em qualquer tipo de atividade no local do aterro, os empregados deverão usar calçados seguros e adequados, não sendo permitido o uso de tamancos, sandálias ou calçados de pano. O responsável pela segurança deverá programar palestras de integração para os empregados, orientando-os sobre o uso adequado dos equipamentos individuais de proteção e a observância das normas de segurança.

Deverão ser verificadas diariamente, de acordo com o programa estabelecido, as condições em que são realizados os trabalhos, sendo solicitadas, em caráter de urgência, as providências necessárias. Todos os edifícios de apoio deverão, obrigatoriamente, ser equipados com extintores de incêndio em perfeitas condições de uso.

Durante a operação do aterro, os funcionários terão disponíveis instalações sanitárias adequadas, consistindo de lavatórios, vasos sanitários, bebedouros e chuveiros, em quantidade suficiente ao atendimento de seu pessoal. Tais instalações deverão ser conservadas e mantidas de forma satisfatória ao bom uso.

Após a conclusão das atividades do aterro, está prevista a criação de uma área verde como parte do plano de encerramento, com o intuito de promover a recuperação ambiental e o uso sustentável do local. Para tanto a cobertura da camada de revestimento deverá ter no mínimo 0,10 (dez centésimos) m de espessura de terra vegetal não compactada.

Para evitar o empoçamento de água na superfície, o que seria prejudicial para o desenvolvimento da vegetação, foi previsto uma declividade de no mínimo 2,0 % na cobertura do aterro. Para a cobertura vegetal do aterro, será empregada a grama batatais (*Paspalum notatum*) ou a grama São Carlos (*Axonopus sp*), ambas espécies rasteiras. Essas variedades foram selecionadas devido à sua notável resistência à seca, pragas e doenças, além de

apresentarem eficácia comprovada na prevenção do crescimento de arbustos com raízes profundas, que ultrapassam 0,5 (cinco décimos) metro.

Após o encerramento do aterro, deverá ser mantida uma equipe que fará a manutenção dos dispositivos de proteção ambiental (sistema de drenagens, lagoa de tratamento de líquidos percolados, acessos, sistemas de monitoramento, etc.). Também será mantido acompanhamento das águas superficiais e subterrâneas através de coleta e análise de amostras por um período mínimo de 5 (cinco) anos.

Após o encerramento da operação do aterro, por um período a ser definido em conjunto com o órgão ambiental, será mantida uma equipe de manutenção disponível para efetuar obras na área desativada.

A área, após o término das atividades, será aproveitada como área de lazer e de parque, não se devendo construir nenhuma edificação sobre os resíduos, podendo-se aproveitar as áreas em solo natural e as edificações implantadas, inclusive como locais para palestras e orientações de alunos de escolas, dentro de um plano de educação ambiental e de um circuito de passeios ecológicos da região, mostrando a área como exemplo de disposição segura de resíduos Classe II.

6.3.1.4. Tecnologias propostas

Para a execução da operação do aterro sanitário deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 50 - Equipamentos

Veículo / Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Escavadeira Hidráulica	2	10 anos
Caminhão Basculante 12 m ³	1	10 anos
Trator de Esteira	1	10 anos
Caminhão Pipa 20 m ³	1	10 anos
Veículo Leve de 5 lugares	1	5 anos
Roçadeira Costal	4	3 anos
Soprador Costal	4	2 anos
Balança (até 1000 kg)	1	10 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

6.3.1.5. Obras de Implantação e Expansão

A ampliação do aterro sanitário para disposição dos resíduos sólidos urbanos em catalão representa um desafio e uma oportunidade.

O desafio está relacionado aos aspectos técnicos e financeiros envolvidos em um empreendimento desta natureza e porte. Quanto à oportunidade, está vinculada ao ganho de qualidade de vida, enquanto preservação de meio ambiente e da saúde das populações, que a destinação apropriada dos resíduos urbanos representa.

O Estudo de Viabilidade foi desenvolvido para a ampliação do sistema de aterramento já existente dentro de padrões técnicos que privilegiaram a operacionalidade e a segurança, incluindo os aspectos ambientais. Ao mesmo tempo, manteve-se a preocupação constante de otimizar os aspectos financeiros, sempre que possível simplificando e adequando as soluções técnicas às condições locais.

O aterro sanitário deverá ser concebido exclusivamente à disposição de resíduos sólidos urbanos não perigosos. As soluções técnicas adotadas não preveem o recebimento de resíduos tais como os provenientes de serviços de saúde e de processos industriais. Também não deverão ser destinados ao aterro sanitário objetos e peças de grande porte, como eletrodomésticos e carcaças de automóveis. Para todos estes dejetos, outras soluções, cuja definição não faz parte do escopo deste estudo, deverão ser aplicadas.

A análise dos aspectos quantitativos, fundamental para a determinação da vida útil do aterro, foi feita com base em expectativas de crescimento populacional e geração per capita de resíduos. Em um primeiro momento, foram considerados dados já existentes.

Na tabela abaixo, são mostrados os resultados das projeções do sistema de aterramento ao longo do tempo para os próximos 29 (vinte e nove) anos de operação.

Tabela 51 - Projeções das produções de Resíduos Domiciliares e volume de terra para Aterro Sanitário

Ano	População	Produção de RSU (kg/dia)	Produção Total de Res Domésticos + Incremento (kg/dia)	Volume de Resíduos Compactados (m³/dia).	Volume de Terra para cobertura (m³/dia).	Volume de Resíduos + Volume de Terra (m³/dia).	Volume RSU + Terra Acumulado Anual
-1	2022	115.819	37.450,00	62.416,67	12.483,33	74.900,00	74.900,00
0	2023	118.278	38.245,00	63.741,67	12.748,33	76.490,00	151.390,00
1	2024	120.738	39.041,00	65.068,33	13.013,67	78.082,00	229.472,00
2	2025	123.197	39.836,00	66.393,33	13.278,67	79.672,00	309.144,00
3	2026	125.657	40.631,00	67.718,33	13.543,67	81.262,00	390.406,00
4	2027	128.116	41.426,00	69.043,33	13.808,67	82.852,00	473.258,00
5	2028	130.576	42.222,00	70.370,00	14.074,00	84.444,00	557.702,00
6	2029	133.035	43.017,00	71.695,00	14.339,00	86.034,00	643.736,00
7	2030	135.495	43.812,00	73.020,00	14.604,00	87.624,00	731.360,00
8	2031	137.954	44.607,00	74.345,00	14.869,00	89.214,00	820.574,00
9	2032	140.414	45.403,00	75.671,67	15.134,33	90.806,00	911.380,00
10	2033	142.873	46.198,00	76.996,67	15.399,33	92.396,00	1.003.776,00
11	2034	145.333	46.993,00	78.321,67	15.664,33	93.986,00	1.097.762,00
12	2035	147.792	47.789,00	79.648,33	15.929,67	95.578,00	1.193.340,00
13	2036	150.252	48.584,00	80.973,33	16.194,67	97.168,00	1.290.508,00
14	2037	152.711	49.379,00	82.298,33	16.459,67	98.758,00	1.389.266,00
15	2038	155.171	50.175,00	83.625,00	16.725,00	100.350,00	1.489.616,00
16	2039	157.630	50.970,00	84.950,00	16.990,00	101.940,00	1.591.556,00
17	2040	160.090	51.765,00	86.275,00	17.255,00	103.530,00	1.695.086,00
18	2041	162.549	52.560,00	87.600,00	17.520,00	105.120,00	1.800.206,00
19	2042	165.009	53.356,00	88.926,67	17.785,33	106.712,00	1.906.918,00
20	2043	167.468	54.151,00	90.251,67	18.050,33	108.302,00	2.015.220,00
21	2044	169.928	54.946,00	91.576,67	18.315,33	109.892,00	2.125.112,00
22	2045	172.387	55.741,00	92.901,67	18.580,33	111.482,00	2.236.594,00
23	2046	174.847	56.537,00	94.228,33	18.845,67	113.074,00	2.349.668,00
24	2047	177.306	57.332,00	95.553,33	19.110,67	114.664,00	2.464.332,00
25	2048	179.766	58.127,00	96.878,33	19.375,67	116.254,00	2.580.586,00
26	2049	182.225	58.922,00	98.203,33	19.640,67	117.844,00	2.698.430,00
27	2050	184.685	59.718,00	99.530,00	19.906,00	119.436,00	2.817.866,00
28	2051	187.144	60.513,00	100.855,00	20.171,00	121.026,00	2.938.892,00
29	2052	189.604	61.308,00	102.180,00	20.436,00	122.616,00	3.061.508,00

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução dos serviços de disposição final de resíduos domiciliares são projetados 3.061.508 (três milhões sessenta e um mil quinhentos e oito) toneladas até 2052, cujo parâmetros para projeções estão relacionadas a seguir:

Tabela 52 - Parâmetros de cálculos utilizados para dimensionamento das células

Pop. (2021)	113.091,00 habitantes	W =	6 m de acesso interno.
TxP	1,03 % a.a. (2.014/2.038)	H	5 m de profundidade.

TxI	1,010 % a.a.	L	40 m de largura de crista. (2:1)
Per capita	0,85 kg/hab/dia	Y	20 m de largura de fundo.
Perc.atend	1,00 percentagem	F	1,4 acréscimo de área.
Dens. Vol.	600,00 kg/m ³	Vida útil da trincheira	365 dias de trabalho

Fonte: IPGC, 2023.

A área definida para a implantação do aterro sanitário está localizada próximo da atual disposição, conforme detalhamento esquemático está representado a seguir, o qual representa uma área 98.700 (noventa e oito mil e setecentos) m².

Figura 6 - Área proposta para ampliação do aterro sanitário



Fonte: IPGC, 2023.

Com base nos estudos planialtimétricos, o terreno é favorável para a utilização da própria topografia para a execução dos serviços de terraplanagem e inclinação natural para o sistema de drenagem horizontal e vertical dos líquidos percolados e biogás.

Na área escolhida, a formação das bacias hidrográficas propicia a implantação de um aterro de depressão. A potencialidade de escavação do material constituinte do subsolo, por sua vez, permite a operação através do método de rampa.

A combinação dos dois fatores caracteriza o método de rampa em depressão. Este método que permite melhor aproveitamento da área, pelo aprofundamento do nível de fundo do aterro e pela maior disponibilidade de material de cobertura a pequena distância de transporte.

Em função das previsões quanto à composição e quantidades dos resíduos sólidos a serem dispostos e das características da área designada para recebê-los, o aterro foi estimado para operar em uma fase de exploração.

Este plano de exploração permite um melhor aproveitamento das condições topográficas da área, garantindo a estabilidade dos maciços de resíduos e a otimização dos custos de implantação do aterro.

Nessa fase de ampliação ocupará uma área de 515.822 (quatrocentos e quarenta e seis mil trezentos e quarenta e três) m², está projetada a execução de seis módulos de disposição de material. Sendo o primeiro escavado, o segundo no nível do solo e os outros 5 (cinco) módulos alteados que compõem 3 (três) milhões de metros cúbicos já incluídas o material de recobrimento necessário. O volume de resíduos a ser aterrado é de 2,55 (dois inteiros e cinquenta e cinco centésimos) milhões de metros cúbicos. Considerando-se uma densidade final dos resíduos da ordem de 600 (seiscentos) kg/m³.

Considerando-se a capacidade de 2,55 (dois inteiros e cinquenta e cinco) milhões de toneladas, a estimativa da vida útil do aterro sanitário a ser ampliado, aponta para um tempo estimado de operação em 30 (trinta) anos.

O principal impacto ambiental provocado pela ampliação do aterro sanitário está relacionado à possibilidade de contaminação dos solos e, principalmente, das águas, superficiais ou subterrâneas, por efluentes líquidos provenientes da massa de resíduos dispostos.

A minimização destes riscos a níveis aceitáveis depende da adoção integrada das medidas previstas em projeto, bem como da correta operação do aterro. As definições de projeto visando a redução do impacto ambiental do aterro sanitário sobre o solo e os corpos de água incluem:

- construção de rede de captação e drenagem de águas pluviais, permitindo reduzir ao mínimo o volume de águas contaminadas pelo contato com os resíduos;
- impermeabilização do fundo dos módulos de disposição de resíduos, com utilização de filme plástico bloqueando o processo de infiltração de águas contaminadas no solo;

- instalação de rede de drenagem dos módulos, para coleta e condução para área de tratamento dos líquidos contaminados que tendem a se acumular no fundo dos mesmos, em decorrência da percolação da água da chuva e do próprio processo de decomposição da fração orgânica do lixo disposto;
- construção de sistema de tratamento das águas contaminadas provenientes do aterro de resíduos, prevendo a contenção e evaporação destas águas dentro dos limites do aterro, através de lagoa e de sistema de recirculação para os módulos de disposição;
- definição de programa de monitoramento das águas, para verificar a eficácia das medidas adotadas e, nos casos de ocorrências excepcionais, acionar a adoção de medidas contingenciais.

Um segundo foco de risco ambiental em aterros sanitários diz respeito ao biogás gerado no processo de decomposição da parcela orgânica dos resíduos dispostos. Para eliminar este risco, o estudo para o aterro sanitário prevê a instalação de sistema de drenagem e queima do biogás produzido, embora se estime que a geração de gás seja pequena, dada a composição prevista dos resíduos.

Foram ainda previstas medidas visando a redução de impactos ambientais relacionados com os seguintes fatores:

- aspectos visuais e paisagísticos;
- condições do tráfego na área de entorno do aterro;
- proliferação de vetores patógenos;
- impactos sobre o meio biótico.

O presente estudo entende que as infraestruturas principais já estão implantadas no aterro sanitário. Portanto, não sendo necessários novos investimentos, descritos a seguir:

- Edificações: portaria e balança, prédio da administração e instalações de serviços;
- Sistema de Arruamento para Circulação Interna de Veículos;
- Sistema de abastecimento e distribuição de energia elétrica, incluindo iluminação das vias de circulação;
- Sistema de abastecimento e distribuição de água;
- Isolamento da área;

- Balança Rodoviária.

Para auxiliar as operações de manejo de resíduos deverá ser construído numa unidade anexa com um sistema de lavagem de veículos, máquinas e equipamentos, com as seguintes características:

- Lavagem de 21 (vinte e um) equipamentos e máquinas, com produção diária de movimentação, tratamento e recirculação de 6 (seis) m³/dia de água para lavagem;
- Lavagem e higienização de 311 (trezentos e onze) contêineres e 22 (vinte e duas) caçambas;
- Edificação coberta: 100 (cem) m², com piso impermeabilizado, com sistema de drenagem chicanas de lavagem e secagem com equipamentos e veículos;
- Estação de tratamento e reaproveitamento de águas de lavagem, com caixa de separação água e óleo, filtro de areia e carvão ativado, com tanque equalizador para tratamento físico químico e cloração para recalque e utilização;
- Hidro lavadora industrial de 5 (cinco) HP, com sistema de engate rápido;
- Aspirador industrial e água e pó 75 (setenta e cinco) litros;
- Compressor de ar 25 (vinte e cinco) pés, 170 (cento e setenta) psi.

O estudo levou em consideração uma visita preliminar no local e considerou favorável para a ampliação no local por já existir um sistema de aterramento em funcionamento. Porém, é de extrema importância uma análise e conclusão do estudo geotécnico para validação da área e contratação do Projeto Executivo. Também deverá ser realizado estudo geológico para um cálculo mais preciso dos custos de movimentação de material.

A conformação do terreno natural deverá ser modificada para melhor engastamento do aterro, ampliar a capacidade do aterro e facilitar a impermeabilização de fundo. Isto se dará mediante o terraceamento do terreno por patamares que são abertos ordenadamente.

Adotou-se como altitude mínima de fundo do aterro a cota -6 (seis) metros, de modo a aproveitar a conformação das bacias de drenagem da área e garantir uma seção bastante reduzida para o fluxo de líquidos, o que facilita a captação e condução dos mesmos. Outra razão para a adoção desta cota como mínima do projeto é a possibilidade de implantação do sistema de tratamento um pouco abaixo, em área ampla e relativamente plana.

A cota máxima do aterro corresponde à altitude de 30 (trinta) metros. Adicionalmente, a adoção desta cota não ultrapassaria a cota máxima da área, na fase de esgotamento e selagem do aterro, e não produzindo assim, impacto visual na faixa limdeira ao aterro. Os cortes no terreno natural para constituição dos terraços de fundo do aterro deverão proporcionar a execução de taludes inclinados em 1V:1H.

O aterro deverá ser construído em 5 (cinco) módulos, conforme mostra-se nas tabelas seguintes:

Tabela 53 - Projeções das Escavações e Células de Alçamento para as Obras de Ampliação

CÉLULAS	LARGURA (m)	COMPRIMENTO (m)	ÁREA DISPOSIÇÃO (m²)	VOLUME TOTAL (m³)
Base (Cota -6 m)	310 298	445 433	133.492,00	865.152,00
Célula 1 (Cota +6 m)	310 286	445 421	129.178,00	775.152,00
Célula 2 (Cota +12 m)	266 242	401 377	98.950,00	593.700,00
Célula 3 (Cota +18 m)	222 198	357 333	72.594,00	435.564,00
Célula 4 (Cota + 24 m)	178 154	313 289	50.110,00	300.660,00
Célula 5 (Cota + 30 m)	134 110	269 245	31.498,00	188.988,00
TOTAL	-	-	515.822,00	3.094.932,00

Fonte: IPGC, 2023.

Nas tabelas a seguir é apresentado os serviços necessários para a expansão do aterro sanitário com o respectivo quantitativo seguindo o que foi descrito nos tópicos acima.

Tabela 54 - Serviços de Engenharia

Descrição	Quantidade	Unidade
Serviços Ambientais – Estudos e Licenças	1	un

Projeto Executivo - Ampliação	1	un
-------------------------------	---	----

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 55 - Serviços Preliminares

Descrição	Quantidade	Unidade
Limpeza de Terreno - Preparação	150.000	m ²
Execução de Canteiro de Obras	200	m ²

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 56 - Sistema de Circulação Interna

Descrição	Quantidade	Unidade
Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria	18.975	m ³
Compactação de Aterro	9.488	m ³

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 57 - Terraplanagem, impermeabilização de solo

Descrição	Quantidade	Unidade
Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria	800.950	m ³
Manta PEAD 2 mm	141.635	m ²
Compactação de Aterro – Proteção de Geomembrana	129.034	m ³

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 58 - Sistema de drenagem horizontal

Descrição	Quantidade	Unidade
Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria	3.000	m ³
Tubo perfurado, PEAD, diam. 100 mm	6.000	m
Manta Geotêxtil – tipo Bidim ou similar	12.000	m ²
Enchimento dreno em brita	1.500	m ³
Caixa de ligação em concreto (100x100x50)	05	un

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 59 - Sistema de drenagem vertical

Descrição	Quantidade	Unidade
Tubo perfurado, PEAD, diam. 300 mm	96	m
Tela Galvanizada 2º fio 14 BWG	384	m ²
Enchimento dreno em brita	96	m ³

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 60 - Sistema de drenagem superficial

Descrição	Quantidade	Unidade
Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria	780	m ³
Meia cana diam. 400 mm	1.560	m

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 61 - Sistema de tratamento de lixiviados lagoas de tratamento relocação

Descrição	Quantidade	Unidade
Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria	11.000	m ³
Manta PEAD 2 mm	9.250	m ²
Compactação de Aterro – Proteção Geomembrana	9.150	m ³
Poço de Monitoramento	1.200	m

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 62 - Sistema de tratamento de lixiviados interligação da base de ampliação das lagoas

Descrição	Quantidade	Unidade
Estação Elevatória	1	un
Poços de Monitoramento	6	un
Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria	450	m ³
Tubo de Concreto 300 mm	510	m
Caixa de Passagem Ret. Enterrada (60x60x60)	18	un

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 63 - Sistema de selagem

Descrição	Quantidade	Unidade
Escavação, carga e transporte de material de 1º categoria	42.200	m ³
Compactação de Aterro	42.200	m ²
Manta Geotêxtil	84.400	m ²

Plantio de Grana	84.400	m ²
------------------	--------	----------------

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 64 – Sistema de Lavagem e Higienização de Máquinas e Equipamentos

Descrição	Quantidade	Unidade
Galpão Industrial	100	m ²
Piso em Concreto 20 MPa	100	m ²
Sistema de Recirculação de Água 6m ³ /dia	1	ud
Hidrolavadora Industrial 5HP	1	ud
Aspirador Industrial 5HP	1	ud
Compressor de Ar 170 psi	1	ud

Fonte: IPGC, 2023.

6.3.1.6. Insumos utilizados

Para dimensionamento dos utensílios, insumos, uniformes e EPIs mensais, por unidade foi utilizada a Tabela 65 a seguir:

Tabela 65 - Vida útil dos utensílios

Descrição	Vida útil mensal
Pá Quadrada	0,5
Rastelo	6
Pacote de Saco de Lixo	1
Material de Cobertura - Argila	1
Tela Galvanizada	1
Geomembrana Textil - Bidim	1
Brita	1
Gramma	1
Manilha de Concreto Perfurado	1
Dreno Perfurado PVC 100 mm	1
Laudos Físicos e Químicos	1
Monitoramentos Geográficos	1
Colete Relfetor	4
Conjunto calça e camisa	2
Boné	4
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Luva de raspa	0,5

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução da operação do aterro sanitário, deverão ser dispostos os seguintes insumos utensílios e EPIs :

Tabela 66 – Insumos, uniformes e EPIs

Insumos	Quantidade anual
Material de Cobertura - Argila	596
Tela Galvanizada	192
Geomembrana Têxtil - Bidim	2.400
Brita	216
Plantio de Grama	180
Manilha de Concreto Perfurado	24
Dreno Perfurado PVC 100 mm	120
Rastelo	10
Pás Quadradas	120
Pacote de Saco de Lixo	1.200
Uniformes	
Camiseta	105
Calça	105
Boné	27
EPIs	
Coletor Refletor	27
Luvas de raspa	216
Capa de chuva	27
Sapato de segurança	105
Serviços	
Laudos Físico-químicos	36
Monitoramento Topográficos	2

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento levou em consideração a Tabela 65 que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerou o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

6.3.1.7. *Projeção mão de obra*

A definição das equipes de mão de obra e seu quantitativo é realizado em função do porte e da concepção do aterro. Para realização da operação do aterro sanitário no município de Catalão, a mão de obra disponibilizada é:

- Período diurno e noturno: composto por 1 (uma) equipe, sendo composta por 1 (um) engenheiro civil compartilhado com outros serviços, 1 (um) encarregado, 1 (um) auxiliar

técnico, 2 (dois) motoristas com CNH compatível, 4 (quatro) operadores de máquina, 4 (quatro) vigias e 5 (cinco) auxiliares de serviços gerais.

Na realização da operação do aterro sanitário, são utilizados equipamentos de proteção individual, tais como:

- Luvas;
- Coletes refletivos;
- Calçados de segurança;
- Óculos;
- Boné, entre outros.

Descreve-se a seguir o resumo de fornecimento de mão de obra.

Tabela 67 - Resumo de fornecimento de mão de obra

Mão de Obra	Quantidade	Descritivo técnico
Engenheiro	1	Diurno
Encarregado	1	Diurno
Auxiliar Técnico	1	Diurno
Motorista	2	Diurno
Operador de Máquina	4	Diurno
Ajudantes	5	Diurno
Vigia	4	Diurno e Noturno
Composição da Equipe	1	Diurno e Noturno

Fonte: IPGC, 2023

6.4. Tratamento e Destinação de Resíduos Recicláveis

6.4.1. Concepção dos serviços de tratamento e destinação do Resíduos Recicláveis

O objeto deste capítulo do Estudo de Viabilidade é a apresentação de como é realizada a destinação dos resíduos recicláveis de Catalão, cuja destinação é tratamento e por meio de Usina de triagem.

6.4.1.1. Premissas do Projeto

Para estimar a quantidade de Resíduos Recicláveis e Compostáveis gerados, foi necessário primeiramente fazer a projeção populacional para os anos da concessão, calculando o crescimento populacional do Município de Catalão. A quantidade de Resíduos Recicláveis e

Compostáveis destinados foi calculada seguindo a projeção de resíduos domiciliares e de limpeza urbana gerados de Catalão. A projeção foi detalhada no tópico 5.4.3 ESTUDO DE PROJEÇÃO POPULACIONAL.

Dessa forma, foi estimado que a quantidade de resíduos com potencial de reciclagem que chegará até a unidade de tratamento será de aproximadamente 25% do valor total de resíduos sólidos domiciliares e de limpeza urbana gerados no município de Catalão no primeiro ano de concessão.

Com essa premissa é possível calcular a projeção de Resíduos Recicláveis em todos os 27 (vinte e sete) anos da concessão representado na Tabela 68.

Tabela 68 - Projeção de resíduos recicláveis

Ano contrato	Ano	População	RCV (t/ano)	RCV (t/mensal)
0	2023	118.278	8.883,04	740
1	2024	120.738	9.067,79	756
2	2025	123.197	9.252,47	771
3	2026	125.657	9.437,23	786
4	2027	128.116	9.621,90	802
5	2028	130.576	9.806,66	817
6	2029	133.035	9.991,34	833
7	2030	135.495	10.176,09	848
8	2031	137.954	10.360,77	863
9	2032	140.414	10.545,52	879
10	2033	142.873	10.730,20	894
11	2034	145.333	10.914,95	910
12	2035	147.792	11.099,63	925
13	2036	150.252	11.284,38	940
14	2037	152.711	11.469,06	956
15	2038	155.171	11.653,82	971
16	2039	157.630	11.838,50	987
17	2040	160.090	12.023,25	1.002
18	2041	162.549	12.207,93	1.017
19	2042	165.009	12.392,68	1.033
20	2043	167.468	12.577,36	1.048
21	2044	169.928	12.762,11	1.064
22	2045	172.387	12.946,79	1.079
23	2046	174.847	13.131,54	1.094
24	2047	177.306	13.316,22	1.110

25	2048	179.766	13.500,98	1.125
26	2049	182.225	13.685,66	1.140
27	2050	184.685	13.870,41	1.156

Fonte: IPGC, 2023.

Estima-se que em 2024, primeiro ano de concessão, serão geradas 9.067 (oito mil novecentos e dez) toneladas de Resíduos Recicláveis no Município de Catalão, já no último ano de concessão em 2050, serão geradas 13.870 (treze mil oitocentos e setenta) toneladas de resíduos.

Em que a população é calculada pela projeção populacional baseada no método do ajuste linear.

O processo de maturação da compostagem deve-se prever leiras para realizar o revolvimento durante um período de 60 (sessenta) dias de operação. Deste modo as leiras podem ser dimensionadas em formato triangular com 1 (um) metro de altura, com a base medindo de 3 (três) a 4 (quatro) metros. O reviramento e oxigenação devem ser realizados com a utilização de 1 (um) pá carregadeira. Os resíduos que forem coletados dos serviços de limpeza deverão ser encaminhados para o local onde será realizado a compostagem para avaliação da possibilidade de aproveitamento.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad \text{(Equação 76)}$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do

veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad (\text{Equação 77})$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços mecanizados.

6.4.1.2. Processo de trabalho

Os serviços de tratamento e destinação final de resíduos recicláveis deverão ser realizados no local em que ocorre a destinação final dos resíduos, sendo disponibiliza uma área de 3.000 (três mil) m², com uma estrutura mínima coberta de 300 (trezentos) m², para que ocorra as operações de triagem de processamento dos resíduos sólidos urbanos para o tratamento de compostagem e reaproveitamento dos resíduos recicláveis. A operação do local será de responsabilidade da COOPERATIVA cadastrada pelo município com o auxílio de uma equipe da CONCESSIONÁRIA de acordo com os termos descritos no ANEXO XIII – CADERNO DE ENCARGOS.

Serão recebidos no local todos os resíduos coletados pelo serviço de coleta de resíduos domiciliares e de limpeza urbana e pelo serviço de coleta de resíduos recicláveis, sendo esses resíduos dispostos próximo ao local de triagem para realização da operação.

Todo resíduo reciclado deverá ser pesado, junto à balança interna localizada no Galpão Industrial e devidamente direcionado para a sua destinação. A triagem e compostagem deverá ser realizada com utilização dos equipamentos do galpão e toda a equipe deverá utilizar todo e qualquer equipamento de proteção individual e coletiva – EPI e EPC respectivamente – necessários e legalmente previstos para execução do serviço.

A análise da realização dos serviços será de responsabilidade do Fiscal da Prefeitura, e caso seja identificado uma baixa produção, será solicitado uma reunião com a equipe para

alinhamento dos problemas e definição das soluções. A CONTRATANTE poderá realizar outras vistorias, quando considerar necessário e a seu exclusivo critério para garantir todas as condições indispensáveis à segurança e operacionalidade equipamentos.

O serviço de tratamento e destinação de resíduos recicláveis será **medido por tonelada tratada**, devendo a CONCESSIONÁRIA juntamente com a COOPERATIVA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

6.4.1.3. Tecnologias propostas

Para a execução da operação da Unidade de Tratamento e Destinação de Resíduos Recicláveis, deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 69 - Equipamentos

Veículo / Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Rasga Saco	1	10 anos
Prensa Enfardadeira	1	10 anos
Balança (até 1.000 kg)	1	10 anos
Carrinho Plataforma	1	10 anos
Carrinho Manual	1	10 anos
Esteira de Triagem	1	10 anos
Triturador	1	10 anos
Esteira e Separador Magnético	1	10 anos
Esteira de Processamento	1	10 anos
Triturador de Galhos	1	10 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

6.4.1.4. Obras de Implantação e Expansão

A ampliação do galpão de triagem e a implantação da compostagem para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos em catalão representa um desafio e uma oportunidade. A área total para operação da Usina de Triagem e Compostagem será de 3.000 (três mil) m², sendo que o galpão terá uma área coberta de no mínimo 300 (trezentos) m².

Para o dimensionamento do local é recomendado que este possua um silo de recepção para os resíduos, baias para o armazenamento dos subtipos de material já triados, local de estoque para expedição e estocagem de resíduos pesados (metal e vidro). Deverá ser dimensionado um local para realização da compostagem de forma a dispor as leiras com espaçamento adequado. No galpão serão alocados de forma a otimizar os serviços os equipamentos do tópico 6.4.1.3.

A estrutura do galpão será metálica, com o fechamento em alvenaria, podendo ser utilizados blocos cerâmicos, de concreto ou outra solução que for mais adequada. É importante considerar que nos galpões serão processados muitos materiais que não são resistentes ao fogo, sendo recomendado a instalação de equipamentos de combate e prevenção a incêndio e que a alvenaria seja interna à estrutura. Na definição das aberturas é recomendado que se preveja a ventilação superior cruzada, a utilização de “sheds” e superfícies brancas, de forma a reduzir a iluminação artificial e a utilização de exaustores eólicos.

O galpão deverá possuir instalações de apoio anexas ao galpão, para que a área de tratamento fique o mais livre possível para realização dos serviços específicos de triagem e processamento dos materiais. Deverá ser previsto as seguintes instalações de apoio:

- Escritório: com uma área mínima de 12 (doze) m²;
- Sanitário/Vestiário: consultar a NR 24/78 do Ministério do Trabalho e Emprego e observando as recomendações para quantidade de vaso sanitário, lavatório, chuveiro e armários.
- Refeitório: com espaço suficiente, sugerindo-se 1 (um) m², sendo instalados ainda pia, bebedouro, aquecedor de marmitas, fogão e mesas.

Para definição das redes elétricas é necessário prever as posições dos equipamentos, prever tomadas de apoio e realizar o aterramento da rede. Em relação as redes de distribuição de água são necessárias a definição dos pontos de uso de água pelo galpão e definir uma forma de

lavagem dos pisos, esteiras e silos. Deve ser previsto também a instalação de ponto de telefonia e dados, a proteção contra descargas atmosféricas e proteção contra incêndio.

6.4.1.5. Insumos utilizados

Os insumos para a operação da usina de triagem e compostagem estão dispostos no tópico 6.3.1.6 referente ao aterro sanitário.

6.4.1.6. Projeção mão de obra

Para realização da operação da Unidade de Tratamento e Destinação de Resíduos Recicláveis no município de Catalão, a mão de obra que deverá ser disponibilizada pela CONCESSIONÁRIA é:

- Período diurno: composto por 1 (um) equipe, sendo composta por 1 (um) engenheiro, 1 (um) encarregado geral, 1 (um) operador de máquina e 2 (dois) auxiliares de serviços gerais.

A equipe destinada pela COOPERATIVA para realização dos serviços na Unidade de Tratamento e Destinação de Resíduos Recicláveis será definida a partir dos associados, sendo definido a função de cada um na operação da unidade.

Na realização da operação da Unidade de Tratamento e Destinação de Resíduos Recicláveis, são utilizados equipamentos de proteção individual, tais como:

- Luvas;
- Coletes refletivos;
- Calçados de segurança;
- Óculos;
- Boné, entre outros.

Descreve-se o resumo de fornecimento de mão de obra a seguir.

Tabela 70 - Resumo de fornecimento de mão de obra

Mão de Obra	Quantidade	Descritivo Técnico
Engenheiro*	1	Diurno
Encarregado Geral*	1	Diurno
Operador de Máquina	1	Diurno
Auxiliar de Serviço Geral	2	Diurno

Composição da Equipe	1	Diurno
----------------------	---	--------

Fonte: IPGC, 2023.

*Mão de obra compartilhada com a Unidade de Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos.

6.5. Tratamento e Destinação de Resíduos Volumosos e Construção

6.5.1. *Concepção dos serviços de tratamento e destinação de Resíduos Volumosos e de Construção Civil (entulhos)*

O objeto deste capítulo do Estudo de Viabilidade é a apresentação da realização da destinação dos resíduos sólidos urbanos provenientes de processos não industriais, constituídos basicamente por material volumoso não removido pela coleta pública municipal rotineira, como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira, resíduos vegetais provenientes da manutenção de áreas verdes públicas ou privadas, de construções, reformas, reparos, demolições e outros, comumente chamados de entulhos.

6.5.1.1. *Premissas do Projeto*

Para estimar a quantidade de Resíduos Volumosos e de Construção Civil (entulhos) gerada, foi necessário primeiramente fazer a projeção populacional para os anos da concessão, calculando o crescimento populacional do Município de Catalão. A quantidade de Resíduos Volumosos e de Construção Civil (entulhos) destinada foi calculada seguindo a tendência populacional de Catalão juntamente com a quantidade de resíduos destinados ao longo do tempo. A projeção foi detalhada no tópico 5.4.3 ESTUDO DE PROJEÇÃO POPULACIONAL.

As quantidades de Resíduos Volumosos e de construção civil (entulhos) foram calculadas a partir da projeção populacional pelo método baseado no ajuste linear. Levando em consideração um valor médio produzido de Resíduos Volumosos e de Construção Civil (entulhos) e provenientes de construção civil (entulhos) de 87.123 (oitenta e sete mil cento e vinte três) toneladas no ano de 2022 e considerando a projeção populacional calculada de 115.819 (cento e quinze mil oitocentos e dezenove) habitantes, converte-se a tonelada por ano para tonelada por habitante por ano conforme equação a seguir:

$$\mathbf{RVL = tonelada / hab * ano} \quad \text{(Equação 78)}$$

$$\mathbf{RCC = tonelada / hab * ano} \quad \text{(Equação 79)}$$

$$RVL_{per\ cap.} = \frac{m_{Vol.}}{P(t)} \quad (\text{Equação 80})$$

Na qual:

$RVL_{per\ cap.}$ = quantidade de resíduos volumosos por habitante por ano (ton/hab.ano);

$m_{Vol.}$ = massa média de resíduos volumosos produzida no ano de referência (ton.);

$P(t)$ = população do Município no ano de referência (hab.ano).

$$RCC_{per\ cap.} = \frac{m_{c.c.}}{P(t)} \quad (\text{Eq. 81})$$

Na qual:

$RCC_{per\ cap.}$ = quantidade de resíduos da construção civil por habitante por ano (ton/hab.ano);

$m_{c.c.}$ = massa média de resíduos da construção civil produzida no ano de referência (ton.);

$P(t)$ = população do Município no ano de referência (hab.ano).

Com essa premissa de tonelada por habitante a cada ano, é possível calcular a projeção de Resíduos Sólidos Volumosos e de construção civil (entulhos) em todos os 27 (vinte e sete) anos da concessão representado na Tabela 71.

Tabela 71 - Projeção de resíduos volumosos e de construção civil (entulhos)

Ano contrato	Ano	População	Volumosos + RCC (t/ano)	Volumosos + RCC (t/mensal)
-1	2022	115.819	87.123	7.260
0	2023	118.278	88.973	7.414
1	2024	120.738	90.823	7.569
2	2025	123.197	92.673	7.723
3	2026	125.657	94.524	7.877
4	2027	128.116	96.373	8.031
5	2028	130.576	98.224	8.185
6	2029	133.035	100.074	8.339
7	2030	135.495	101.924	8.494
8	2031	137.954	103.774	8.648
9	2032	140.414	105.624	8.802

10	2033	142.873	107.474	8.956
11	2034	145.333	109.325	9.110
12	2035	147.792	111.174	9.265
13	2036	150.252	113.025	9.419
14	2037	152.711	114.875	9.573
15	2038	155.171	116.725	9.727
16	2039	157.630	118.575	9.881
17	2040	160.090	120.425	10.035
18	2041	162.549	122.275	10.190
19	2042	165.009	124.126	10.344
20	2043	167.468	125.975	10.498
21	2044	169.928	127.826	10.652
22	2045	172.387	129.676	10.806
23	2046	174.847	131.526	10.961
24	2047	177.306	133.376	11.115
25	2048	179.766	135.226	11.269
26	2049	182.225	137.076	11.423
27	2050	184.685	139.927	11.577

Fonte: IPGC, 2023.

Estima-se que em 2024, primeiro ano de concessão, serão geradas 90.823 (noventa mil oitocentos e vinte e três) toneladas de resíduos volumosos e de construção civil (entulhos) no Município de Catalão, já no último ano de concessão em 2050, serão geradas 139.927 (cento e trinta e nove mil novecentos e vinte e sete) toneladas de resíduos.

A reciclagem dos Resíduos de Construção Civil gerará subprodutos que possuem potencial tanto para utilização quanto para comercialização. Esses subprodutos não apenas representam uma oportunidade de redução de desperdício, mas também abrem caminho para a geração de receita adicional por meio da comercialização, contribuindo assim para a viabilidade econômica. A Usina de Reciclagem de RCC de Catalão gera como subproduto areia, brita e pedrisco.

Em relação a utilização dos produtos gerados, o município informou que utiliza anualmente cerca de 4% do material produzido, sendo esse valor deduzido do quantitativo que será comercializado. Considerando que a usina deverá operar com uma capacidade de eficiência próxima de 100% e estimando que a produção dos materiais ocorre de forma equitativa, será gerado cerca de 23.288 (vinte e três mil duzentos e oitenta e oito) m³ de cada um dos subprodutos.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos e equipamentos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad \text{(Equação 82)}$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão:

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad \text{(Equação 83)}$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

A CONTRATADA deverá dispor de encarregado operacional para gerenciar os serviços mecanizados.

6.5.1.2. Processo de trabalho

A usina de reciclagem está dividida em 3 (três) painéis de comando, painel dos equipamentos da área de peneiramento, painel dos equipamentos da britagem e equipamentos da área de carregamento e primeira separação.

Os equipamentos da área de carregamento e de britagem estará em funcionamento em todos os processos da usina e o britador só entra em operação quando o objetivo for processar material cinza, colocando o transportador móvel sobre a peneira classificatória para permitir a ligação dos equipamentos na área de peneiramento, equipamentos estes que normalmente só são utilizados para os materiais cinzas.

A CONCESSIONÁRIA deverá iniciar o processo de tratamento do resíduo volumoso e de construção civil (entulhos) com uma pré-triagem, sendo separados os resíduos de acordo com suas classes A, B, C ou D. Os rejeitos que são passíveis de serem usináveis são todos de classe A, sendo que os demais deverão ser armazenados, transportados e destinados de acordo com as normas específicas de cada classe.

É importante que seja informado na entrada a origem do material que está sendo transportado, de forma que seja possível classificar os resíduos e indicar o melhor local para que ocorra o descarregamento dos rejeitos, de forma que facilite a logística da triagem.

Deverá existir um local com divisa para os diferentes tipos de resíduos, tais como: entulho, madeiras, reforma e demolição, entre outros, de forma que facilite os processos seguintes.

Após o processo de pré-triagem, deverá ser ligado todos os equipamentos e material suficiente para a operação, ideal 3 (três) a 4 (quatro) horas antes do início das atividades da usina de reciclagem de material. Aproximadamente 200 (duzentos) tonelada inicia o carregamento com a Pá Carregadeira alimentando constantemente o Alimentador Vibratório.

O Alimentador Vibratório deve ser carregado de forma constante, preferencialmente mantendo sempre uma pequena camada de material no equipamento antes do próximo carregamento, só esvaziando por completo no final da jornada. O Alimentador Vibratório tem a função de alimentar o Transportador da Correia de alimentação do Trommel de forma constante e uniforme, dando uma boa qualidade de peneiramento ao primeiro sistema de separação e triagem dos materiais beneficiados.

O equipamento Trommel conta com um sistema de variação de velocidade para que na operação possa ser obtido o melhor resultado possível do material passando pelo mesmo, isto significa eliminar o máximo de material particulados menores que 50 (cinquenta) mm, além de areia e outros itens indesejados como sujeiras, pregos e pequenos metálicos.

Após passar o material pelo Trommel, o resíduo entra em um Transportador de Correia de Separação de Biomassa. Neste Transportador de Correia, que também conta com um variador de velocidade, aonde ajusta a velocidade ideal do processo de forma a manter o mesmo constante, contamos com 8 (oito) bocas de descarte aonde trabalha a equipe de separação de biomassa. Inicialmente o material passa ainda por um Separador Magnético contínuo para retirar todos os metálicos soltos no processo, descartando-os automaticamente para a bica e caçamba de descarte.

Deverá ser realizada também uma triagem secundária, objetivando uma maior qualidade dos resíduos de construção civil, esse processo será realizado de forma manual, onde os operadores farão a retirada de todos materiais inservíveis para o processo de britagem como madeira, plásticos, papel, papelão, lata de alumínio, etc. Essa triagem irá contribuir para extrair os resíduos que não são pertencentes a classe A. No final deste Transportador há um outro ventilador de alta velocidade para soprar materiais pequenos de biomassa que possam não ter sido retirados no processo de separação.

Os rejeitos classe A de maior dimensão deverão se quebrados, de forma que atendam as condições necessárias para o processo de triagem secundária para obtenção dos agregados. O Britador de Impacto é equipamento da linha de Reciclagem de Materiais para realizar a quebra dos resíduos. O britador deve receber materiais até 500 (quinhentos) mm de dimensão pois a boca de recebimento do Britador tem 600 (seiscentos) mm, por precaução enviar somente até 500 (quinhentos) mm, mas preferencialmente estes materiais devem ser separados na triagem de forma a serem quebrados em pedaços menores, de forma a não parar constantemente o processo da usina.

Após passar pelo Britador, que é regulado para que se obtenha o Agregado Reciclado Misto ou os Materiais Cinzas como brita 1, brita 2, pedrisco e pó de brita, será definida a posição de operação do Transportador Móvel, pois dependendo do tipo de material sendo carregado no Alimentador Vibratório, irá trabalhar produzindo a Bica Corrida Reciclada/Agregado Reciclado Misto ou os Agregados Cinza para peneiramento e a devida classificação.

Esses materiais obtidos no processamento têm potencial de serem comercializados em diferentes segmentos do mercado. A venda desses materiais pode gerar uma receita mensurável para a CONCESSIONÁRIA e para o PODER CONCEDENTE, contribuindo para a viabilidade

financeira do empreendimento e incentivando ainda mais a prática da reciclagem na indústria da construção civil.

O PODER CONCEDENTE reserva-se o direito de solicitar à CONCESSIONÁRIA um quantitativo dos produtos resultantes da reciclagem de resíduos da construção para utilização em projetos municipais, sem incorrer em custos adicionais para o PODER CONCEDENTE.

Os gessos que forem recolhidos na triagem primária deverão ser separados e armazenados em um local que seja coberto, sem umidade e com piso concretado, já que esse resíduo em contato com o solo e umidade poderá alterar a alcalinidade do solo e contaminar o lençol freático.

Na mesa de triagem, que deverá estar localizada em local plano, deverá ter operadores dos dois lados de forma a realizarem a triagem final dos resíduos, com contentores próximos para destinação dos resíduos como papéis, papelão, plásticos, madeira, materiais não recicláveis. No final da mesa apenas estará aqueles resíduos que irão virar agregados.

O serviço de tratamento e destinação de resíduos volumosos e de construção civil será *medido por tonelada tratada*, devendo a CONCESSIONÁRIA emitir Laudo Técnico dos serviços realizados no período. Para a aferição dos serviços, a FISCALIZAÇÃO da CONCESSIONÁRIA irá realizar o acompanhamento *in loco* das equipes, dos horários e do plano de trabalho.

O PODER CONCEDENTE, no término de cada mês e através da equipe da FISCALIZAÇÃO, irá emitir ATESTADO OPERACIONAL DE MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS no primeiro dia do mês subsequente para que a CONCESSIONÁRIA realize a conferência e emissão da Nota Fiscal para pagamento.

6.5.1.3. Tecnologias propostas

Para a execução da operação da Unidade de Tratamento dos Resíduos Volumosos e de Construção Civil (entulhos), deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 72 – Máquinas, veículos e equipamentos

Veículo / Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Usina de RCC	1	10 anos
Pá Carregadeira	1	10 anos
Caminhão Basculante	1	10 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

6.5.1.4. Insumos utilizados

Para dimensionamento dos utensílios, insumos, uniformes e EPIs mensais, por unidade foi utilizada a Tabela 73 a seguir:

Tabela 73 - Vida útil dos utensílios.

Descrição	Vida útil mensal
Calça grossa	2
Camisa de brim	2
Capacete de segurança	60
Sapato de segurança	2
Capa de chuva	4
Luva	0,50
Coletes refletores	4

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução da unidade de tratamento e destinação de Resíduos Volumosos, deverão ser dispostos os insumos, utensílios e EPIs trazidos a seguir:

Tabela 74 – Insumos, EPIs e suas quantidades.

Uniformes	Quantidade anual
Camiseta	51
Calça	51
EPIs	
Luvas de proteção	204
Capa de chuva	26
Colete refletores	26
Sapato de segurança	51
Capacete de segurança	9*

Fonte: IPGC, 2023.

*A cada 5 anos.

O dimensionamento levou em consideração a Tabela 73 que indica a vida útil dos insumos e utensílios, e considerou o período de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

6.5.1.5. *Projeção mão de obra*

A definição das equipes de mão de obra e seu quantitativo é realizado em função do porte e da concepção da Usina Resíduos de Construção Civil.

Para realização da operação da Unidade de Tratamento de Resíduos Volumosos no município de Catalão, a mão de obra disponibilizada é:

- Período diurno: composto por 1 (uma) equipe, sendo composta por 1 (um) supervisor; 1 (um) operador de máquinas e 7 (sete) ajudantes.

Na realização da operação da Unidade de Tratamento de Resíduos Volumosos, são utilizados equipamentos de proteção individual, tais como:

- Luvas;
- Coletes refletivos;
- Calçados de segurança;
- Óculos;
- Boné, entre outros.

Descreve-se o resumo de fornecimento de mão de obra conforme trazido a seguir.

Tabela 75 - Resumo de fornecimento de mão de obra

Mão de Obra	Quantidade	Descritivo Técnico
Supervisor	1	Diurno
Operador de Máquina	1	Diurno
Ajudantes	7	Diurno
Composição da Equipe	1	Diurno

Fonte: IPGC, 2023.

7. Educação Ambiental e Ecopontos

7.1. Conceção

7.1.1. *Concepção de Educação Ambiental*

A Educação Ambiental envolve os métodos pelos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências direcionadas à conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, crucial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. Dentre os objetivos fundamentais da Educação Ambiental podemos destacar o desenvolvimento de uma compreensão do meio ambiente em suas relações, abrangendo questões políticas, sociais, culturais e ecológicas.

7.1.2. *Concepção dos Serviços*

São atribuições principais dos Educadores Ambientais a elaboração de uma série de roteiros em audiovisual com material educacional socioambiental, execução de campanhas educacionais de ação ambiental para a melhoria dos aspectos sanitários e de bem-estar e o auxílio nas ações realizadas pelo Órgão CONTRATANTE quanto à prevenção, eliminação e diminuição dos riscos à saúde pública, para posterior intervenção dos problemas sanitários decorrentes no meio ambiente, auxiliando a municipalidade nas ações de vigilância sanitária.

7.1.3. *Premissas*

Para a estruturação do projeto foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir, são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de Educação Ambiental obtidas a partir de análise de dados referente ao município de Catalão e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção do veículo, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas a manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Desta forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad (\text{Equação 84})$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$);

VU = Vida útil veículo novo (anos);

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção.

O custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Já no cálculo de seguros e impostos, foi considerado somente o Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão.

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad (\text{Equação 85})$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

O cálculo da quantidade mensal de folders/panfletos necessárias foi baseado na quantidade de residências do município de Catalão de acordo com o Censo do IBGE de 2010.

7.1.4. *Processo de Trabalho*

Os serviços referentes a educação ambiental deverão ser realizados em todo o município com a elaboração de palestras em escolas, feiras públicas e demais eventos públicos visando conscientizar os munícipes acerca da questão ambiental, do descarte correto dos resíduos, coleta seletiva, reciclagem e divulgar o serviço gratuito dos Ecopontos espalhados pela cidade, levando em consideração também datas comemorativas como Dia Mundial da Educação Ambiental, Dia Mundial da Limpeza, entre outros.

As palestras possuem um gasto previsto e deverão ser realizadas semanalmente (4 vezes por mês) pelo Engenheiro Ambientalista ou pelo biólogo com o auxílio de um assistente ou dos educadores. Tais palestras devem possuir metodologia apropriada ao público alvo, de forma a facilitar o entendimento da mensagem transmitida.

Estão previstos também a produção de materiais para auxiliar na divulgação de Ecopontos e na conscientização da população. Esses materiais deverão conter informações importantes sobre materiais recicláveis, o descarte correto de resíduos domiciliares, os endereços dos Ecopontos com uma lista dos resíduos que estes locais podem receber e a forma correta de utilizar o espaço.

Os folders/panfletos deverão ser entregues para os munícipes em suas residências. Além disso, deverão ser realizados 30 (trinta) anúncios por mês em rádios locais para divulgar a ação que está sendo realizada e a implementação dos Ecopontos.

Com o intuito de aumentar o alcance da informação, levou-se em consideração a criação de vídeos educativos que tratam de forma didática sobre a Educação Ambiental, os Ecopontos e sobre os problemas atuais.

O material digital deverá ser produzido com auxílio de software e deverá conter as mesmas informações dos folders/panfletos físicos e possibilitam a divulgação em redes sociais dos mais diversos tipos.

7.1.5. *Tecnologias Propostas*

Para a execução do serviço de Educação Ambiental deverão ser dispostos os seguintes equipamentos:

Tabela 76 - Equipamentos Educação Ambiental

Veículo / Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Veículo Leve de 5 lugares	1	5 anos
Notebook	5	6 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

7.1.6. Insumos Utilizados

Para dimensionamento dos insumos, do desenvolvimento de conteúdo e outros serviços, por unidade foi utilizada a tabela a seguir:

Tabela 77 - Vida útil dos utensílios e serviços auxiliares

Descrição	Vida útil mensal
Camisa de brim	3
Calça de brim	3
Sapato de segurança	3

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de educação ambiental deverão ser dispostos os insumos e utensílios e EPIs a seguir.

Tabela 78 - Uniformes e EPIs

Uniformes	Quantidade anual
Camisa de brim	20
Calça de brim	20
EPIs	
Sapato de segurança	20

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do desenvolvimento de conteúdo necessário para o serviço de educação ambiental deverão ser executados as atividades a seguir.

Tabela 79 - Desenvolvimento de conteúdo

Descrição	Quantidade Mensal
Software para produção de material digital	1
Panfletos/Folders Informativos	27.964
Palestra	4
Divulgação em Rádio	30

Fonte: IPGC, 2023.

7.1.7. Projeção de Mão De Obra

Para a execução dos serviços relacionados ao Programa de Educação Ambiental deverá ser disposta a seguinte mão de obra:

- Período Diurno: 1 (um) designer gráfico, 1 (um) assistente, 1 (um) biólogo e 1 (um)

educador.

Os horários dos serviços de Educação Ambiental serão:

- Período diurno: das 08h:00min as 17h:00min, com intervalo de 01h:00min.

Descreve-se o resumo de fornecimento a seguir:

Tabela 80 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Designer gráfico	1	Diurno
Assistente	1	Diurno
Biólogo	1	Diurno
Educadores	1	Diurno
Quantitativo de equipes	1	Diurno

Fonte: IPGC, 2023.

7.1.8. *Instalação de Ecopontos*

Para auxiliar na ampliação do serviço de Educação Ambiental em Catalão/GO, foi estabelecida a criação e implementação de 4 (quatro) Ecopontos espalhados pelo município. Estes espaços irão receber materiais recicláveis, resíduos volumosos, resíduos de construção civil (entulhos), lâmpadas usadas, pilhas e baterias usadas, óleo de cozinha, restos de poda, telhas e pneus.

A ideia principal é oferecer locais acessíveis para o descarte de resíduos que normalmente são dispostos de forma incorreta. Para isso, deverá ser implementado um Ecoponto central (Ecoponto 1) que contará com uma área maior contendo 4 (quatro) caçambas, 1 (um) coletor de pilhas e baterias, 1 (um) coletor de óleo de cozinha, 2 (dois) contêineres e 1 (um) coletor de lâmpadas. Os demais Ecopontos (Ecopontos 2, 3 e 4) deverão possuir cerca de metade da área do Ecoponto central, onde cada um contará com 2 (duas) caçambas, 1 (um) coletor de pilhas e baterias, 1 (um) coletor de óleo de cozinha, 1 (um) contêiner e 1 (um) coletor de lâmpadas.

Na implementação de tais serviços, estão previstos a limpeza do terreno e a construção da rampa de acesso, que facilita o despejo dos resíduos nas caçambas por parte dos munícipes. Tais premissas foram devidamente calculadas e estipuladas através do cálculo da área total para a limpeza e volume solto considerando a taxa de empolamento do solo como mostra a equação a seguir.

$$VS = VC * (1 + TE) \quad \text{(Equação 86)}$$

Para a regularização do solo do local, está prevista a utilização de pedras de brita em parte do terreno, levando em consideração o plantio de grama em cerca de 1/5 (um quinto) da área em cada Ecoponto. Além disso, o terreno contará com um cercamento em tela e um portão para garantir a segurança do local.

Cada ecoponto contará com 1 (um) vigia/fiscal e 1 (um) ajudante, em 1 (um) turno, sendo este diurno, com frequência de 5 (cinco) dias por semana. A CONCESSIONÁRIA será fiscalizada de acordo com o **Plano de Trabalho** que deverá ser entregue e aprovado pelo PODER CONCEDENTE.

Para a execução do serviço de instalação de Ecopontos deverão ser dispostos os seguintes equipamentos e serviços:

Tabela 81 - Equipamentos Ecopontos

Equipamento	Quantidade	Vida Útil
Ecoponto 1		
Caçamba	4	10 anos
Coletor de pilhas e baterias	1	5 anos
Coletor de óleo de cozinha	1	5 anos
Coletor de lâmpadas	1	5 anos
Contêineres	2	5 anos
Ecoponto 2		
Caçamba	2	10 anos
Coletor de pilhas e baterias	1	5 anos
Coletor de óleo de cozinha	1	5 anos
Coletor de lâmpadas	1	5 anos
Contêineres	1	5 anos
Ecoponto 3		
Caçamba	2	10 anos
Coletor de pilhas e baterias	1	5 anos
Coletor de óleo de cozinha	1	5 anos

Coletor de lâmpadas	1	5 anos
Contêineres	1	5 anos
Ecoponto 4		
Caçamba	2	10 anos
Coletor de pilhas e baterias	1	5 anos
Coletor de óleo de cozinha	1	5 anos
Coletor de lâmpadas	1	5 anos
Contêineres	1	5 anos
Total equipamentos		
Caçamba	10	10 anos
Coletor de pilhas e baterias	4	5 anos
Coletor de óleo de cozinha	4	5 anos
Coletor de lâmpadas	4	5 anos
Contêineres	5	5 anos
Caminhão poliguindaste	1	4 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 82 - Serviços de engenharia

Serviço	Quantidade
<i>Quantidade de brita (m³)</i>	180
Gramma (m ²)	900
Portão	4
Cerca (m)	740

Fonte: IPGC, 2023.

Tabela 83 - Serviços preliminares

Serviço	Quantidade
<i>Limpeza do terreno (m²)</i>	4.500
Escavação, carga e transporte de material 1ª categoria (m ³)	50,09

Fonte: IPGC, 2023.

A tabela a seguir mostra os insumos a serem utilizados no serviço de implementação dos Ecopontos.

Tabela 84 - Vida útil dos utensílios e serviços auxiliares

Descrição	Vida útil mensal
Camisa de brim	3
Calça de brim	3
Boné	3
Sapato de segurança	3
Luva de raspa	3
Óculos de segurança	3
Capacete	60

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço de instalação dos Ecopontos deverão ser dispostos os insumos e utensílios e EPIs a seguir.

Tabela 85 - Uniformes e EPIs

Uniformes	Quantidade anual
Camisa de brim	36
Calça de brim	36
Boné	36
EPIs	
Sapato de segurança	36
Luva de raspa	36
Óculos de segurança	36
Capacete	9*

Fonte: IPGC, 2023.

*A cada 5 anos.

Para a execução dos serviços relacionados à instalação de Ecopontos deverá ser disposta a seguinte mão de obra:

- Período Diurno: 1 (um) motorista com CNH compatível; 4 (quatro) Vigias/Fiscais de ecoponto e 4 (quatro) ajudantes;

Os horários dos serviços no ecoponto serão:

- Período diurno: das 08h:00min as 17h:00min, com intervalo de 01h:00min.

Tabela 86 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade	Descritivo Técnico
Vigia/Fiscal de ecoponto	4	Diurno
Ajudante	4	Diurno
Motorista	1	Diurno
Composição da Equipe	4	Diurno

Fonte: IPGC, 2023.

8. Administração Local, Atendimento ao Usuário e Ouvidoria

8.1. Concepção do Serviço

Segundo o Tribunal de Contas da União (TCU), o serviço discriminado como administração local é um componente do custo direto da obra e compreende a estrutura administrativa de condução e apoio à execução da construção, composta de pessoal de direção técnica, pessoal de escritório e de segurança (vigias, porteiros, seguranças etc.) bem como, materiais de consumo, equipamentos de escritório e de fiscalização.

O suporte ao cliente é tão importante quanto a efetividade do serviço prestado. Portanto, a atuação de diversas formas pode resultar em uma maior eficiência e uma consequente satisfação do consumidor. Pode-se destacar as formas de atendimento por telefone, através de canais de suporte; pontos presenciais; e-mail; redes sociais e até mesmo autoatendimento. Em última instância, quando o problema do usuário não é resolvido, o caso é enviado para a Ouvidoria para ser elucidado, de maneira estratégica, para ser o mais eficiente possível.

A Ouvidoria é o órgão responsável pelo tratamento das manifestações relativas às políticas e aos serviços públicos prestados sob qualquer situação e deve receber, analisar e responder as manifestações em linguagem simples, clara, concisa e objetiva de forma a ser uma ponte entre o cidadão e o município. O usuário do serviço público pode se manifestar através de elogios, reivindicações, requerimentos, denúncias, e, ainda, dar sugestões ou pedir informações sobre os serviços prestados pelos diversos âmbitos da administração municipal através da Ouvidoria.

Uma vez que se amplia a participação do cidadão na construção de uma cidade melhor, o diálogo entre município e Ouvidoria promove o aperfeiçoamento da prestação dos serviços públicos. É importante salientar que a Ouvidoria não substitui os canais de atendimento e deve ser mobilizada quando o cidadão não tiver sua solicitação atendida.

O setor de Relação com o Usuário será responsável por registrar reclamações, solicitações, elogios, denúncias, sugestões dos usuários e informações gerais referentes aos serviços prestados. Esse setor deverá atuar diretamente no atendimento ao munícipe usuário dos serviços, receber solicitações, prestar esclarecimentos, atender reclamações.

8.1.1. Premissas

Para a estruturação do projeto, foram utilizadas premissas definidas pela equipe de engenheiros e técnicos responsáveis pela elaboração deste Estudo de Viabilidade. A seguir, são apresentadas as premissas utilizadas para o desenvolvimento do serviço de administração local, atendimento ao usuário e ouvidoria obtidos a partir de análise de dados referente ao município e adquiridas por meio de pesquisas e estudo de *benchmarking* de projetos relacionados ao objeto de estudo.

Para cálculo da estimativa do custo de manutenção dos veículos, foi adotado um método aproximado que vincula as reservas destinadas à manutenção com o custo de aquisição do equipamento. Já o custo com filtros e lubrificantes foi calculado considerando 10% do valor gasto mensalmente com combustível. Dessa forma, o custo de manutenção dos veículos pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$CM = \frac{VN \times K}{VU \times 12} \quad \text{(Equação 87)}$$

Na qual:

VN = Valor do veículo novo (R\$)

VU = Vida útil veículo novo (anos)

K = Coeficiente de proporcionalidade para manutenção

No cálculo de seguros e impostos foi considerado somente o Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e o Seguro Obrigatório necessário para a regularização do veículo, totalizando uma incidência de 2,5% sobre o investimento médio em veículos. O valor é calculado pela seguinte expressão.

$$L = \frac{(VU + 1) \times VN \times 0,025}{2 \times VU \times 12} \quad \text{(Equação 88)}$$

Na qual:

VU = Vida útil (anos)

VN = Valor do veículo novo (R\$)

Para o dimensionamento do Veículo Leve, foi adotado a premissa de um veículo para cada dois engenheiro.

$$N_{veículo} = \frac{N_{eng}}{2} \quad (\text{Equação 89})$$

Na qual:

N_{eng} = número de engenheiro.

Para o dimensionamento da impressora foi adotado a seguinte equação a seguir para dimensionamento:

$$N_{impressora} = \frac{N_{eng} + N_{auxiliar} + N_{atendentes}}{10}$$

Na qual:

N_{eng} = número de engenheiro;

$N_{auxiliar}$ = número de auxiliar de escritório;

$N_{atendente}$ = número de atendente.

Para o dimensionamento de notebook, móveis, utensílios e equipamentos foi adotado 1 (um) equipamento para cada funcionário com a função de escritório para gerenciamento das atividades. Na composição de móveis, utensílios e equipamentos está sendo englobado estante para livros, mesa e gaveteiro.

8.1.2. Processo de Trabalho

O serviço deverá ser implantado no início da CONTRATO, e deverá ser disponibilizado aos municípios um setor específico para tratar as questões relativas ao atendimento, de forma

presencial e remota (e-mail, WhatsApp, redes sociais). Esse setor deverá atuar diretamente no atendimento ao munícipe usuário dos serviços, receber solicitações, prestar esclarecimentos, atender reclamações e solucionar assuntos pertinentes.

O escritório deverá ser instalado no município de Catalão, em área acessível e centralizada, e deve contar com funcionários para atendimento presencial, telefônico e acesso ao sistema de dados. O atendimento deverá ser realizado, em horário comercial, de segunda a sexta-feira.

O processo de atendimento ao cliente pode ser descrito como é realizada a organização das etapas de atendimento, que ocorrem desde a solicitação de suporte, passando por tentativas de resolução com diferentes níveis de detalhe e, preferencialmente, finaliza com a solução do problema e com a satisfação do cliente.

Em geral, é recomendado que o processo de atendimento ao cliente compreenda estágios iniciais, que envolvem o primeiro contato feito pelo usuário. Em seguida, o estágio médio, onde se busca entender a reclamação do cliente e deve-se propor soluções cada vez mais aprofundadas e específicas.

Por fim, a estágio final do atendimento é apresentado ao cliente a pesquisa de satisfação, onde procura-se saber se o cliente teve sua dúvida atendida e se está satisfeito com a experiência que teve.

Os veículos e equipamentos deverão ser colocados em serviço abastecidos, equipados e mantidos em perfeitas condições de segurança, funcionamento, conservação e limpeza, com perfeito funcionamento do velocímetro, e mantidas as condições de pintura do equipamento, sendo que é de responsabilidade da CONTRATADA a disponibilização de local para guarda de seus veículos e demais equipamentos quando estes não estiverem em serviço.

8.1.3. Tecnologias Propostas

Para a execução dos serviços, deverão ser dispostos os seguintes equipamentos descritos na Tabela 87 a seguir:

Tabela 87 - Equipamentos

Veículo / Equipamentos	Quantidade	Vida Útil
Veículo Leve de 5 lugares	2	5 anos
Impressora	1	10 anos

Notebook	4	6 anos
Móveis, utensílios e equipamentos	4	10 anos
Ar- Condicionado	2	12 anos
Celulares	2	4 anos
Telefone Fixo	2	5 anos

Fonte: IPGC, 2023.

Os veículos e equipamentos necessários para a execução do serviço serão adquiridos por meio de compra, devendo ser novos (0 km) e poderão ser utilizados até atingirem sua vida útil, conforme indicado na tabela anterior.

8.1.4. Insumos Utilizados

Para dimensionamento dos utensílios, insumos, uniformes e EPIs mensais, por unidade foi utilizada a Tabela 88 a seguir:

Tabela 88 - Vida útil dos utensílios e despesas do escritório

Descrição	Vida útil mensal
Material e suprimentos para escritório - kit tintas (04 cores) para impressora multifuncional	3
Material e suprimentos para escritório - papel A4	12
Material e suprimentos para escritório - canetas esferográficas	12
Material de Expediente e Limpeza	1
Aluguel de Escritório	1
Consumo de Água	1
Consumo de Energia	1
Link de Internet	1
Calça grossa	2
Camisa de brim	2
Pares de sapatos de segurança	2
Pares de luvas de raspa	0,50
Coletes refletivos	4
Capacete	4

Fonte: IPGC, 2023.

Para a execução do serviço deverão ser dispostos anualmente os kits de insumos, utensílios e EPI's descritos na Tabela 89 a seguir.

Tabela 89 – Quantidade de Insumos, uniformes, epi e despesa do escritório

Insumos	Quantidade anual
Material e suprimentos para escritório - kit tintas (04	4

cores) para impressora multifuncional	
Material e suprimentos para escritório - papel A4	1
Material e suprimentos para escritório - canetas esferográficas	5
Material de Expediente e Limpeza	12
Kit De Limpeza Profissional N° 3 Amarelo Bralimpia	1
Uniformes	
Calça grossa	18
Camisa de brim	36
Pares de sapatos de segurança	18
EPIs	
Pares de luvas de raspa	24
Coletes refletos	6
Capacete	6
Despesas Escritório	
Aluguel de Escritório	12
Consumo de Água	12
Consumo de Energia	12
Link de Internet	12

Fonte: IPGC, 2023.

O dimensionamento deverá levar em consideração a Tabela 88 de vida útil dos insumos e utensílios e considerar o tempo de concessão de 27 (vinte e sete) anos.

8.1.5. Projeção de Mão de Obra

Para a execução do serviço deverá ser disposto a seguinte mão de obra:

- Mão de Obra Técnica: 1 (um) Engenheiro compartilhado com outros serviços e 1 (um) Técnico de Segurança;
- Mão de Obra Operacional: 1 (um) auxiliar de Serviços Gerais;
- Mão de Obra Administrativa: 1 (um) Auxiliar de Escritório; 1 (um) Atendente de Ouvidoria e 1 (um) Atendente ao Usuário.
- Não se considerou reserva técnica para mão de obra, pois os próprios encargos sociais já contemplam férias, faltas e licenças.

Os horários dos serviços de funcionamento da Administração Central serão:

- Período Diurno: de segunda feira a sexta feira, das 08h:00min às 17h:00min, com intervalo de 01h:00min para almoço.

Descreve-se o resumo do fornecimento a seguir:

Tabela 90 - Resumo de fornecimento

Fornecimento	Quantidade
Engenheiro	1
Técnico de Segurança	1
Auxiliar De Serviços Gerais	1
Auxiliar De Escritório	1
Atendente de Ouvidoria	1
Atendente ao Usuário	1

Fonte: IPGC, 2023.

9. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16.246-1:2022. Florestas urbanas – Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas – Parte 1: Poda.

ALVES, Rodrigo Couto; SILVA, Neliton Marques da; ANDRADE, Marcos Vinícius Barros de; MARQUES, Evely Laranjeira. Gerenciamento municipal de resíduos sólidos no Amazonas, Brasil. **Research, Society and Development**, [Manaus], v. 9, n. 12, p. 1 – 22, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11139/9931>. Acesso em: 07 out. 2022.

ANDRADE, Victor; LINKE, Clarisse Cunha. **Cidades de pedestres: a caminhabilidade no Brasil e no mundo**. Rio de Janeiro: Babilônia Cultura Editorial, 2017. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60729702/Cidades-de-pedestres_FINAL_CCS20190928-80585-kbn844-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1667239912&Signature=dvjiap3WjCK3SLW2Qu7QAhvEUEvSLADcqdLismvKWJ~yCKBXwtLL9JNYiZtzNMyezzJu5OxbNurCWQ-jOam0h2Od2XmDILKLVw~TmOT6YddcBzJCTCKnL3RXZwGrAThevYkaK9Z6VXBmcgDitvMp90Ez5vI0NJFcuDQM65AvDHP13KQ6BVPm5E~MFrDuLQqPo4HXHGxs7aiS7FFRArgJb4CTUVI~aC5q5NM4GK0OphddRnZu2b5Y51FbuoSLQAxjlp6fahW8ZuSTtyimWLhN1nYKHHSyOnazCvJBK-ai7GwlfNa0LZz13jNdSOK2nadOjhZfmFR6ityx6xEXTYHXOQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 31 out. 2022.

ARAUJO, A. J., 1997, apud SCHALLENBERGER, Leonardo Serpa; ARAÚJO, Antonio José de; ARAÚJO, Michiko Nakai de; DEINER, L. Jay; MACHADO, Gilmara de Oliveira. Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 105-189

123, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66273/38146>. Acesso em: 03 nov. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.592: Geossintéticos - Identificação na obra. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.895: Construção de poços de monitoramento e amostragem – Procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

AUDAXCO – AUDAX COMPANY. Max Detergente – 1 litro – AudaxCo. [2022?]. Disponível em: <https://audaxco.com/portfolio/max-detergente-1-litro/>. Acesso em: 25 out. 2022.

BINDER, José Eugenio. Resultados do inventário florestal executado em propriedade no município de Paranaguá com objetivo de quantificar o volume de supressão florestal para instalação de empreendimento para pátio de contêiner e análise do enquadramento legal fitossociológico dos remanescentes florestais. Paranaguá, 2015. Disponível em: <https://www.paranagua.pr.gov.br/urbanismo/SERVI%20OS/EIV/EIV-arq%20EIV%20em%20an%C3%A1lise/DAGOSTRAN%20TERRAPLENAGEM%20LTDA/ANEXOS/Anexo%2009%20-%20Invent%C3%A1rio%20Florestal.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

CABRAL, Rafaela de Almeida. Análise comparativa dos indicadores de referência dos serviços de limpeza urbana no Município de São João Del Rei, nos anos de 2007 e 2008. In: **Anais do XIV Seminário sobre a Economia Mineira**, Universidade Federal de Minas Gerais, Cedeplar, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/6237124.pdf>. Acesso em: 14 out. 2022.

CENTRO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS. **Metrvm Glossarivm Quantitativm Silvarvm.** 2015. Disponível em: [http://cmq.esalq.usp.br/wiki/doku.php?id=publico:metrvm:glossarivm:a#:~:text=Altura%20\(d e%20%C3%81rvores\),- Tipo%20de%20Verbete&text=Defini%C3%A7%C3%A3o%3A%20Grandezas%20definidas](http://cmq.esalq.usp.br/wiki/doku.php?id=publico:metrvm:glossarivm:a#:~:text=Altura%20(d e%20%C3%81rvores),- Tipo%20de%20Verbete&text=Defini%C3%A7%C3%A3o%3A%20Grandezas%20definidas)

%20pela%20dist%C3%A2ncia,podem%20ser%20atribuidas%20diferentes%20alturas..

Acesso em: 01 nov. 2022.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Águas Subterrâneas: Proteção da Qualidade. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/protecao-da-qualidade/>. Acesso em: 14 de junho de 2023.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos de infraestrutura rodoviária, ferroviária, aeroviária, aquaviária e de terminais e instalações relacionados. Diário Oficial da União, Brasília, 04 de abril de 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res08/res39608.pdf>
<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2023.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 003, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos de irrigação. Diário Oficial da União, Brasília, 02 de julho de 1990. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0003-280690.PDF>. Acesso em: 14 de Junho de 2023.

GASPAR, Gabriel Vidal. Diretrizes para o serviço de limpeza urbana de pequenos municípios. Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35389/1/2016_tcc_gvgaspar.pdf. Acesso em 21 set. 2022.

GOVERNO DE GOIÁS. Tribunal de Conta dos Municípios. Manual para análise de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Goiânia: TCMGO, 2017.

GOVERNO DO ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Rio Branco: SEMA, 2012. 188 p.

GOVERNO DO AMAZONAS. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas. Manaus: SEMA, 2017. 733 p.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Brasília: SEMA, 2018. 797 p.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Plano Distrital de Saneamento Básico e de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Brasília: SEMA, 2017, 154 p.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Brasília: SEMA, 2018. 797 p.

GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO. Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo. Orientações técnicas para elaboração do Projeto Básico de Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos. 2019. Disponível em: https://www.tcees.tc.br/wp-content/uploads/2019/08/20190805-MANUAL_RESIDUOS_SOLIDOS.pdf. Acesso em: 14 out. 2022.

GOVERNO DO MARANHÃO. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão. Plano Estadual de Gestão dos Resíduos Sólidos do Maranhão – PEGRS MA. São Luís: SEMA, 2012. 576 p.

GOVERNO DO MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso do Sul. Campo Grande: MS, v. 2, 2020. 424 p.

Green, D. C., & Jamnejad, G. (1997). Settlement characteristics of domestic waste. In R. N. Yong, & H. R. Thomas (Eds.), *Proceedings of Geoenvironmental Engineering: Contaminated ground: fate of pollutants and remediation* (pp. 319-324). ICE Publishing.

IRIB – INSTITUTO DE REGISTRO IMOBILIÁRIO DO BRASIL. **Normas estaduais sobre destinação de áreas verdes em municípios paulistas é inconstitucional**. 21 jun. 2021. Disponível em: <https://www.irib.org.br/noticias/detalhes/normas-estaduais-sobre-destinacao-de-areas-verdes-em-municipios-paulistas-e-inconstitucional>. Acesso em: 31 out. 2021.

JUCÁ, J. F. T., MONTEIRO; V. E. D., OLIVEIRA, F. J.S. de, MACIEL; F. J. Monitoramento Ambiental do Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNICA AMBIENTAL – REGEO'99 Anais... São José dos Campos –SP, p. 1-32, 1999.

LIMA, José Dantas de; FLORES NETO, Josué Peixoto; PEREIRA, Edilberto Fernandes; PEREIRA, Cláudio Martins; NÓBREGA, Claudia Coutinho. Serviços de varrição manual: método e planejamento – Estudo de caso: turma de Jaguaribe. **20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, [Belo Horizonte], 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Lima-60/publication/260320849_SERVICOS_DE_VARRICAO_MANUAL_METODO_E_PLANEJAMENTO_ESTUDO_DE_CASO_TURMA_DE_JAGUARIBE/links/56f8612308ae7c1fda30753e/SERVICOS-DE-VARRICAO-MANUAL-METODO-E-PLANEJAMENTO-ESTUDO-DE-CASO-TURMA-DE-JAGUARIBE.pdf. Acesso em: 14 out. 2022.

MARIANO, M. O. H. Recalques no aterro de resíduos sólidos da Muribeca-PE. 1999. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco

MILLANO, M. S., 1988, apud SCHALLENBERGER, Leonardo Serpa; ARAÚJO, Antonio José de; ARAÚJO, Michiko Nakai de; DEINER, L. Jay; MACHADO, Gilmara de Oliveira. Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 105-123, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66273/38146>. Acesso em: 03 nov. 2022.

Ministério da Saúde (MS). Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n° 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 4 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 14 de junho de 2023.

NEW YORK. **New York Plan. Seating.** 2018. Disponível em: <https://www1.nyc.gov/site/planning/plans/pops/pops-plaza-standards.page>. Acesso em: 19 out. 2022.

Palma, J. H. (1995) – Comportamento geotécnico de vertederos controlados de resíduos sólidos urbanos. 300 p. Tesis (Doctoral) Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Universidad de Cantabria.

PASSAMANI, Amanda Jevaux; RAMOS, Larissa Leticia Andara; JESUS, Luciana Aparecida Netto de; CONDE, Karla Moreira. Qualidade socioambiental de praças: indicadores de conforto e imagem. **Revista Sítio Novo**, Instituto Federal do Tocantins, Palmas, v. 6, n. Edição Especial, p. 99-112, 2022. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1193/362>. Acesso em: 18 out. 2022.

PASSAMANI, Amanda Jevaux; RAMOS, Larissa Leticia Andarra; JESUS, Luciana Aparecida Netto de; CONDE, Karla Moreira. Qualidade socioambiental de praças: indicadores de conforto e imagem. **Revista Sítio Novo**, Palma, v. 6, n. Edição Especial, p. 99-112, 2022.

PEREIRA, Máriam Trierveiler; GIMENES, Marcelino Luiz; SILVA, Frederico Fonseca da; ZANATTA, Odacir Antonio. Desenvolvimento de indicador de qualidade de áreas verdes urbanas (IQAVU) e aplicação em cidades paranaenses. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 5, n. 1, p. 132-159, 2012. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/2087/1703>. Acesso em: 31 out. 2022.

PREFEITURA DE BEBEDOURO. **Guia de arborização urbana**. 2018. Disponível em: https://www.bebedouro.sp.gov.br/portal/index.php/setor-de-arborizacao-e-paisagismo/item/download/7686_ebcd8852605bb2a8b66a867cceb0a492. Acesso em: 01 nov. 2022.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Anexo III – Projeto executivo. Superintendência de Limpeza Urbana, 2018. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/transparencia/Anexo%20III%20-%20Projeto%20Executivo.pdf>. Acesso em: 07 out. 2022.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Garis trabalham durante e após a chuva para amenizar efeitos das inundações**. 27 jan. 2020. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/garis-trabalham-durante-e-apos-chuva-para-amenizar-efeitos-das-inundacoes>. Acesso em: 24 out. 2022.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte – Relatório Diagnóstico. Superintendência de Limpeza Urbana,

2016. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/2018/documentos/relat%C3%B3rio%20parcial%20Aspectos%20T%C3%A9cnicos%20Operacionais%20e%20de%20Infraestrutura.pdf>. Acesso em: 10 out. 2022.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Manual de arborização urbana de Fortaleza**. Secretaria Municipal do Urbanismo e Meio Ambiente. 2020. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/manuais/manual_arborizacao.pdf. Acesso em: 01 nov. 2022.

PREFEITURA DE PINDAMONHANGABA. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Manual de Arborização e Paisagismo – Versão 1**. 2019. Disponível em: <https://www.pindamonhangaba.sp.gov.br/site/wp-content/uploads/2019/11/Manual-de-Arboriza%C3%A7%C3%A3o-Urbana-e-Paisagismo.pdf>. Acesso: 18 nov. 2022.

PREFEITURA DE REGISTRO. **Guia de Arborização Urbana**. 2017. Disponível em: <https://www.registro.unesp.br/Home/graduacao5111/2017-guia-de-arborizacao-urbana-do-municipio-de-registro.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2022.

PREFEITURA DE VACARIA. **Guia de arborização urbana**. Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente. Caxias do Sul: Lorigraf, 2021. Disponível em: <https://www.vacaria.rs.gov.br/guia-de-arborizacao-urbana.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PREFEITURA DE VINHEDO. **Guia de arborização urbana de Vinhedo**. Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo. 2018. Disponível em: https://www.vinhedo.sp.gov.br/arquivos/guia_de_ar_425353483149.pdf. Acesso em: 01 nov. 2022.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5560381/4146113/PDAUtotal5.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Projeto básico de limpeza urbana**. 2013. 46 p. Disponível em: [http://www.presidentekennedy.es.gov.br/uploads/transparencia/_20140526095919_arq_PRJETBSIC\(LIMPEZAURBANA\).pdf](http://www.presidentekennedy.es.gov.br/uploads/transparencia/_20140526095919_arq_PRJETBSIC(LIMPEZAURBANA).pdf). Acesso em: 20 out. 2022.

RAMOS, Helci Ferreira; NUNES, Fabrizia Gioppo; SANTOS, Alex Mota dos. Índice de áreas verdes como estratégia ao desenvolvimento urbano sustentável das Regiões Norte, Noroeste e Meia Ponte de Goiânia-GO, Brasil. **Caderno de Geografia: Revista Colombiana de Geografia**, Bogotá, v. 29, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/2818/281863455007/281863455007.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte, 2008.120 p.

SCHALLENBERGER, Leonardo Serpa; ARAÚJO, Antonio José de; ARAÚJO, Michiko Nakai de; DEINER, L. Jay; MACHADO, Gilmar de Oliveira. Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 105-123, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66273/38146>. Acesso em: 03 nov. 2022.

SIMÕES, G. F. Modelo para Avaliação de Recalques em Aterros de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2000, 106 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – R.J.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Glossário de Indicadores – Resíduos Sólidos: Indicadores sobre despesas e trabalhadores. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/Glossario_Indicadores_RS2020.pdf. Acesso em: 30 nov. 2022.

SOARES, Carlos Pedro Boechat; NETO, Francisco de Paula; SOUZA, Agostinho Lopes. **Livro Dendrometria e Inventário Florestal – Capítulo 2: Diâmetro, Circunferência e Área Basal**. 2017. Disponível em: <http://www.mensuracaoflorestal.com.br/capitulo-2-diametro-circunferencia-e-area-basal>. Acesso em: 18 nov. 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU (1996) apud SILVA, Raphael Fonseca de Sá; MENEZES, Sady Junior Martins da Costa de; SOUZA, Maria Odete

Alves de; AMORIM, Marcelo Cid. Cálculo do Índice de Arborização Urbana (Índice de Área Verde) como indicador de qualidade socioambiental para a cidade de Três Rio, RJ. **Anais 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade**, Rio de Janeiro, p. 686-694, 2016. Disponível em: https://itr.ufrj.br/sigabi/wp-content/uploads/5_sigabi/Sumarizado/104.pdf. Acesso em: 11 nov. 2022.

SOWERS, G. F.; Settlement of Waste disposal Fills. In: EIGHT INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERINGS. 1973. Moscow, URSS, v. 2, Part 2, p. 207-210, 1973.

WALL, D. K., ZEISS, C. Municipal landfill biodegradation and settlement. Journal of environmental engineering. Asce, 1995.

WOLMER, Fernando Antonio. Limpeza Pública. [2002?]. Disponível em: http://www.vivastri.com.br/versao_ingles/apostila_limpeza_urbana.pdf. Acesso em: 12 out. 2022.