

**Universidade Federal do Pará
Curso de Especialização em Gestão Ambiental**

**Desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Integrado de
Resíduos Urbanos de Porto Trombetas**

ORIENTADOR:

Prof. Evaldo Raimundo Pinto da Silva

**Porto Trombetas
2010**

**Universidade Federal do Pará
Curso de Especialização em Gestão Ambiental**

**Desenvolvimento do Plano de Gerenciamento Integrado de
Resíduos Urbanos de Porto Trombetas**

Ismar Bandeira de Queiroz Junior

Nome membros da bancada examinadora:

Prof. Dr. Evaldo Raimundo Pinto da Silva

Profª Drª Milene Conde Maués

Prof. Dr. Milton Antônio da Silva Matta

Data da aprovação pela bancada :

13/05/2010

Local : Belém

Data e Ano : Maio 2010

**Porto Trombetas
2010**

PLANO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE PORTO TROMBETAS

APRESENTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO	05
1.1. OBJETIVO E METODOLOGIA	05
1.2. A QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	05
2. LEGISLAÇÃO APLICADA	08
2.1. ASPECTOS LEGAIS PERTINENTES	08
3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES	21
4. CARACTERIZAÇÃO DE PORTO TROMBETAS	26
4.1. HISTÓRICO	26
4.2. LOCALIZAÇÃO	27
4.3. ASPECTOS FÍSICOS AMBIENTAIS	27
4.4. ASPECTOS ECONÔMICOS E SÓCIOS CULTURAIS	28
4.5. INFRA ESTRUTURA URBANA	29
5. DESENVOLVIMENTO E DIANÓSTICO	29
5.1. O INCINERADOR DE PORTO TROMBETAS	30
5.1.1. Características do modelo RGL 200 S	31
5.1.2. O Processo	32
5.1.3. Avaliação Teste de Desempenho do Incinerador	33
5.2. O descarte do Lodo da ETE	35
5.2.1. Ensaio Realizados	36
5.3. A GESTÃO DOS RESÍDUOS EM PORTO TROMBETAS	38
5.4. A CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	48
5.4.1 A Composição Gravimétrica	48
5.4.2 Peso Específico Aparente	51
5.4.3 Cálculo da Geração Per Capita	52
5.5 A UNIDADE DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM E O ATERRO	53
5.5.1 Unidade de triagem e Compostagem	53
5.5.2 O Aterro	57
5.5.3. Os Estudos Realizados	58
5.5.3.1 Estudo Topográfico	59
5.5.3.2 Caracterização Geológica	60
5.5.3.3 Caracterização Geotécnica	64
5.5.3.4 Caracterização Hidrogeológica	72

5.6. ANÁLISE TÉCNICA DO CENÁRIO ATUAL	79
6. PROPOSIÇÕES DE ADEQUAÇÃO	80
6.1 O INCINERADOR	80
6.1.1 Alternativas	81
6.1.2 Processo de Implantação do Incinerador	83
6.2 O DESCARTE DO LODO	84
6.2.1 Destinação final do Lodo	85
6.2.2. O Projeto Básico do Aterro Sanitário	86
6.2.2.2 Cenários Para a Concepção do Projeto	87
7. CONCLUSÃO E MODELO DE GESTÃO PROPOSTO	97
7.1.1 A Central de Tratamento de Resíduos	98
7.1.2 Estrutura Administrativa	102
7.1.3 Estrutura Técnico-Operacional	103
7.2 A GESTÃO DOS RESÍDUOS	105
7.2.2 O Sistema de Acondicionamento	105
7.2.3 O Sistema de Coleta	109
7.3 PROGRAMAS E METAS	111
7.3.1.1 Minimização da Geração de Resíduos na Fonte	112
7.3.2 Definição de Metas	114
8. ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA	115
8.1. CUSTOS DE INVESTIMENTO	115
8.2. CUSTOS DE OPERAÇÃO	116
9. CRONOGRAMA	116
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
10.1. O DESCARTE DO LODO DA ETE	117
10.2. ANÁLISE TÉCNICA DAS ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO	120
10.3. ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO	121
10.4. DESAFIOS	123
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
12. ANEXOS	128

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVO E METODOLOGIA

O objetivo desta pesquisa é apresentar o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Urbanos para Porto Trombetas, no Oeste do Estado do Pará. Sob a coordenação do autor. No desenvolvimento do mesmo foram analisadas algumas técnicas e práticas inovadoras de tratamentos de resíduos sólidos industriais e domésticos. Todas as melhorias propostas neste trabalho estarão sendo implantadas em 2010. Abaixo segue descrita toda a metodológica baseada em visita técnicas em projetos já implantados, pesquisas bibliográficas para embasamento técnico e científico, trabalhos de campo para levantamento das informações necessárias para desenvolvimento dos projetos a serem implantados.

1.2. A QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Os padrões atuais de desenvolvimento caracterizaram-se por uma exploração excessiva dos recursos naturais, pela elevada e crescente geração de resíduos e pela exclusão social, resultando em uma grave crise na relação do homem com o ambiente natural. Segundo Oliveira (2002), estima-se que 85% das riquezas produzidas no planeta são consumidas por apenas 1/5 dos habitantes de todo o mundo. A qualidade e, principalmente, a quantidade de resíduos gerados pelos seres humanos são proporcionais à sua renda. Países “desenvolvidos” produzem mais resíduos sólidos que países em desenvolvimento.

Com o advento da Revolução Industrial, as fábricas começaram a produzir objetos de consumo em larga escala e a evolução das relações comerciais criou a demanda por embalagens que garantissem a segurança do transporte. Assim, o volume e a diversidade de resíduos gerados nas áreas urbanas tornaram-se maior, além de mais diversificada. Vivemos hoje na “era dos descartáveis” em que a maior parte dos produtos, dos mais simples, como uma caixa de fósforos, ao mais complexo, como eletro-eletrônicos, é utilizada e descartada com enorme rapidez.

A taxa de geração de resíduos sólidos urbanos está relacionada aos hábitos de consumo de cada cultura, onde nota-se uma correlação estreita entre a produção de lixo e o poder econômico de uma dada população. O lixo faz parte da história do

homem, por isso a sua produção é constante e inevitável.

O crescimento acelerado das cidades contribuiu para que as áreas disponíveis para colocar o lixo se tornassem escassas. O “lixo” que se acumula no ambiente aumenta a poluição do solo, das águas e do ar, piorando as condições de saúde das populações em todo o mundo, especialmente nas regiões menos desenvolvidas.

No Brasil, a maior parte dos resíduos recolhidos nos centros urbanos, é simplesmente jogada, sem qualquer cuidado, em depósitos a “céu-aberto” existentes nas periferias das cidades, conhecidos como “lixões”.

O problema do descarte inadequado de resíduos não é exclusivo do nosso país. Em 1997, o oceanógrafo americano Charles Moore, durante uma competição de barcos à vela, descobriu uma imensa mancha flutuante de lixo no Oceano Pacífico. Esta mancha, chamada de “Sopa de Lixo”, é composta, principalmente, de diferentes tipos de objetos como sacolas plásticas, bolas de futebol e caiaques originados das cidades costeiras norte americanas, além de lixo de plataformas petrolíferas e embarcações e ocupa uma área equivalente a duas vezes o território dos Estados Unidos.

Uma vez que a geração de resíduos é uma consequência inevitável e natural das relações de consumo humano, a atividade de gestão desses resíduos é parte integrante deste processo. Porém, para a maioria das prefeituras e empresas de grande porte, esta gestão é relegada a segundo plano.

A maioria dos municípios brasileiros, infelizmente, não dispõe de sistemas de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sob sua responsabilidade, conforme preconiza a *Constituição Federal* em seu artigo 30 incisos I e V.

Segundo o IBGE (2004), dos 5.507 municípios brasileiros, 73,1% têm população de até 20.000 habitantes, e nestes municípios, 68,5% dos resíduos gerados são dispostos em locais absolutamente inadequados, como encostas, manguezais, rios, baías e vales.

Há escassez de recursos humanos especializados para tratar a questão dos resíduos sólidos. Somente em 2007, é que o Governo Federal lançou o programa RECESA – Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento

Ambiental, com vistas a suprir o mercado com técnicos de nível médio especializados na área de saneamento, em especial no campo dos resíduos sólidos.

Nos âmbitos Estaduais e Municipais, o quadro de capacitação profissional de técnicos de nível médio e superior ainda continua esquecido pelas autoridades competentes. Este cenário atual proporciona sérios problemas ambientais e de saúde pública.

Observa-se uma incompatibilidade entre o volume de resíduos sólidos gerados e políticas públicas, o desenvolvimento tecnológico e os investimentos para o setor. Torna-se, por isso, imprescindível a participação ativa e cooperativa do setor público, iniciativa privada e sociedade civil para o sucesso dos projetos de gestão de resíduos sólidos. Observa-se no figura 1.1-1. A seguir os dados sobre a disposição dos resíduos no Brasil.

Figura 1.1-1. Disposição do “lixo” no Brasil

Lixão	76%
Aterro controlado	13%
Aterro Sanitário	10%
Compostagem	1,00%
Incineração	0,10%
Fonte: Cempre, 2004.	

Diante desta situação, é fundamental um levantamento das deficiências dos sistemas de limpeza urbana, com seleção das alternativas viáveis e com o estabelecimento de ações e diretrizes integradas contemplando os aspectos ambientais, econômicos, financeiros, administrativos, técnicos, sociais e legais, em todas as fases da gestão dos resíduos sólidos, desde a sua geração até a disposição final.

O Plano de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos é viabilizado pela adesão de parceiros, especialmente junto às lideranças da sociedade e das entidades representativas comunitárias. A identificação de alternativas tecnológicas, para a redução dos impactos ambientais decorrentes da geração de resíduos, resulta no atendimento das aspirações da comunidade e dos requisitos legais e é patrocinada

pelos atores responsáveis pela implantação e manutenção da gestão dos resíduos sólidos.

Em suma, podemos afirmar que a gestão dos resíduos sólidos gerados numa comunidade exige ação direta das autoridades, mas, sem a participação ativa e solidária da população residente, todos os esforços feitos se esvaecerão.

2. LEGISLAÇÃO APLICADA

Este capítulo aborda os aspectos sobre a legislação aplicável à questão dos resíduos sólidos urbanos, de modo a caracterizar, de forma genérica, um conhecimento do problema sob a perspectiva legal. Vale ressaltar, que as informações aqui apresentadas não esgotam o arcabouço legal específico para atividades dessa natureza.

2.1. ASPECTOS LEGAIS PERTINENTES

De acordo com o disposto no artigo 225, da Constituição Federal de 1988, “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Assim, o meio ambiente tem natureza jurídica de direito coletivo (Steigleder, 2002), estando inserido entre os direitos fundamentais de 3ª geração, cuja proteção interessa a toda sociedade, sendo esta, inclusive, a real titular do direito a um ambiente hígido.

Qualquer lesão ocorrente ao meio ambiente reflete sobre toda a coletividade, legitimando qualquer pessoa provocar o poder judiciário ou o ministério público, para cessação do dano e punição do infrator, seja esta pessoa física ou jurídica.

Ainda de acordo com a Constituição Federal de 1988, a tutela jurídica do meio ambiente é dividida, concorrentemente, entre a União, os Estados e o Distrito Federal (art. 24), cabendo à União o estabelecimento de normas gerais, o que não exclui a competência suplementar dos Estados e dos Municípios para atendimento de suas peculiaridades ou até mesmo para estabelecer normas e procedimentos mais rígidos que os emanados pelo Poder Federal.

Estados e municípios possuem plena competência para legislar em matéria ambiental, desde que os primeiros não contrariem preceitos estabelecidos pelas leis federais; e os segundos (art. 30), aos das leis federais e estaduais.

A Lei federal no 6.938/81, que define a Política Nacional do Meio Ambiente, conceitua meio ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”, constituindo-se, deste modo, em um desdobramento do próprio direito à vida (Trindade, 1993) – “compreendendo o direito de todo ser humano de não ser privado de sua vida (direito à vida) e o direito de todo ser humano de dispor dos meios apropriados de subsistência e de um padrão de vida decente (preservação da vida, direito de viver)”.

Essa mesma lei federal define como “poluição” a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; como, também, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Determina, ainda, que é instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais; bem como, a preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, e a imposição, ao poluidor, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados (art. 4º).

Os dispositivos legais de tutela ambiental, vão desde normas definidoras de parâmetros de emissões e lançamentos de efluentes e resíduos, até normas de sanções civis, administrativas e penais; bem como, de vedação, em determinados ecossistemas, à implantação de empreendimentos e atividades causadoras de significativos impactos ambientais.

Especificamente quanto ao estudo em questão – Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos de Porto Trombetas – MRN - vale à pena

ressaltar que os processos contemplados no trabalho não possuem licenciamento ambiental específico junto ao IBAMA.

Destaca-se, entretanto, que as diretrizes apresentadas no relatório objetivam fornecer subsídios importantes e fundamentais para o início do processo de licenciamento. Assim, como principais problemas ambientais decorrentes dos processos em estudo, podem-se ressaltar os vinculados à poluição da água (efluentes da ETE e Lagoas Facultativas), do solo (resíduos sólidos e descarte do lodo) e do ar (emissões do incinerador). Destaca-se que todos estes recursos naturais – ar, água e solo – encontram-se legalmente protegidos através de diversos diplomas normativos federais e estaduais. A seguir são apresentadas as principais normas legais de proteção dos recursos naturais de interesse para este estudo.

Qualidade do Ar

Em nossa legislação os parâmetros de qualidade do ar são fixados, principalmente, através de diferentes Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama, dentre as quais se podem elencar:

A. Resolução CONAMA nº. 05, de 15/06/89 – Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Este Programa tem como objetivo servir como instrumento básico da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar das populações e melhoria da qualidade de vida, através da limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica. Tem por finalidade a melhoria na qualidade do ar e o atendimento aos padrões estabelecidos.

A estratégia básica do PRONAR é limitar, em nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, valendo-se dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle. Determina que competem aos Estados o estabelecimento e implementação dos Programas Regionais de Controle da Poluição do Ar, em conformidade com o estabelecido no PRONAR.

B. Resolução CONAMA nº. 03, de 28/06/90 – Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previsto no PRONAR. Considera como padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, possam afetar a saúde, a

segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Neste sentido, conceitua como “poluentes atmosféricos” quaisquer formas de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: (i) impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; (ii) inconveniente ao bem-estar público; (iii) danoso aos materiais, à fauna e flora; (iv) ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

De acordo com esta Resolução são “Padrões Primários” de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, possam afetar a saúde da população.

Já os “Padrões Secundários” de qualidade do ar constituem as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Ressalta que os padrões de qualidade do ar definidos nesta Resolução deverão orientar a elaboração dos Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

C. Resolução CONAMA nº. 267, de 14/09/00 – Proibição de substâncias que destroem a camada de ozônio. Proíbe, em todo o território nacional, a utilização das substâncias controladas especificadas nos Anexos A e B do Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, nos sistemas, equipamentos, instalações e produtos novos, nacionais ou importados, à exceção dos ‘usos essenciais, quais sejam:

- I. Para fins medicinais e formulações farmacêuticas para medicamentos na forma aerossol e/ou assemelhados na forma "spray" para uso nasal ou oral;
- II. Como agente de processos químicos e analíticos, e como reagente em pesquisas científicas;
- III. Em extinção de incêndio na navegação aérea e marítima, aplicações militares não especificadas, acervos culturais e artísticos, centrais de geração e transformação

de energia elétrica e nuclear, e em plataformas marítimas de extração de petróleo - Halons: bromoclorodifluormetano (Halons 1211) e bromotrifluormetano (Halons 1301).

Qualidade da Água

De acordo com os artigos 201 e 262 da Constituição Federal todos os recursos hídricos existentes no país são de domínio da União ou dos Estados, não existindo no território nacional águas que sejam de domínio particular.

A. Lei Federal no 9.433, de 08/01/97 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Política Nacional de Recursos Hídricos possui como principais objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; bem como, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos; e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais.

O inciso V, do artigo 1º, define que a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos é a bacia hidrográfica; dispondo, no inciso VI que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, além de contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

De acordo com o artigo 5º, são instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, dentre outros, os Planos de Recursos Hídricos e o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água. Determinando em seu artigo 10 que as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental.

Art. 20. São bens da União: (...) III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.

Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados: (...) I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.

B. Resolução CONAMA nº. 357, de 17/03/2005 – Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Resolução CONAMA 357/05 revogou a Resolução CONAMA 20/86, que dispunha sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. De acordo com a Resolução 357/05, as águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5%) são classificadas em cinco classes, a saber:

I. Classe especial – águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II. Classe 1 – águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; e à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/00; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III. Classe 2 – águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução Conama no 274/00; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

IV. Classe 3 – águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas,

cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.

V. Classe 4 – águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Determina em seu artigo 38 que o enquadramento dos corpos de água se dará de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH e pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos. Estabelece que este enquadramento seja definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução (março de 2005), tiverem LI (Licença de Instalação) ou LO (Licença de Operação) expedida poderão, a critério do órgão ambiental competente, ter prazo de até três anos para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos.

Resíduos Sólidos

Dentre as metodologias de classificação dos resíduos temos, por exemplo, quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto à natureza ou origem domiciliar, comercial, público, etc. De acordo com a NBR 10.004:2004 da ABNT, os resíduos sólidos podem ser classificados conforme demonstra o figura **2.1-1**. a seguir.

Figura 2.1-1. Classificação dos resíduos segundo a NBR 10.004:2004

CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS
Classe I - Perigosas	Apresentam periculosidade, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
Classe II - Não Perigosos	Subdivididos em classes II A e II B
Classe II A - Não Inertes	Aqueles que não se enquadram como resíduos de classe I ou classe II B - Inertes. Podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade.
Classe II B - Inertes	Aqueles que não se enquadram como resíduos de classe I ou classe II A - Inertes. Não têm

	constituente algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas.
--	--

Classe I – Perigosos Apresentam periculosidade, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Classe II – Não Perigosos Subdivididos em classes II A e II B.

Classe II A – Não Inertes Aqueles que não se enquadram como resíduos de classe I ou Classe II B – Inertes. Podem ter propriedades como: combustilidade, biodegradabilidade ou solubilidade.

Classe II B – Inertes Aqueles que não se enquadram como resíduos de classe I ou classe II A – Não Inertes. Não têm constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas.

Fonte: ABNT

O CONAMA é o principal órgão normativo ambiental de resíduos sólidos, tendo criado várias Resoluções que disciplinam essa matéria, dentre as quais merecem destaque para o presente estudo:

A. Resolução CONAMA Nº 308, de 2002 – Dispõe sobre o Licenciamento de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte. Auxilia os administradores municipais na adequação da disposição final de seus resíduos sólidos urbanos, levando-se em conta as dificuldades dos pequenos municípios para implantação e operação destes sistemas de acordo com o processo de licenciamento ambiental, sugerindo nestes casos, um licenciamento simplificado traduzido pelas exigências mínimas. Merecem destaque os seguintes artigos desta resolução:

Art. 2º Para fins desta Resolução consideram-se como resíduos sólidos urbanos, os provenientes de residências ou qualquer outra atividade que gere resíduos com características domiciliares, bem como os resíduos de limpeza pública urbana.

Parágrafo único. Ficam excluídos desta resolução os resíduos perigosos que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde ou ao meio ambiente.

Art. 3º Aplica-se o disposto no art. 1º desta Resolução a municípios ou associações de municípios que atendam a uma das seguintes condições:

I - população urbana até trinta mil habitantes, conforme dados do último censo do IBGE; e II - geração diária de resíduos sólidos urbanos, pela população urbana, de até trinta toneladas.

Art. 4º Para os efeitos desta Resolução, os empreendimentos de destinação final de resíduos sólidos deverão observar, no mínimo, os aspectos definidos no Anexo desta Resolução, no que se refere à seleção de áreas e concepção tecnológica.

§ 1º Caso o sistema de disposição final seja implantado na mesma área onde se encontra operando o atual lixão, o projeto deverá ser compatibilizado com essa condição, de modo a garantir a eficácia do sistema, a minimização dos impactos ambientais e a recuperação ambiental da área.

§ 2º Caso o sistema de disposição final venha a ser localizado em área diferente da do atual lixão, esta área deverá ser objeto de recuperação ambiental, incluindo a indicação do uso futuro da mesma.

Art. 5º O empreendimento de disposição final de resíduos sólidos contemplado nesta Resolução deverá ser submetido ao processo de licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental competente, integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA, observando os critérios estabelecidos no Anexo desta Resolução.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá dispensar o Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental-RIMA na hipótese de ficar constatado por estudos técnicos que o empreendimento não causará significativa degradação ao meio ambiente.

Art. 6º Aos órgãos de controle ambiental integrantes do SISNAMA incumbe a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a fiscalização, bem como as providências decorrentes da legislação vigente.

B. Resolução CONAMA nº. 313, de 29/10/02 – Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Esta Resolução define como resíduo sólido industrial “todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso – quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição”.

Em seu artigo 7º prevê que o IBAMA e os órgãos estaduais de meio ambiente deverão elaborar, em até três anos contados a partir da publicação desta Resolução, de forma coordenada e no âmbito de suas competências, os Programas Estaduais de Gerenciamento de Resíduos Industriais, e, em até quatro anos, o Plano Nacional para Gerenciamento de Resíduos Industriais.

Cabendo as indústrias o registro mensal dos dados de geração e destinação dos resíduos gerados (art. 8º).

C. Resolução CONAMA nº. 316, de 29/10/02 – Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Estabelece que todo sistema de tratamento térmico para resíduos industriais deverá atingir a taxa de eficiência de destruição e remoção (EDR) superior ou igual a noventa e nove inteiros e noventa e nove décimos por cento para o principal composto orgânico perigoso (PCOP) definido no teste de queima.

Os resíduos de origem industrial deverão ter registro das seguintes informações: origem e processo produtivo do gerador e quantidade; quantificação dos parâmetros relativos ao poder calorífico, cinzas e, quando couber, metais, halogênios ou compostos halogenados; composição química e características físico-químicas do resíduo, que comprovem sua compatibilidade com as condicionantes da licença de operação;

incompatibilidade com outros resíduos; e métodos de amostragem e análise utilizados, com os respectivos limites de detecção.

D. Resolução CONAMA nº. 358, de 2005 - Substitui a *Resolução nº 83/2001* do Conama. Dispõe sobre a destinação dos resíduos de serviços da saúde em concordância com a *RDC nº 306/2004* da ANVISA.

E. Resolução CONAMA nº. 05, de 1993 - No seu Artigo 11, recomenda a incineração para resíduos de serviço da saúde, de portos e aeroportos.

F. Resolução CONAMA nº. 283, de 2001 - Exige a apresentação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços da Saúde dos geradores destes, onde se recomenda a incineração do lixo patogênico.

G. Resolução CONAMA nº. 307, de 2002 – Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil. Considerando que a gestão integrada dos resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve, no seu artigo 1º, estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

H. Resolução CONAMA nº. 375, de 2006 – Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola dos lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

Regulando os aspectos técnicos relacionados à construção das estruturas para a destinação final dos resíduos sólidos temos as NBRs 8419 de 1992 e 13896 de 1997. A NBR 8419-02 determina que, na construção dos aterros: “não deve ser construído em áreas sujeitas à inundação. Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada de espessura mínima de 1,5 m de solo insaturado. O nível do lençol freático deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região. O solo deve ser de baixa permeabilidade (argiloso).

O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 metros de qualquer curso d água. Deve possuir controle de acesso ao local. A arborização deve ser

adequada nas redondezas para evitar erosões, espalhamento da poeira e retenção dos odores. “Devem ser construídos poços de monitoramento para avaliar possíveis vazamentos e contaminação do lençol freático: no mínimo quatro poços, sendo um a montante e três a jusante, no sentido do fluxo da água do lençol freático.”

Áreas de Proteção Permanente – APP.

A Lei no 4.771, de 15/09/65 – Institui o novo Código Florestal. Estabelece no art. 1º que às florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação são bens de interesse comum a todos os habitantes do País. O art. 2º considera como sendo de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) Ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto, em faixa marginal, cuja largura mínima será de:
 - 30 metros para os cursos d'água de menos com 10 metros de largura;
 - 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
 - 100 metros para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
 - 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.
- b) Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais.
- c) Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 metros de largura.
- d) No topo de morros, montes, montanhas e serras.
- e) Nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.
- f) Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues.

- g)** Nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 metros em projeções horizontais.
- h)** Em altitude superior a 1.800 metros, qualquer que seja a vegetação.

O art. 3º considera, ainda, como sendo de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural que sirvam para atenuar a erosão das terras, formando faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias, proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico, asilar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção e assegurar condições de bem estar público.

B. Resolução CONAMA nº. 303, de 20/03/2002 – Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente – APP. Determina que constituem APP, dentre outras, as áreas situadas:

1. Em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:
 - a) 30 metros, para o curso d'água com menos de 10 metros de largura;
 - b) 50 metros, para o curso d'água com 10 a 50 metros de largura;
 - c) 100 metros, para o curso d'água com 50 a 200 metros de largura;
 - d) 200 metros, para o curso d'água com 200 a 600 metros de largura; e
 - e) 500 metros, para o curso d'água com mais de 600 metros de largura.

2. Ao redor de nascente ou olho d'água ainda que intermitente com raio mínimo de cinquenta metros, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;
 - Em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;
 - No topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;
 - Nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo

da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

- Em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;
- Nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;
- Nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;
- Nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçada de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal.

C. Resolução CONAMA nº 369, de 29/03/2006 – Esta Resolução define os casos excepcionais em que o órgão ambiental competente pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental.

Determina, em seu art. 3º, que a intervenção ou supressão de vegetação em APP somente poderá ser autorizada quando o requerente, entre outras exigências, comprovar: (i) a inexistência de alternativa técnica e locacional às obras, planos, atividades ou projetos propostos; (ii) o atendimento às condições e padrões aplicáveis aos corpos de água; (iii) a averbação da Área de Reserva Legal; e (iv) a inexistência de risco de agravamento de processos como enchentes, erosão ou movimentos acidentais de massa rochosa.

Em todos os casos, deverá ser obtida junto ao órgão ambiental competente a autorização para intervenção ou supressão de vegetação em APP, em processo administrativo próprio, nos termos previstos nesta resolução, no âmbito do processo de licenciamento ou autorização, motivado tecnicamente, observadas as normas ambientais aplicáveis.

3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Contempla-se neste capítulo alguns conceitos e definições usualmente empregados em estudos que envolvem a questão dos resíduos sólidos. Os conceitos aqui descritos não esgotam o vocabulário referente ao tema em questão, objetivando, apenas, a melhor compreensão do texto.

No contexto deste trabalho, ressalta-se a analogia, comumente utilizada, entre os termos “Lixo” e “Resíduos sólidos”. O Dicionário de Aurélio Buarque de Holanda define que "lixo é tudo aquilo que não se quer mais e se joga fora; coisas inúteis, velhas e sem valor."

Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – define o lixo como os "restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional”.

Percebe-se que vários autores de publicações sobre resíduos sólidos se utilizam indistintamente dos termos "lixo" e "resíduos sólidos". Neste *Plano*, considerando-se a sua característica inservível, o lixo será definido como aquilo que não apresenta mais nenhuma serventia para quem o descarta. A seguir, os conceitos contemplados:

Acondicionamento de Resíduos: significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada, compatível com o tipo e a quantidade de resíduos. A importância do acondicionamento adequado está em evitar acidentes, a proliferação de vetores, minimizar o impacto visual e olfativo, reduzir a heterogeneidade dos resíduos (no caso de haver coleta seletiva) e facilitar a realização da etapa da coleta.

Antrópico: resultado das atividades humanas no meio ambiente.

Aterro Sanitário: é um método de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, sobre o terreno natural, através de seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública.

Aterro Controlado: também é uma forma de disposição de resíduos sólidos municipais no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza impermeabilização de base, nem de sistemas de tratamento de chorume ou do biogás gerado, nem de coleta e aproveitamento do biogás gerado.

Biogás: gás natural produzido pela fermentação da matéria orgânica presente no lixo, composto basicamente de metano e gás carbônico.

Coleta de Resíduos: significa recolher o resíduo acondicionado por quem o produz para encaminhá-lo, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e à disposição final.

Coleta Tradicional: consiste no conjunto da coleta de resíduos sólidos urbanos, domiciliar e comercial, efetuada porta a porta, sem segregação dos resíduos na fonte.

Coleta Seletiva: consiste na coleta, em separado, de materiais recicláveis, definidos como inertes (papéis, plásticos, metais, vidros, etc.) e de matéria orgânica, previamente separada nas próprias fontes geradoras, de modo a facilitar a reciclagem de materiais.

Composição Gravimétrica: traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo analisada.

Compressividade: é o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando compactada. Exemplo: Submetido a uma pressão de 4 kg/cm², o volume do lixo pode ser reduzido de um terço (1/3) a um quarto (1/4) do seu volume original.

CONAMA: O Conselho Nacional do Meio Ambiente - é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, foi instituído pela Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90.

Chorume: líquido proveniente da decomposição da matéria orgânica presente no lixo, com elevado poder poluidor.

Compostagem: é o processo controlado de decomposição e estabilização bioquímica da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos realizada por microorganismos na presença ou não de oxigênio.

Composto Orgânico: é o resíduo mineral proveniente da decomposição e estabilização da matéria orgânica presente no lixo.

Decantador: tanque onde os esgotos fluem vagarosamente, permitindo que os sólidos em suspensão sedimentem-se no fundo de forma gradual.

Disposição final: conjunto de unidades, processos e procedimentos que visam ao lançamento de resíduos no solo, garantindo-se a proteção da saúde pública e a qualidade do meio ambiente.

Estação de transbordo: aplica-se o termo “estação de transbordo” às instalações onde se faz a estocagem temporária do lixo para seu posterior transporte até o local do tratamento e destinação final.

Estação de tratamento de esgoto (ETE): conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades, cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento;

Idade do Lodo: tempo médio, em dias, de permanência no processo de uma partícula em suspensão; numericamente igual à relação entre a massa de sólidos em suspensão voláteis (SSV), contida no tanque de aeração, e a massa de SSV descartada por dia com o excesso de lodo;

Incinerador: equipamento utilizado no tratamento térmico dos resíduos. Proporciona a redução do peso e volume dos resíduos, transformando-os em cinzas inertes que devem ser dispostas em um aterro sanitário. Realiza a destruição dos compostos tóxicos pela sua queima em altas temperaturas (acima de 800° C, segundo a Resolução CONAMA N°. 316/2002) e trata os gases produzidos no processo reduzindo-os a níveis adequados para o seu lançamento na atmosfera.

Lodo ativado: é um processo de tratamento de esgotos domésticos feito em tanques de concreto onde a carga orgânica é removida por bactérias aeróbias presentes em elevada concentração.

Lodo: suspensão aquosa de substâncias minerais e orgânicas separadas no processo de tratamento;

Lodo biológico: lodo produzido em um processo de tratamento biológico;

Lodo estabilizado: lodo não sujeito à putrefação;

Lodo misto: mistura de lodo primário e lodo biológico;

Lodo primário: lodo resultante da remoção de sólidos em suspensão do esgoto afluente à ETE;

Lodo seco: lodo resultante de uma operação de desidratação.

Percolado: Líquido que passou através de um meio poroso.

Reciclagem: é o termo comumente usado para definir as atividades que visam o reaproveitamento ou reutilização dos materiais presentes nos resíduos sólidos urbanos.

Resíduo Comercial: são os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem da atividade ali desenvolvida. Constituídos, geralmente, por papel, plásticos, embalagens diversas e resíduos de asseio dos funcionários.

Resíduo Doméstico, Domiciliar ou Residencial: são os resíduos gerados nas atividades diárias em casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais.

Resíduo de Fontes Especiais: não resíduos que, em função de suas características peculiares, exigem cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final. Dentro da classe de resíduos especiais, merecem destaque o lixo industrial, lixo radioativo, lixo de portos, aeroportos e terminais rodoviários, lixo agrícola e resíduo de serviços de saúde.

Resíduo Público: é aquele proveniente dos serviços de conservação e limpeza das vias e logradouros públicos. Incluindo-se todos os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de galerias de águas pluviais, terrenos, restos de podas de árvores, capinas e cadáveres de animais, etc.

Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (Plano Diretor de Resíduos Sólidos, Plano de Gestão de Resíduos Sólidos): documento que apresenta um levantamento da situação atual do sistema de limpeza urbana, com seleção das alternativas mais viáveis, com o estabelecimento de ações integradas e diretrizes sob os aspectos ambientais, econômicos, financeiros, administrativos, técnicos, sociais e legais para todas as fases da gestão dos resíduos sólidos, desde a sua geração até a destinação final.

Segregação: etapa do processo de separação de materiais contidos no lixo que consiste na sua colocação em recipientes especificamente dimensionados e localizados conforme a natureza e o volume de cada resíduo.

Sistema de Limpeza Urbana: é o conjunto de atividades que visam a segregação na fonte, a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final adequada do lixo urbano.

Tanque Imhoff: são variantes da fossa séptica, e basicamente decantadores, em cujo fundo os sólidos sedimentados permanecem pelo tempo suficiente para a sua estabilização. O lodo acumulado no fundo pode ser removido em um intervalo de seis meses a um ano, já estabilizado, porém passível de estar contaminado por patogênicos;

Triagem: é a separação manual dos diversos componentes do lixo, que são divididos em grupos, de acordo com a sua natureza: matéria orgânica, materiais recicláveis, rejeitos e resíduos sólidos específicos.

Unidades de conservação: áreas criadas com o objetivo de harmonizar, proteger recursos naturais e melhorar a qualidade de vida da população.

Usina de Triagem e Compostagem: é o conjunto de dispositivos, máquinas e equipamentos que, além de permitir a separação dos materiais recuperáveis presentes

no lixo, promovem o controle da decomposição da matéria orgânica visando a produção de composto orgânico.

4. CARACTERIZAÇÃO DE PORTO TROMBETAS

4.1. HISTÓRICO

No final de 1971 iniciou-se a implantação do projeto do Rio Trombetas, conduzido pela Alcan. Devido à retração do mercado mundial de alumínio, as atividades foram interrompidas logo a seguir. Em 1974 foi constituída uma associação de empresas nacionais e internacionais em substituição ao modelo original de administração. As atividades minerárias foram retomadas em 1976 e em 1979 foi realizado o primeiro embarque de bauxita da Mineração Rio do Norte para o Canadá.

A composição acionária atual é a seguinte:

- CVRD – 40%
- BHP Billiton Metais – 14,8%
- Alcan – 12%
- CBA-Votorantim – 10%
- Alcoa Brasil – 8,58%
- Alcoa World Alumina – 5%
- Norsk Hydro – 5%
- Abalco – 4,62%

O complexo urbano de Porto Trombetas foi construído com o objetivo de acomodar os empregados da MRN e seus familiares. Conta com infra-estrutura de saneamento básico, equipamentos e serviços para atender a esta população e também aos visitantes e prestadores de serviços.

4.2. LOCALIZAÇÃO

O complexo urbano de Porto Trombetas está localizado à margem direita do Rio Trombetas, no município de Oriximiná, oeste do Pará. Dista 70 km da sede do município, cujo acesso é feito por via fluvial pelo Rio Trombetas, via de escoamento da produção de bauxita.

O complexo de Trombetas conta com um aeroporto com vôos regulares para as principais capitais e cidades da região amazônica. Há ainda um acesso, via estrada de terra, de 80 km que liga Trombetas ao município de Terra Santa.

4.3. ASPECTOS FÍSICO-AMBIENTAIS

Porto Trombetas está localizado na região amazônica, pertencente à mesorregião Baixo Amazonas e à microrregião Óbidos. Tem clima do tipo tropical úmido com verões quentes e chuvosos. A temperatura média anual é de 29° C, com temperaturas máxima e mínima variando entre 36° C e 21° C respectivamente. Tem uma precipitação pluviométrica de 2.153,7 mm/ano com forte contribuição entre os meses de dezembro a maio, conforme demonstrado no figura 4.3-1. O relevo no complexo urbano de Porto Trombetas é plano a levemente ondulado.

Quadro 4.3-1. Intensidade pluviométrica e duração do período chuvoso de PTR

LOCAL	PLUVIOSIDADE MÉDIA ANUAL (mm)	DURAÇÃO DO PERÍODO CHUVOSO (meses)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/mês)	
			Mínima	Máxima
Porto Trombetas	2.153,70	6 a 8	269,2	359

Fonte: Adaptado de “PLANO DE MANEJO DA FLONA SARACÁ-TAQUERA”, Dez, 2001.

Porto Trombetas está inserido em uma Unidade de Conservação denominada Floresta Nacional Saracá-Taquera, criada pelo Decreto nº 98.704 em 27 de dezembro de 1989, portanto após a instalação da Mineração Rio do Norte. A reserva biológica é uma unidade de uso sustentável que prevê o desenvolvimento de projetos e pesquisas com o uso sustentável dos recursos da floresta.

Cerca de 94% da área existente na região da Floresta Nacional Saracá-Taquera é coberta pela Floresta Ombrófila Densa (Flona Saracá, 2001).

A região conta com a presença de comunidades remanescentes de quilombos, que se distribuem ao longo do Rio Trombetas.

A MRN possui, desde 2001, a certificação da norma ISO 14001, contemplando o conjunto de todas as suas instalações, incluindo o complexo urbano.

A localização do complexo urbano de Porto Trombetas em relação à Floresta Nacional Saracá-Taquera e à Reserva Biológica Trombetas, está ilustrada no **Mapa - Unidades de Conservação: ANEXO**

4.4. ASPECTOS ECONÔMICOS E SÓCIO-CULTURAIS

A principal atividade econômica de Porto Trombetas baseia-se na exploração da bauxita pela Mineração Rio do Norte S.A.

As atividades comerciais, de transporte, e infra-estrutura do complexo urbano atendem à população que presta apoio às atividades da MRN, como funcionários, familiares, prestadores de serviço e comunidade local.

A população atual é de aproximadamente 6.500 habitantes, com uma população flutuante em torno de 500 pessoas, que varia conforme a demanda de serviços e expansão de produção da bauxita.

4.5. INFRA-ESTRUTURA URBANA

Porto Trombetas conta com usina de geração de energia e com sistemas de abastecimento de água potável, tratamento de esgotos e coleta de lixo. A vila residencial é constituída por aproximadamente mil casas e dormitórios para mais de 1,5 mil funcionários solteiros, contando, ainda, com escolas do maternal ao ensino médio, hospital e serviços laboratoriais, clube de lazer, cine-teatro, centro comercial, aeroporto, porto e sistema de comunicação nacional e internacional.

A produção de bauxita, transportada da mina até o porto através de ferrovia, é escoada através de um porto com calado para receber navios com capacidade aproximada de 60 mil toneladas. O Porto é utilizado, também, para o embarque e

desembarque de passageiros, que usufruem do transporte fluvial da região e para operações de carga e descarga de materiais que abastecem todo o complexo.

5. DESENVOLVIMENTO E DIAGNÓSTICO

Apresenta-se neste capítulo, o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos em Porto Trombetas, instrumento básico de informação para a proposição de medidas de adequação e delineamento de estratégias de atuação, que resultaram no Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólido Urbano proposto.

A metodologia utilizada fundamentou-se nos levantamentos envolvendo a área de Infra estrutura, área de engenharia e a área ambiental da MRN.

Foram coletados dados e informações dos principais processos administrados pela MRN e que se relacionam diretamente com a gestão de resíduos sólidos urbanos do complexo de Porto Trombetas.

5.1. O INCINERADOR DE PORTO TROMBETAS

A utilização do incinerador em Porto Trombetas, atualmente, está restrita aos resíduos originados no hospital e ambulatórios. Imediatamente após a geração os resíduos são levados para uma câmara fria onde permanecem até que o volume armazenado seja suficiente para a operação do incinerador.

Segundo o fabricante, LUFTECH, o incinerador “RGL 200 S” apresenta capacidade média nominal de utilização de 30 kg/hora, volume muitas vezes superior à quantidade de resíduos gerada no hospital. O incinerador pode funcionar até 24 horas por dia, embora seja conveniente prever um tempo de 4 horas diárias para eventuais manutenções preventivas.

As figuras 5.1-1 e 5.1-2 apresentam a localização do incinerador e a forma de acondicionamento dos resíduos de serviço de saúde.



Figura 5.1-1. Instalações do Incinerador no Hospital de PTR
Fonte: MRN



Figura 5.1-2. Trabalhador junto à câmara fria com RSS
Fonte: MRN

5.1.1. Características do Modelo RGL 200 S

As características principais do incinerador de Porto Trombetas são assim descritas, segundo o fabricante:

- Capacidade nominal: 30 kg/hora;
- Volume útil da câmara de alimentação: 25 litros;
- Peso do reator: 2500 kg;

- Fonte estacionária de emissão (chaminé): 400 mm diâmetro externo, 300 mm diâmetro interno e 5.000 mm de altura, sem dispositivo de contenção de emissões;
- Combustível auxiliar: óleo diesel (tanque com capacidade para 5 litros);
- Queimadores de pré-aquecimento: bicos injetores;
- Vazão dos gases 2112 m³ / hora;
- Velocidade dos gases na saída do ciclone: 17,7 m/segundo;
- Tempo de residência total: 2 segundos;
- Temperatura na grelha: 300 a 700° C;
- Temperatura no ciclone: 900 a 1300° C;
- Rendimento / eficiência: 98%.

5.1.2. O Processo

No processo convencional de alimentação, o operador sobe uma escada transportando os sacos com resíduos. Entretanto, foi adaptada ao incinerador uma esteira, automatizando o processo de colocação dos resíduos na câmara de alimentação do equipamento. Esta adaptação foi desenvolvida pela MRN objetivando a melhoria das condições de trabalho no equipamento.

Apesar da rápida velocidade, otimiza o tempo de operação e minimiza o desgaste ergonômico do operador na alimentação do incinerador.

Esta esteira liga o nível inferior do incinerador à comporta de alimentação da câmara superior, com acionamento elétrico associada ao acionamento pneumático desta comporta.

Assim, um primeiro operador comanda o motor da esteira e a abertura da comporta de admissão e um segundo operador coloca os sacos com resíduos na esteira após a pesagem.

Percebe-se, na figura **5.1-3**, a adaptação da esteira ao incinerador para a colocação dos resíduos na câmara de alimentação.



Figura 5.1-3. Incinerador LUFTECH modelo RGL 200 S com adaptação.
Fonte: MRN

5.1.3. Avaliação teste de Desempenho do Incinerador

Durante a visita, realizou-se um teste de desempenho do equipamento visando-se observar o comportamento do equipamento e o detalhamento na conduta operacional. Sob estes aspectos, são apresentadas algumas observações feitas no decorrer do teste de desempenho e, desta forma, deve-se levar em consideração que o mesmo não foi devidamente programado, com data, quantidade e a classificação dos resíduos.

Observações relativas ao aspecto técnico

A geração de resíduos pela unidade hospitalar é muito inferior à capacidade de destruição do incinerador, como se pode avaliar pela capacidade nominal do equipamento, que é de 30 kg/hora, contra a geração média semanal de aproximadamente 140 kg, ou seja, para tratar toda a produção de resíduos biológicos gerada em uma semana, o incinerador precisa operar tão somente 5 horas.

- O transporte dos resíduos hospitalares na unidade hospitalar e acondicionamento em câmara fria atendem à legislação;
- O incinerador RGL 200 S, não dispõe de Sistema de Controle das emissões atmosféricas;

- A saída dos gases através do ciclone permite entrada de ar falsa, ocasionando diluição dos gases.

É possível trabalhar com este dispositivo, entretanto, oferece um risco de elevação dos parâmetros de avaliação, quando dos cálculos de correção do O₂ (Oxigênio);

- Os indicadores de temperatura não estão posicionados adequadamente; as indicações de temperatura não são confiáveis, inexistindo um sistema de controle automático da temperatura no ciclone para mantê-la em 800 °C;
- O incinerador não possui um sistema de monitoramento dos parâmetros: CO e O₂ com indicação e alarme para os limites estabelecidos conforme a legislação, entretanto, não se faz necessário um sistema de intertravamento, uma vez que sua alimentação é manual;
- O incinerador encontra-se instalado em local que não dispõe de espaço físico para instalação de sistema de contenção;
- O incinerador encontra-se na mesma área do hospital e próximo à vila residencial, contrariando a recomendação da Resolução CONAMA n° 316/02;
- Está em operação desde 1998, com vida útil remanescente estimada em aproximadamente 5 (cinco) anos.

Observações relativas ao aspecto operacional

- As temperaturas de realização no teste de queima não atingiram os valores propostos pela Resolução CONAMA n° 316/02, produzindo-se pluma visível de fuligem, causadas por combustão incompleta;
- O tanque de combustível auxiliar (óleo diesel) não possui capacidade suficiente para proporcionar, pelo tempo necessário, a temperatura adequada para incineração de resíduos de baixo poder calorífico (bolsas de sangue; placentas e outros resíduos com elevado teor de umidade);
- O operador do incinerador não possui conhecimento e treinamento específico para operacionalização, conforme art. 30 da Resolução CONAMA n° 316/02;

- A operação do incinerador vem sendo realizada de forma inadequada, apesar dos operadores seguirem os procedimentos ditados pelo fabricante, uma vez que tais procedimentos não permitem que a etapa de aquecimento e secagem dos resíduos se realize de forma adequada;
- A velocidade de alimentação da correia adaptada não favorece o processo de alimentação de resíduos na 1ª câmara;
- Alguns sacos de resíduos dificultam o processo de alimentação na câmara de abastecimento, por apresentarem tamanho superior ao da comporta de carga;
- O espaço físico onde está instalado o Incinerador é desfavorável à movimentação do operador.
- A unidade hospitalar possui PGRSS conforme Resolução ANVISA/RDC 306/04;
- Plano de “TESTE DE QUEIMA” incompleto, realizado em dezembro de 2006;
- Há uma proposta para o fornecimento de unidade de tratamento de gases do fabricante Luftech.

5.2. O DESCARTE DE LODO DA ETE

O sistema de tratamento de esgotos de Porto Trombetas gera lodos primários e secundários. O lodo primário é gerado nos dois tanques Imhoff existentes no tratamento primário.

Este lodo é constituído pelos sólidos sedimentáveis do esgoto bruto. O lodo secundário ou lodo biológico excedente é gerado no tratamento secundário, nos tanques de aeração. Este lodo compreende a biomassa de microrganismos aeróbios que se alimentam da matéria orgânica dos esgotos. Tanto o lodo primário quanto o lodo biológico já saem estabilizados deste sistema.

Pelo fato da biomassa permanecer no sistema de aeração prolongada por um período mais longo que no tratamento convencional, ocorre a predominância da respiração endógena, ou seja, as bactérias utilizam forma mais intensa nos seus processos metabólicos a própria matéria orgânica biodegradável componente das células.

Esta matéria orgânica é convertida em gás carbônico e água através da respiração endógena das bactérias, correspondendo a uma estabilização do lodo, no próprio tanque de aeração. Entretanto, a biomassa excedente deve ser descartada do sistema, para que este permaneça em equilíbrio. A extração do lodo excedente pode ser realizada diretamente do reator ou na linha de recirculação. Em Porto Trombetas a extração se dá diretamente do efluente do reator. Esta opção é denominada controle hidráulico do sistema.

O processo de retirada do lodo é realizado por batelada, através de um caminhão limpa fossa. Atualmente, o lodo excedente é retornado aos tanques Imhoff e de lá, o lodo misto é depositado sem nenhum controle e tratamento, em uma vala localizada próxima ao aterro.

São retirados em média 189 m³/mês de lodo digerido da ETE (incluindo o lodo retornado aos tanques Imhoff). Entretanto, não foi constatada nenhuma referência de cálculo desta retirada, com determinação precisa da quantidade de lodo retirada do processo.

5.2.1. Ensaios realizados

Para se ter uma melhor compreensão da atual situação e como subsídio para a elaboração desse trabalho foi realizados ensaios laboratoriais com o lodo gerado na ETE de Porto Trombetas.

Assim, contemplaram-se neste trabalho os ensaios e determinações quantitativas realizados nos seguintes resíduos: (I) lodo gerado na ETE e (II) lodo da área de descarte no aterro. Foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização para quantificação dos parâmetros descritos pelos anexos F e G da NBR 10.004:2004 e a classificação do lodo.

Objetivou-se com este trabalho a classificação deste resíduo quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, visando auxiliar o seu gerenciamento adequado, com definição da forma de armazenamento temporário, manuseio e destinação final.

Procedimentos de Amostragem

As amostragens foram realizadas de acordo com os parâmetros e critérios estabelecidos pela NBR 10.007:2004 e coletadas nos seguintes locais:

- Amostra de lodo gerado na ETE: na própria saída de lodo da ETE (recirculação)
- Amostra de lodo da área de descarte do aterro: (6) seis pontos de coleta com 2 (duas) amostras por ponto (ver pontos locados em Mapa VI – Base).
- As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, acondicionadas em caixas de isopor e levadas ao laboratório, pesando cerca de cinco quilos cada amostra.
- Foram executados, ainda, os testes para determinação da solução extratora na lixiviação.

Resultados

Os resíduos em questão não apresentaram nenhuma das condições preliminares que os classificariam como perigosos, ou seja, não apresentaram reatividade, corrosividade ou inflamabilidade nas condições preliminares de análise.

Quanto ao resíduo de lodo da ETE, o mesmo não apresentou em seu extrato lixiviado quaisquer dos parâmetros listados em teores acima dos previstos pela NBR 10.004:2004. No extrato solubilizado, os parâmetros fenóis, fluoretos e surfactante excederam os teores previstos pela norma referida. Desta forma, o resíduo classifica-se como Classe II A – Não Perigoso – Não Inerte.

Em relação ao resíduo de lodo da área de descarte, o mesmo não apresentou em seus extratos lixiviados quaisquer dos parâmetros listados em teores acima dos previstos pela NBR 10.004:2004. No extrato solubilizado, o parâmetro fenóis excedeu os teores previstos pela norma referida. Desta forma, o resíduo em questão classifica-se como Classe II A – Não Perigoso – Não Inerte.

Observações relativas ao aspecto operacional

- Apesar de o lodo descartado não representar nenhum risco ambiental significativo, os parâmetros que excedem os padrões das Normas Federais podem trazer pequenos impactos negativos à região de descarte, principalmente pela frequência com que a operação é realizada no local;
- Dentre os impactos mais relevantes observados ao longo da campanha realizada merecem destaque a queima da vegetação local pela ação degradante do lodo descartado e o aspecto estético negativo da região de descarte;
- A região onde é feito o descarte do lodo possui características argilo-siltosas, o que facilita a infiltração da fração líquida do lodo, aumentando as chances de contaminação do lençol freático, apesar deste se encontrar em profundidade maior que 12 metros, conforme constatação feita pela medição do NA em alguns piezômetros existentes.

5.3. A GESTÃO DOS RESÍDUOS EM PORTO TROMBETAS

Atualmente, a gestão de resíduos sólidos urbanos em Porto Trombetas é feita pelo setor administrativo da MRN denominado TA e é operada pelo serviço de Limpeza Urbana através de contrato concedido à empresa GRSA.

De maneira geral, pode-se inferir que a gestão dos resíduos de Porto Trombetas atende satisfatoriamente à população, conforme dados obtidos no estudo de percepção ambiental aplicado, por amostragem, na comunidade e demais trabalhos de campo realizados.

A operação do sistema conta com equipamentos, maquinários e infra-estrutura adequados. Todavia, melhorias no processo atual devem ser consideradas e serão apresentadas neste relatório. O serviço de Limpeza Urbana engloba as atividades de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos de todo o complexo de Trombetas, bem como a manutenção da limpeza pública. A gestão dos resíduos industriais, também de responsabilidade da MRN, não será objeto de estudo

aprofundado neste relatório, tendo em vista que sua gestão é feita pelo setor de manutenção da MRN.

Evidenciam-se como responsabilidade do setor de Limpeza Urbana de Porto Trombetas os seguintes serviços:

- Poda;
- Capina;
- Limpeza de fossas;
- Limpeza de canaletas e bocas-de-lobo;
- Limpeza de pátios através do caminhão Pipa;
- Recolhimento de entulho de construção civil da vila;
- Coleta de sucatas domésticas;
- Coleta de lixo domiciliar e comercial;
- Coleta de lixo industrial inerte (papelão e madeiras);
- Coleta de lixo hospitalar;
- Coleta de lixo do Porto e do Aeroporto;
- Operação da UTC - Unidade de Triagem e Compostagem;
- Operação do Aterro de Resíduos Sólidos;

Como infra-estrutura básica para o serviço de limpeza urbana, Porto Trombetas dispõe dos seguintes itens:

- 02 caminhões compactadores com capacidade de 12m³ cada;
- 01 caminhão compactador com capacidade de 9 m³;
- 01 caminhão Brook com capacidade de 6m³ cada;
- 01 caminhão basculante com capacidade de 6m³;
- 01 caminhão basculante com capacidade de 5m³;
- 01 caminhão pipa com capacidade de 3.000 L;
- 01 caminhão limpa fossa com capacidade de 7m³;
- 1.000 lixeiras (vermelhas e amarelas) residenciais e públicas;

- 80 caçambas, aproximadamente, do tipo Dempster de 5 m³ de capacidade, para coleta de entulho, lixo vegetal e papelões e plásticos;
- 41 funcionários;
- 01 trator D4, com vida útil aproximada de mais 3 anos;
- 01 Unidade de Triagem e Compostagem com aproximadamente 6.000 m² de área total, com instalações de pátio de compostagem, pátio de recebimento, silo, alimentador da esteira de catação, esteira de catação, área de prensagem e estocagem, pátio de compostagem coberto e área administrativa com escritórios, banheiro, almoxarifado e refeitório, além de equipamentos necessários à operação.
- Aproximadamente 13 hectares de área para destinação dos resíduos sólidos urbanos, em terreno com características geológicas areno-siltosas;
- 01 área destinada ao escritório do serviço de Limpeza Urbana e pátio de equipamentos e caminhões;
- Equipamentos necessários à poda, capina, limpeza, EPIs, etc.

Alguns equipamentos e instalações do sistema de Limpeza Urbana de Porto Trombetas são apresentados nas figuras 5.3-1 e 5.3-2 a seguir.



Figura 5.3-1. Operação do caminhão Brook para colocação da caçamba.
Fonte: MRN



Figura 5.3-2. Pátio da Limpeza Urbana com caminhão compactador ao fundo.
Fonte: MRN

Destinado ao tratamento dos resíduos de serviços de saúde (RSS), Porto Trombetas conta com um incinerador instalado no próprio complexo hospitalar, sendo operado pela empresa Pró- Saúde, responsável pela operação do hospital. A análise deste equipamento foi alvo de um item específico deste relatório.

Em operação desde 2002, a Unidade de Triagem e Compostagem (UTC), instalada em uma área adjacente ao aterro, processa a separação de materiais recicláveis e a compostagem da matéria orgânica.

A área destinada ao aterro dos resíduos sólidos urbanos recebe os resíduos que são coletados pelo serviço de limpeza urbana (lixo domiciliar), os resíduos de construção civil e os resíduos de poda e capina, além das cinzas do incinerador hospitalar, do lodo da ETE e os rejeitos da UTC.

A coleta de resíduos domiciliares em Porto Trombetas é realizada através de um sistema implantado de separação de lixo seco e lixo úmido domiciliar e comercial. Este sistema foi implantado para facilitar o processo de separação de resíduos recicláveis na UTC e melhorar o processo de compostagem da matéria orgânica que constitui o lixo úmido.

Os resíduos sólidos urbanos são gerados basicamente em três grandes áreas de Trombetas, assim definidas:

- Área Industrial da mina: distante aproximadamente 30 Km do complexo urbano e que é responsável pelo processo de extração da bauxita. As principais instalações são as áreas de processo industrial, os escritórios, alojamentos e restaurantes;
- Área Industrial do Porto: área do complexo urbano responsável pelas instalações de alguns processos industriais, incluindo portos, aeroporto, escritórios, Igarapés, canteiros de empreiteiras e oficinas, dentre outros.
- Área Residencial e Comercial: Área do complexo urbano onde se localizam as residências, o comércio, o hospital, os escritórios de prestação de serviços, as vias públicas, a delegacia, as feiras-livres, etc.

Além destas áreas, outras pequenas áreas contribuem para a geração dos resíduos: a Área das Empreiteiras (Porto), Mina de Almeida, Minas de Aviso, Mina de Saracá.

Neste estudo, os resíduos da Área das Empreiteiras serão considerados como Área Industrial do Porto e os resíduos gerados nas outras áreas serão considerados como Área Industrial da Mina.

Área Industrial da Mina

Os resíduos sólidos gerados na área da mina são os resíduos provenientes dos restaurantes, alojamentos, escritórios, instalações de empresas contratadas e áreas de processo industrial.

Os resíduos gerados nos alojamentos, pelos operários da mina, constituem-se principalmente de lixo seco (papel, papelão, plásticos, trapos, embalagens diversas, resíduos de asseios e vidros). A geração de resíduo úmido por parte dos operários é insignificante, pois os mesmos fazem suas refeições diárias no restaurante da mina. Assim, não há separação de lixo seco e úmido. Os resíduos são depositados em lixeiras dispostas ao longo dos alojamentos.

Apenas os vidros e o lixo vegetal são acondicionados em caçambas distintas, havendo, em alguns pontos, lixeiras para plásticos. Os resíduos são coletados três

vezes por semana pelo caminhão compactador e encaminhados à Unidade de Triagem e Compostagem e ao Aterro. O lixo vegetal é coletado conforme a rotina de capina e poda e os vidros são coletados pelo caminhão Brook, uma vez por semana, e encaminhados diretamente ao aterro.

Os resíduos gerados nos restaurantes da Mina constituem-se, principalmente, dos restos de alimentos das refeições. Há também resíduos de óleos e gorduras, além de papéis, papelão, plásticos e latas em geral. Há a separação de lixo úmido (restos de alimentos), óleos, gorduras, papelão e vidros.

A coleta do lixo úmido e lixo seco é feita quatro vezes por semana pelo caminhão compactador. Os restos de alimentos são encaminhados à UTC para compostagem e o lixo seco para separação e reciclagem. Os óleos são armazenados em tambores, coletados pelo TAM e encaminhados ao Seiri (TCM), para posterior envio por navio à cidade de Belém. A gordura que é despejada na caixa de gordura do restaurante é coletada quinzenalmente pelo caminhão limpa-fossa e encaminhada para o aterro. Os vidros são armazenados em caçambas, coletados pelo caminhão Brook uma vez por semana e encaminhados ao aterro.

O lixo público gerado em toda área industrial da mina constitui-se, basicamente, de lixo vegetal originado das capinas, podas e limpezas de canaletas e bocas-de-lobo, além de lixo seco gerado pelos operários, dispostos em lixeiras de vias públicas. São armazenados, coletados e transportados mediante demanda ou cronograma de rotina para capina, poda e limpeza.

Na área da mina há também a geração de entulho de obras, oriundo de reformas civis, realizadas nas diversas instalações locais. São normalmente armazenados em caçambas, tambores e *containers* e transportados por diversos tipos de caminhões para a área do aterro.

Constituem-se, basicamente, de madeiras, tijolos, pedras, concretos, argamassa, e outros materiais inertes. O entulho gerado pelas empresas contratadas é transportado pelas próprias empresas e despejado na área disposta para entulho no aterro.

Área Industrial do Porto

Os resíduos sólidos gerados na área industrial do porto são os resíduos provenientes dos escritórios e áreas de processo industrial, bem como instalações de apoio ao complexo urbano como, por exemplo, portos, aeroportos, ETE, ETA e igarapés, dentre outros.

Os resíduos gerados no aeroporto e nos portos de passageiros são armazenados em lixeiras. São coletados pelo caminhão compactador três vezes por semana e encaminhados para área do aterro.

Os resíduos gerados nos escritórios, setores industriais e demais instalações constituem-se principalmente de papel, papelão, plásticos, vidros, embalagens diversas e resíduos originados de asseio de funcionários.

Em algumas áreas de lazer, como os igarapés, há a geração de lixo úmido proveniente, principalmente, das cozinhas dos restaurantes/lanchonetes instalados. O lixo destes locais é disposto em lixeiras comuns e caçambas. São recolhidos pelos próprios comerciantes e usuários e dispostos nas lixeiras ou caçambas na vila residencial. São recolhidos pela mesma equipe de coleta de resíduos da vila.

Todavia, na área industrial do porto não há separação de lixo seco e úmido, com exceção de alguns locais, onde os resíduos, como por exemplo, copos descartáveis e vidros, são dispostos em compartimentos específicos. A coleta dos resíduos é feita três vezes por semana pelo caminhão compactador e pelo Brook (para os resíduos dispostos em caçambas) e encaminhados para o aterro.

Evidencia-se na área industrial do porto a geração de entulho de obras, oriundo de reformas civis, realizadas nas diversas instalações locais. A coleta, transporte e destinação deste entulho seguem a mesma rotina da área industrial da mina.

Área Residencial e Comercial

Os resíduos sólidos gerados na área residencial e comercial são os resíduos provenientes dos restaurantes CD e CH, vilas residenciais, alojamentos, comércio, hospital e ambulatórios, feiras e clubes, dentre outros.

Alojamentos: Os resíduos gerados nos alojamentos constituem-se, principalmente, de lixo seco (papel, papelão, plásticos, trapos, embalagens diversas, resíduos de asseios e vidros). Não há separação de seco e úmido. Os resíduos são depositados em lixeiras vermelhas dispostas ao longo dos alojamentos. Apenas os vidros e o lixo vegetal são acondicionados em caçambas distintas. Os resíduos são coletados três vezes por semana pelo caminhão compactador e encaminhados à Unidade de Triagem e Compostagem e ao Aterro.

O lixo vegetal é coletado conforme a rotina de capina e poda e os vidros são coletados pelo caminhão Brook, uma vez por semana, e encaminhados diretamente ao aterro.

Residências: Cada residência dispõe de duas lixeiras, uma amarela para o lixo úmido e outra vermelha para o lixo seco. Nas ruas das vilas evidenciam-se caçambas em locais estratégicos para recolhimento de entulho, papelões e lixo vegetal.

O lixo úmido é coletado pelo caminhão compactador todas as segundas, quartas e sextas feiras e é encaminhado para a compostagem. O lixo seco é coletado às terças e quintas-feiras pelo caminhão compactador e encaminhado para a UTC. As caçambas com lixo vegetal e vidros são coletadas pelo caminhão Brook cinco vezes por semana e uma vez por semana, respectivamente, e encaminhadas para o aterro.

Constatou-se em vários locais a disposição indevida de resíduos pelos moradores. Em alguns casos, apesar do aviso de atenção sobre quais os resíduos permitidos, constantes em uma placa localizada ao lado da caçamba, o mesmo foi ignorado. Determinadas caçambas, destinadas exclusivamente ao recolhimento de lixo vegetal são utilizadas indevidamente, por alguns moradores, como acondicionamento de lixo domiciliar. Percebeu-se, ainda, que grande parte do lixo recolhido na vila apresentou-se misturado, ou seja, composto por lixo úmido e seco.

Os resíduos gerados nos estabelecimentos comerciais, como bares e restaurantes, também são armazenados em lixeiras comuns para secos e úmidos. Em alguns casos há o armazenamento separado, como no caso do Restaurante late.

O centro comercial dispõe de caçamba para a deposição de papelão, devido ao volume elevado de resíduos gerados, principalmente pelo supermercado, funcionando, assim, como uma estação de transbordo. Entretanto, não há padronização dos coletores e muitos não possuem tampa para evitar a entrada de água da chuva.

O entulho de obras, oriundo das reformas civis na área residencial, é depositado em caçambas específicas ou em locais temporários e, posteriormente, é recolhido pela Limpeza Urbana e encaminhado para a área do aterro.

Os vasilhames de óleo lubrificante são depositados num ponto de coleta localizado ao lado do supermercado, sendo coletados pela Limpeza Urbana e transportados para um local denominado Seiri (TCM).

Os resíduos industriais gerados nas áreas da mina e do porto são armazenados em pontos específicos, coletados pelo TAM e destinados, também, ao Seiri.

Os óleos para fritura, usados nos restaurantes, são armazenados em tambores, na própria área dos restaurantes. As lâmpadas, baterias e cartuchos de tintas são depositados em pontos específicos localizados ao lado do supermercado e na feirinha.

A figura 5.3-14 demonstra o local de deposição de vasilhames de óleos, lâmpadas e baterias, dentre outros, no centro comercial.



Figura 5.3-14. Ponto de coleta de resíduos especiais.
Fonte: MRN

Constatou-se a necessidade da criação de mais pontos para o recebimento de resíduos especiais na vila, além do reposicionamento de algumas lixeiras específicas, como no caso da figura 5.3-15, a seguir.



Figura 5.3-15. Local inadequado para lixeira de recolhimento de baterias.
Fonte: MRN

Todos os resíduos encaminhados para o Seiri, de responsabilidade do TAM, são transportados de balsa para Belém, através da empresa transportadora chamada Linave, para uma destinação adequada.

Percebe-se que Porto Trombetas conta com diversos tipos de lixeiras de cores variadas. Existem lixeiras de metal com ou sem tampa, lixeiras de madeira, tambores médios e grandes, *containers*, caçambas, lixeiras de plástico com ou sem tampa, dentre outras, evidenciando a necessidade de padronização dos recipientes.

A figura 5.3-16, a seguir, mostra o pátio de embarque das carretas de sucatas e resíduos industriais (Seiri).



Figura 5.3-16. Pátio de embarque de sucatas industriais
Fonte: MRN

Segundo informações levantadas no trabalho de campo a padronização para a coleta domiciliar é a seguinte: lixeiras amarelas para o lixo úmido e lixeiras vermelhas para o lixo seco.

Entretanto, constatou-se que, efetivamente, não há uma padronização para este processo. Alguns locais invertem as cores e outros, onde não há coleta segregada de seco e úmido, utilizam recipientes de cores variadas, diferentes do vermelho e do amarelo.

5.4. A CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A caracterização dos resíduos sólidos é um fator relevante no contexto de projetos que objetivem o estudo dos resíduos sólidos urbanos de uma determinada população.

As características do lixo variam em função de vários fatores, como por exemplo, aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos. Portanto, podem variar de acordo com cada comunidade ou cidade e variar, também, em segmentos dentro destas comunidades ou cidades. A análise do lixo pode ser realizada segundo suas características físicas, químicas e biológicas, dependendo do objetivo do trabalho.

5.4.1 A Composição Gravimétrica

Para o trabalho, fez-se necessário um estudo das características físicas do lixo gerado pela comunidade de Porto Trombetas, obtendo-se subsídios para a avaliação do dimensionamento dos sistemas de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

Pela inviabilidade da análise de todo o volume gerado, faz-se a escolha de uma amostra que melhor representasse a geração de resíduos da comunidade em estudo.

Metodologia Utilizada na Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos

A composição gravimétrica é um dos métodos utilizados na caracterização física do lixo e tem o objetivo de traduzir o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra analisada.

Foram feitas duas campanhas de campo para a determinação da composição gravimétrica, onde foram coletadas várias amostras do lixo domiciliar e comercial, em diversos pontos da Vila de Porto Trombetas.

A primeira campanha realizou-se em dois dias com amostras de lixo úmido das vilas e restaurante (CD) e o último dia com amostras de lixo seco das vilas.

O objetivo desta primeira campanha foi à compreensão inicial da situação, tanto da segregação do lixo na fonte (separação feita pelos moradores) quanto da operação (transporte, triagem e disposição).

A segunda campanha realizou-se em dois dias, foram coletadas várias amostras de lixo ao longo de todas as vilas de Trombetas para a composição do lixo seco.

As amostras de lixo foram recebidas na UTC logo após terem sido coletas nas vilas pelo sistema convencional, perfazendo-se um total de, aproximadamente, 2m³ em cada dia. Após o quarteamento, junção de duas partes e a obtenção de novas amostras de aproximadamente 1m³, efetuou-se a composição gravimétrica da amostra com a triagem de cada fração previamente determinada (matéria orgânica, papel, papelão, plásticos, metais, vidros, outros). Da mesma forma, realizou-se a análise da amostra de lixo úmido.

Os equipamentos utilizados para a realização da composição gravimétrica foram: EPIs, lona plástica, sacolas, balanças, enxadas e materiais de escritórios.

Logo após a separação, as diferentes frações foram pesadas e o percentual de cada fração calculado em relação ao peso total de cada amostra. Ao término da pesagem das amostras, todo o material foi prontamente descartado ao aterro.

A figura **5.4.1-1** mostra a realização da composição gravimétrica.



Figura 5.4.1-1. Realização da composição gravimétrica.
Fonte: MRN

Resultados

Os resultados parciais obtidos na composição gravimétrica estão apontados no figura 5.4.1-1 a seguir. Já o figura 5.4.1-2 demonstra o resultado geral da composição gravimétrica, obtido pela média dos resultados parciais.

Figura 5.4.1-1. Resultado parcial da composição gravimétrica.

RESULTADO PARCIAL DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM PORTO TROMBETAS					
Frações	Componentes	Lixo Seco Vila		Lixo úmido Restaurantes	
		PESO(Kg)	%	PESO (Kg)	%
Matéria Orgânica Putrescível	Resto de Alimentos	19,6	14,66	195,5	80,8
	Madeira	1,2	0,9	0,1	0,0
Papel e Papelão	Papéis recicláveis	14,2	10,6	3,7	1,5
	Tetra Pak	2,5	1,9	0,9	0,4
	Papelões	16,6	12,4	4,5	1,9
Plásticos	Plástico maleável	8,8	6,6	12,3	5,1
	Plástico rígido	7,2	5,4	1,7	0,7
	PET	4,8	3,6	0,1	0,0
Metais	Alumínio	1,6	1,2	1,2	0,5
	Metais Ferrosos	7	5,2	0,9	0,4
Vidros	Vidros em Geral	9,1	6,8	1,0	0,4
Outros	Trapos, borracha, rejeitos, ossos, etc.	29,7	22,2	9,9	4,1
	Isopor	0,7	0,5	0,4	0,2
	Papel toalha/Fraldas	10,7	8	9,8	4,1
Total		133,7	100	242	100

Fonte: MRN

Figura 5.4.1-2. Resultado geral da composição gravimétrica.

RESULTADO PARCIAL DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM PORTO TROMBETAS			
Frações	Componentes	PESO (Kg)	%
Matéria Orgânica Putrescível	Resto de Alimentos	215,1	57,3
	Madeira	1,3	0,3
Papel e Papelão	Papéis recicláveis	17,9	4,8
	Tetra Pak	3,4	0,9
	Papelões	21,1	5,6
Plásticos	Plástico maleável	21,1	5,6
	Plástico rígido	8,9	2,4
	PET	4,9	1,3
Metais	Alumínio	2,8	0,7
	Metais Ferrosos	7,9	2,1
Vidros	Vidros em Geral	10,1	2,7
Outros	Trapos, borracha, rejeitos, ossos, etc.	39,6	10,5
	Isopor	1,1	0,3
	Papel toalha/Fraldas	20,5	5,5
Total		375,7	100

Fonte: MRN

5.4.2 Peso Específico Aparente

O peso específico é a relação entre a massa e o volume do lixo, e é expressa em Kg/m³. O cálculo desta relação auxilia no dimensionamento da frota de coleta, bem como dos meios de transporte, tratamento e área necessária para a disposição final dos resíduos.

Portanto, o figura 5.4.2-1 apresenta os resultados do peso específico dos lixos seco vila, úmido da vila e úmido do restaurante.

Figura 5.4.2-1. Densidade aparente dos resíduos de Porto Trombetas

DENSIDADE APARENTE DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS COLETADOS PELA LIMPEZA URBANA		
Lixo Seco Vila	Lixo Úmido Vila	Lixo Úmido Restaurantes
111 Kg/m³	426 Kg/m³	695 Kg/m³

Fonte : MRN

5.4.3 Cálculo da Geração Per Capita

O cálculo da geração per capita expressa a quantidade de lixo gerada por habitante num período de tempo especificado, normalmente referenciado ao dia. É importante para o planejamento de todo o sistema de gerenciamento de resíduos, com notória influência na projeção de medidas ao longo do tempo. Através deste cálculo, projeta-se o dimensionamento de todos os equipamentos, instalações e unidades do sistema de Limpeza Urbana.

Utilizaram-se, como premissas básicas para o cálculo da geração per capita de Porto Trombetas, os dados obtidos nos controles de produtividade e recebimento de resíduos sólidos da UTC, os quais se referem ao lixo seco da vila, lixo úmido da vila, lixo úmido restaurante e geração de vidros, que são coletados e destinados separadamente. Considerou-se ainda uma população atual de 6.500 habitantes.

Destaca-se que o sistema de coleta de resíduos de Porto Trombetas não conta com nenhuma balança para o controle de quantidade de resíduos recebidos na UTC e no Aterro.

A figura 5.4.3-1 a seguir demonstra os dados utilizados no cálculo da geração per capita de resíduos de Porto Trombetas.

Figura 5.4.3-1. Geração per capita em Porto Trombetas.

QUADRO DE GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS DE PORTO TROMBETAS				
Tipo de resíduos	Densidade Aparente	Geração Mensal (volume médio)	Peso (ton/mês)	Geração Per capita (diária)
Lixo seco Vila	111 Kg/m ³	557 Kg/m ³ /mês *	61,83	0,32
Lixo Úmido Vila	426 Kg/m ³	17,46 Kg/m ³ /mês **	7,44	0,04
Lixo Úmido Restaurante	695 Kg/m ³	20,36 m ³ /mês **	14,15	0,07
Vidros	2.550 Kg/m ³ ***	6,67 m ³ /mês *	17,00	0,09
TOTAL				0,52 Kg/hab.dia
* Dados da média obtida pelo demonstrativo de produtividade da MRN				
** Dados da média obtida pelos resíduos recebidos na UTC/MRN				
*** Dado médio da variação 2,4 ~2,7 sobre a densidade do vidro				
Fonte: MRN				

Com base nos dados obtidos, tem-se uma geração per capita de resíduos sólidos domiciliares de Porto Trombetas de 0,52 Kg/hab.dia. Nota-se que esta geração está coerente com os dados de geração de resíduos sólidos domiciliares no Brasil, onde são estimado 0,6 kg/hab.dia, segundo levantamentos do IBGE.

Contudo, considerando-se os resíduos públicos, de limpezas de canaletas e bocas-de-lobo (que apresentam grande quantidade de terra na sua composição), estimou-se uma geração per capita de 0,9 kg/hab/dia para Porto Trombetas. Objetivava-se ainda, com esta estimativa, um dimensionamento com margem de segurança do aterro sanitário em valas.

5.5 A UNIDADE DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM E O ATERRO

5.5.1 Unidade de triagem e Compostagem

A Unidade de Triagem e Compostagem (UTC) de Porto Trombetas está instalada em uma área adjacente ao aterro de resíduos e processa a separação de materiais recicláveis, além da compostagem da matéria orgânica recebida.

A UTC conta com um prédio administrativo que possui 01 escritório, 01 refeitório, 02 banheiros e 01 almoxarifado para guarda de materiais além de um poço profundo com bomba e caixa d'água para auxiliar os processos de limpeza da UTC. Possui uma área de processamento do material recebido pela coleta da limpeza urbana.

Existe um silo de 13,4 m³ que recebe o lixo despejado dos caminhões, 01 esteira de triagem e uma área de prensagem e estocagem do material reciclado.

Dispõe, ainda, de um pátio de compostagem com 600m² sendo 400m² cobertos e 200m² descobertos, onde são manejadas as leiras de produção do composto orgânico e possui também uma área de peneiramento e estoque do composto maturado.

É operada de segunda a sábado e conta com 08 funcionários, incluindo operação e administração. As segundas, quartas e sextas-feiras são designadas para a triagem do lixo úmido da vila e dos restaurantes, a partir do qual é produzido o composto orgânico. Já as terças, quintas e sábados são feito o recebimento e triagem do lixo seco, do qual são separados papelões, plásticos rígidos, garrafas PET, e latinhas de

alumínio. Este material, após separação e prensagem, é estocado em um galpão para posterior doação à entidade assistencial cadastrada pela Mineração Rio do Norte.

O processo de triagem, bem como algumas instalações, está ilustrado na figura 5.5.1-1 a seguir. Percebe-se, em primeiro plano, a esteira com os resíduos orgânicos oriundos do restaurante. Logo após, a triagem sendo realizada pelos funcionários da UTC e ao fundo o galpão de estocagem do material reciclado.



Figura 5.5.1-1. Processo de triagem na UTC.
Fonte: MRN

Observaram-se problemas técnicos e operacionais na UTC que impactam diretamente o processo produtivo da unidade, principalmente em relação à produção do composto orgânico.

Percebeu-se falha no processo de trituração dos resíduos orgânicos, com a presença de pedaços inteiros de material orgânico.

Importante destacar que, em uma das visitas, pôde-se observar o recebimento de material excessivamente úmido. O transporte dos resíduos era feito em caçamba sem lona plástica de cobertura e estava chovendo. Como resultado, após a trituração deste carregamento, o material adquiriu a consistência pastosa. Para a formação da leira foi utilizado o capim úmido em estoque, inviabilizando o início do processo de compostagem.

Para a formação das leiras, cobertura e correção do balanço Carbono/Nitrogênio será necessário o processamento do material originado das podas e capinas. Constatou-se que a máquina trituradora de capim e galhadas encontra-se inoperante devido a problemas técnicos, devendo ser reparada ou substituída.

No processo de formação das leiras, o material triturado é misturado com capim recolhido da capina da limpeza urbana que se apresentava úmido ou mesmo encharcado nas datas das visitas. Tal fato, associado à umidade ambiente, mantém as leiras com um alto teor de umidade por vários dias, ocasionando o aparecimento de moscas e larvas em todo pátio de compostagem comprometendo, assim, o processo biológico de produção do composto.

No processo de monitoramento, constatou-se que o aparelho medidor de temperatura e umidade, modelo Rotronic Higrólog NT2 com sonda, não opera em condições satisfatórias, apresentando problemas em relação à medição de umidade, não fornecendo medições precisas.

A compostagem é um processo que deve acontecer sob um controle sistemático e intensivo, podendo ser afetada por diversos fatores físico-químicos e operacionais que devem ser considerados. Neste contexto, outro ponto relevante observado é a falta de preparo técnico do pessoal envolvido no processo. O não conhecimento sistêmico do processo por parte dos operadores dificulta a identificação de aspectos que interfiram negativamente na compostagem, impedindo a tomada de decisão imediata de ações corretivas e preventivas.

A figura **5.5.1-2**, a seguir, demonstra o processo de formação da leira misturada com capim. Percebe-se ao fundo a disposição das leiras já formadas e sua conformação.

A figura **5.5.1-3** mostra o local de tratamento do chorume gerado a partir das leiras. Este processo de tratamento de chorume também recebe a contribuição de águas pluviais.



Figura 5.5.1-2. Formação das leiras com adição de capim.
Fonte: MRN



Figura 5.5.1-3. Tratamento de chorume da UTC
Fonte: MRN

Outro aspecto relevante observado refere-se à inexistência de uma balança rodoviária para pesagem do material recebido na UTC e no Aterro. Este equipamento é de suma importância na padronização da composição das leiras bem como do controle do volume de material destinado ao aterro. Atualmente, o controle do material recebido na UTC é feito em volume (m^3) medido no silo de entrada e, através de um fator de conversão, obtém-se o peso do material.

Este mesmo processo é utilizado para os resíduos que são direcionados diretamente para o aterro, como no caso de entulhos. Entretanto, estes resíduos não têm densidades conhecidas, então não são utilizados fatores de conversão para peso, apenas o volume (m^3).

5.5.2 O Aterro

A área do aterro dista aproximadamente 3 km da área residencial de Porto Trombetas e possui aproximadamente 13 hectares. Esta área é utilizada há 20 anos para o aterro dos resíduos e segundo informações locais. Antes da operação do aterro havia uma fazenda instalada no local.

Seu acesso é feito pela rodoferrovia que liga a área do porto à área da mina. Todos os resíduos sólidos urbanos de Porto Trombetas são descartados na área do aterro, conforme demonstram as figuras 5.5.2-1 e 5.5.2-2, exceto os resíduos que são reaproveitados ou que possuem outra destinação final adequada, como é o caso dos resíduos industriais.



Figura 5.5.2-1. Área do aterro de resíduos sólidos.
Fonte: MRN



Figura 5.5.2-2. Descarte de resíduos para aterramento.
Fonte: MRN

Os resíduos domésticos são depositados em valas escavadas no terreno natural e cobertos com uma camada de terra, sem nenhuma compactação. O aterro não prescinde de nenhum sistema de coleta e tratamento do chorume, assim como de drenagem e queima do biogás. Os entulhos, madeiras e resíduos de poda e capina são depositados na mesma área, porém em local distinto, sem cobertura ou compactação. São despejados diretamente no solo pelos caminhões, formando pilhas disformes e sem possibilidade de caracterização.

A figura 5.5.2-3 demonstra o local destinado ao aterro de entulho e diversos materiais inertes.



Figura 5.5.2-3. Local de aterro para material inerte.
Fonte: MRN

5.5.3. Os Estudos Realizados

Para a elaboração do Projeto Básico do Aterro, as devidas adequações na UTC, e conseqüentemente um direcionamento para o novo modelo de gestão de resíduos proposto, foram realizados os seguintes estudos em conformidade à ABNT 13896/2007. Esta norma “fixa as condições mínimas exigíveis para projetos, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores dessas instalações e populações vizinhas”.

- Estudo Topográfico;

- Caracterização Geológica;
- Caracterização Geotécnica;
- Caracterização Hidrogeológica e Levantamento das Coleções Hídricas;
- Levantamento das características climatológicas da área.

A seguir, o detalhamento destes estudos:

5.5.3.1 Estudo Topográfico

Os trabalhos consistiram no levantamento planialtimétrico para o estudo na área da Unidade de Triagem e Compostagem e área do Aterro, executados com a utilização de receptores GPS para a implantação de base de partida, necessária aos levantamentos por métodos convencionais, com a utilização de estação total.

Através de poligonização topográfica obteve-se o levantamento planialtimétrico cadastral para lançamento de curvas de nível de metro em metro, cadastramento de acessos, área de preservação permanente, corpos hídricos, piezômetros e construções.

Adotou-se o sistema de coordenadas planas na projeção UTM; Elipsóide – SAD/69; Datum – CHUÁ; Fuso – 21, cujas coordenadas estão relacionadas no figura 5.5.3.1-1 a seguir.

	Coor. (E)	Coor. (N)	Altitudes (H)	Observações
MO	569.020,25	9.834.155,10	69,297	Marco
M1	569.221,29	9.834.061,02	78,152	Marco
E2	569.162,51	9.833.965,97	78,216	Ponto poligonal
E3	569.091,22	9.833.883,33	77,824	Ponto poligonal
E4	569.055,17	9.833.800,89	79,108	Ponto poligonal
E5	568.939,31	9.833.699,32	79,717	Ponto poligonal
E6	568.879,25	9.833.732,00	86,709	Ponto poligonal
E7	568.807,09	9.833.760,79	88,169	Ponto poligonal
E8	568.868,12	9.833.851,63	84,133	Ponto poligonal
PZ2	569.075,03	9.833.834,20	77,824	Piezômetro
PZ3	569.145,32	9.833.804,97	-	Piezômetro
PZ4	568.993,65	9.833.743,76	79,717	Piezômetro
PZ5	569.063,15	9.833.698,38	75,079	Piezômetro
PZ6	568.875,55	9.833.906,02	-	Piezômetro

5.5.3.2 Caracterização Geológica

O substrato geológico da região de Porto Trombetas é representado pela Formação Alter do Chão, composta por sedimentos flúvio-lacustres cuja ocorrência e distribuição geográfica encontram-se ilustradas no **Mapa V – Geologia – ANEXO 7 ALTIMETRIMETRIA**

Os sedimentos da Formação Alter do Chão constituem-se de pacotes areníticos intercalados com níveis pelíticos e conglomeráticos (Tancredi, 1996, in: Almeida, C.M. & Pinheiro, R.V.L., 2007). Daemon & Contreiras (1971, in: Almeida & Pinheiro, op.cit.) apontam idade cretácea para as rochas desta formação, enquanto que Caputo et al. (1972, in: Almeida & Pinheiro, op. cit.) admitem que somente a porção estratigráfica superior desta unidade seria terciária, sendo a sua parte inferior da mesma idade cretácea. Localmente, na área de estudo em apreço, encontram-se intemperizados, constituindo-se horizontes profundos de latossolos amarelos de natureza arenosilto-argilosa.

O latossolo amarelo de ocorrência regional nas áreas de interflúvios dos plateaux amazônicos foi estudado por Sombroek (1966, in: Ker, J.C., 1998), tendo sido associado ao tipo “kaolinitic yellow latosols”, onde normalmente se desenvolveu a partir de sedimentos do Grupo Barreiras (Plio-Pleistoceno) e da Formação Alter do Chão – ocorrência local supra referida.

Segundo Ker (1998, op.cit.) os latossolos em pauta “englobam solos profundos, amarelos, com matizes do horizonte B entre 7,5YR e 10YR (sistema de cor de Munsell), caulínicas”, cujo teor na fração argila apresenta-se superior a 80% (Sombroek, op.cit.), de textura com extremos de argila de 15% a 95% (Oliveira et al., 1992; Rodrigues, 1996, in: Ker, op. cit.).

Estudos hidrogeológicos recentes sobre a hidroquímica do Aquífero Alter do Chão, foram conduzidos por SILVA, M.L.(2001) com o objetivo de caracterizar e avaliar a qualidade de sua água subterrânea na região de Manaus, mediante a seleção de amostragens em poços tubulares profundos, captando águas dos estratos permeáveis Alter do Chão mais profundos (profundidade média de 147m e com cimentação entre

40m e 130m), com a aferição de parâmetros físicos, físico-químicos e químicos das águas captadas, cujos resultados a seguir itemizados:

- O pH revelou-se ácido, entre 4,3 e 5,7 e similar ao das águas de chuva da região, entre 4 e 5,3 (Forti & Moreira-Nordemann, 1991, in: Silva, op. cit) e com valores análogos ao pH dos rios de água preta encontrados por Santos e Ribeiro (1988, in: Silva, op.cit.). Tal característica para as águas estudadas possivelmente seja explicada pela correlação com a composição mineralógica das rochas do aquífero, da cobertura vegetal, da recarga rápida e do processo de interação água-rocha/solo.
- A condutividade elétrica teve variação entre 11,1 $\mu\text{S/cm}$ e 53,40 $\mu\text{S/cm}$ (média de 34,21 $\mu\text{S/cm}$), resultados que se revelaram compatíveis com os estudos hidroquímicos realizados por Santos e Ribeiro (1988, in: Silva, op. cit) e Silva (1999, in: Sila, op.cit.) que também demonstraram o baixo conteúdo de sais dissolvidos, comparável ao das águas pluviais, influenciado pelas condições naturais do escoamento e infiltração, da alta precipitação pluviométrica, da evapotranspiração e da pobreza química dos materiais percolados.
- As concentrações dos íons fundamentais, tais sejam os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} e os ânions Cl^{-} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , foram baixas, conforme ilustrado na figura **5.5.3.2-1**. Verifica-se uma tendência natural para um aumento de concentração, em *pari passu* com a profundidade da água captada no Aquífero Alter do Chão. Dentre os cátions, o Ca^{2+} variou de 0,224 a 2,100 mg/L (média de 0,913 mg/L=0,045meq/L); análises de águas de troncos e do lençol freático conduzidas por Santos et al. (1981, in: Silva, op. cit.) em ecossistemas florestais perto de Manaus sugeriram que o Ca^{2+} circula num sistema fechado, se tornando imobilizado, principalmente, nas folhas velhas das plantas (freqüentemente na forma de oxalato de cálcio, fosfato de cálcio e sais orgânicos. Por sua vez, o Mg^{2+} teve valor mínimo de 0,087 e máximo de 2,061 mg/L (média de 1,087 mg/L=0,090meq/L), o Na^{+} de 0,500 a 1,200 mg/L (média 0,885 mg/L= 0,040meq/L) e o K^{+} , o elemento de maior concentração, variando de 0,100 a 13,400 mg/L(média de 8,557 mg/L(=0,220meq/L).

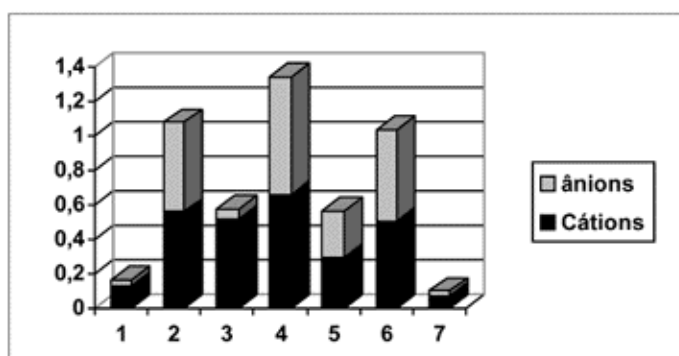


Figura 5.5.3.2-1. Distribuição das concentrações dos cátions e ânions nos poços amostrados.

- Nas águas subterrâneas do aquífero em pauta, amostradas em águas de poços profundos selecionados anteriormente referidos, os valores médios de concentração obtidos para os principais cátions, apresentam a seqüência $K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^+$; condição não muito comum para águas subterrâneas, uma vez que o potássio ocorre em rochas em geral sob forma mineralógica não facilmente solubilizável; contudo, uma vez solubilizado, o K^+ pode-se tornar recombinável com outros produtos de intemperismo, particularmente os minerais argilosos, conforme sugere Sinelli (1970, in Silva, op. cit.), ao mostrar a tendência do potássio em estar sempre presente nos sedimentos argilosos em proporções maiores do que nas rochas ígneas.
- O argilomineral dominante nos solos da região é a caulinita (Damião et al., 1972; entre outros), indicando condições da existência de silicatos de alumínio que fixam o magnésio. Os cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) apresentam teores muito baixos nos latossolos pesquisados em profundidade, apresentando teores relativamente maiores apenas nos horizontes superficiais do solo, sendo o Mg^{2+} ligeiramente de maior teor. Moraes e Costa (1997, in: Silva) ao estudarem o caulim de Manaus-Itacoatiara verificaram a seqüência de concentração relativa de cátions segundo a ordem decrescente de $Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+ > Na^+$.
- Os resultados de dureza caracterizam águas brandas, as quais apresentaram variação entre 2,670 mg/L e 15,263 mg/L (média 7,908 mg/L); verificando-se uma tendência de aumento da sua concentração com a profundidade da água captada nos poços. Para as amostras coletadas nos poços profundos, o teor de Fe^{2+} variou de 0,005 mg/L a 0,441 mg/L (média 0,072 mg/L), enquanto o Ferro total, de 0,005 mg/L a 0,959 mg/L (média de 0,167 mg/L).

- Para todas as amostras, o teor de SO_4^{2-} foi inferior ao limite de detecção, correspondente a 0,1 mg/L, verificando-se, em termos de valores médios, que o Cl^- corresponde ao segundo ânion mais abundante (média 1,095 mg/L). O valor médio de HCO_3^- das águas amostradas é igual a 18,73 mg/L. Para todos os poços, esses valores estão bem abaixo do limite mínimo de potabilidade utilizado no Brasil, que é de 250 mg/L.
- Os resultados referentes ao NH_4^+ apresentaram homogeneidade e, quanto aos teores de NO_3^- , o mesmo variou de 0,010 mg/L a 0,103 mg/L (média 0,058 mg/L). A concentração de SiO_2 variou de 4,681 mg/L a 9,236 (média de 7,828 mg/L), apresentando correlação com a temperatura e pH das águas estudadas.
- Em retrospectiva, Silva (1999, in; Silva, op. cit.), estudando águas subterrâneas de Manaus, verificou a seqüência $\text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ (Figura 3), de igual similitude à encontrada por Hardy (1980) e Santos e Ribeiro (1988) para lagos de "terra firme" da região do rio Negro e rios de água preta, em período de seca, respectivamente; tendo sido evidenciado, no período chuvoso, o ganho de K^+ e Mg^{2+} em relação ao Na^+ e ao Ca^{2+} , levando a se presumir como de maior significância, uma infiltração efetiva maior ao longo do período chuvoso, como seria de se esperar. A concentração relativamente alta de K^+ , Na^+ e Mg^{2+} nos rios de água preta, segundo Santos et al. (1981) e Santos e Ribeiro (1988, op. cit.), é devida ao intemperismo do feldspato, lavagem das folhas, caules, troncos e decomposição orgânica. Franken et al. (1985, in Silva, op. cit.) verificaram um aumento considerável de alguns cátions e ânions oriundos da água de chuva ao passarem pela cobertura vegetal: o acréscimo foi de 45% de Cl^- , 89% de NH_4^+ , 76% de Na^+ e 11% de K^+ enquanto que as perdas observadas nas águas drenadas, mostraram-se muito pequenas.
- Quanto à concentração aniônica das águas subterrâneas de Manaus, Silva (1999, op. cit) verificou a seqüência: $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ no período seco; diferentemente ($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$) do encontrado por Silva (1996) em águas de igarapés da mesma região, onde se verifica o ganho de HCO_3^- e a similaridade com a seqüência para os teores deste estudo ($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$); o que vem indicar condições de

não confinamento do Aquífero Alter do Chão e a rápida infiltração das águas pluviais e/ou superficiais, no substrato permeável.

5.5.3.3 Caracterização Geotécnica

Na avaliação da área do Aterro Sanitário, foram feitas investigações geotécnicas de campo e laboratório de modo a determinar as propriedades físicas e mecânicas dos solos. As investigações de campo foram conduzidas no período de 21 a 23 de janeiro de 2008 e constaram de reconhecimento e inspeção de campo, coleta de amostras deformadas e indeformadas e ensaios de permeabilidade “*in situ*”. As investigações de laboratório constaram da determinação do peso específico natural, umidade natural, densidade dos grãos, limites de Atterberg, granulometria e compactação.

As investigações de campo realizadas na área do aterro de resíduos e entorno demonstrou a presença de um solo sedimentar areno argiloso homogêneo em todo o domínio. Foram localizados 5 (cinco) piezômetros com $\frac{3}{4}$ ” de diâmetro interno (PVC) identificados como PZ-01 a PZ-05, além de 1 (um) poço de monitoramento de 4” (100 mm, revestido em PVC) identificado como PC-05 e 1 (um) poço mais profundo de 6” (150 mm) de PVC geomecânico identificado como PC- 04.

Os piezômetros apresentam a profundidade de 15 metros, enquanto que o poço de abastecimento PC-04 tem uma profundidade de 40 metros e o poço de monitoramento PC -05 com diâmetro útil de 100 mm tem uma profundidade de 25 metros. O perfil geológico-geotécnico do poço de abastecimento/bombeamento PC-04, denominado de PZ-40M UTC, ilustra a existência de uma seqüência de areias de granulometria fina a média e grossa com grãos sub-arredondados moderadamente a pobremente selecionados, de cor amarelada a rosa esbranquiçada até os 41 m de profundidade.

A litologia local é composta por arenitos (*sensu stricto*), arcósios, além de intercalações arenito/siltito ou arenito/argilito em menores proporções, associados à Formação Alter do Chão, anteriormente referida. A mineralogia é composta basicamente por quartzo, feldspato, minerais ferro-magnesianos e alguns minerais pesados como: rutilo, monasita, apatita e zircão.

Figura 5.5.3.3-1. Coordenadas e características construtivas dos piezômetros, poço de monitoramento e poço de bombeamento.

PONTO	COORDENADAS UTM		Z (m)	Prof. (m)	NA (m)	MATERIAL E DIÂMETRO ÚTIL
	X (m)	Y (m)				
PZ - 01	569.189	9.833.710	68,0	15,0	14.30	PVC 3/4"
PZ - 02	569.075	9.833.834	77,5	15,0	SECO	PVC 3/4"
PZ - 03	569.145	9.833.805	74,0	15,0	13.43	PVC 3/4"
PZ - 04	568.994	9.833.744	79,7	15,0	SECO	PVC 3/4"
PZ - 05	569.063	9.833.698	75,0	15,0	13.16	PVC 3/4"
PC - 04 ≡ PZ06	569.264	9.834.000	77,0	40,0	19.0	PVC 6"
PC - 05 ≡ PZ07	568.875	9.833.906	79,0	25.2	20.30	PVC 4"

Foram coletadas 5 (cinco) amostras deformadas e 5 (cinco) indeformadas utilizando um cilindro de aço biselado e realizados 8 ensaios de permeabilidade “*in situ*”.

A figura 5.5.3.3-2 apresenta a identificação das amostras e ensaios de permeabilidade, bem como as respectivas coordenadas.

PONTO	COORDENADAS UTM		OBSERVAÇÕES
	X (m)	Y (m)	
AI - 01	568.899	99.833.869	1 amostra de solo deformada e indeformada e 1 ensaio de permeabilidade in situ
AI - 02	568.723	9.833.781	1 amostra de solo deformada e indeformada e 2 ensaios de permeabilidade in situ
AI - 03	568.835	9.833.703	1 amostra de solo deformada e indeformada e 2 ensaios de permeabilidade in situ
AI - 04	568.750	9.833.742	1 amostra de solo deformada e indeformada. Não efetuado ensaio de permeabilidade
AI - 05	569.007	9.834.000	1 amostrar de solo deformada e indeformada e 1 ensaio de permeabilidade in situ
E - 06	568.935	9.833.841	1 ensaio de permeabilidade em depósitos alóctones remobilizados, antigo aterro.

Para avaliação das propriedades físicas e classificação geotécnica dos solos, foram realizados ensaios de granulometria com sedimentação, determinação dos Limites de Atterberg e índices físicos. A partir da granulometria e dos Limites de Atterberg, foi possível classificar as amostras de solos quanto ao índice de grupo, classificação rodoviária e classificação unificada dos solos.

Granulometria

Foram realizados 5 (cinco) ensaios de granulometria completa: peneiramento grosso, fino e sedimentação. A figura 5.5.3.3-3 apresenta um resumo das frações granulométricas principais e respectiva textura das amostras AI-01 a AI-05. O gráfico da figura 5.5.3.3-1 apresenta as curvas granulométricas das amostras e o gráfico trilinear da figura 5.5.3.3-2 apresenta a distribuição das amostras e a proximidade das amostras semelhantes.

Figura 5.5.3.3-3. Frações granulométricas, textura e coeficiente de permeabilidade de campo nas amostras indeformadas.

AMOSTRA	AREIA	SILTE	ARGILA	TEXTURA	K (cm/s) (ABGE, 996) *
AI - 01	54.3%	7.0%	38.7%	areia fina a média argilosa amarela	$8,4 \cdot 10^{-5}$
AI - 02	52.3%	5.8%	41.9%	areia fina a média argilosa amarela	$6,5 \cdot 10^{-4}$
AI - 03	51.8%	6.3%	41.9%	areia fina a média argilosa amarela	$2,5 \cdot 10^{-4}$
AI - 04	50,90%	6.5%	42.6%	areia fina a média argilosa amarela	-
AI - 05	62.6%	5.8%	31.6%	areia fina a média argilosa amarela	$4,4 \cdot 10^{-4}$

* teste de infiltração a carga variável.

Fonte: MRN

Observa-se que as amostras AI-01 a AI-04 apresentam uma assinatura similar nos diâmetros de areia, silte e argila, resultando em solos com mesmo padrão granulométrico. A amostra AI-05 apresenta um padrão da curva granulométrica semelhante aos anteriores, porém com menores quantidades de silte e argila. Nota-se na figura 5.5.3.3-2 que a amostra AI-05 apresenta-se mais deslocada para o campo das areias que as demais. A porcentagem de areia varia entre 50,9% (AI-04) e 62,6% (AI-05), sendo, portanto, a fração predominante, a porcentagem de silte é a menos representativa, variando entre 5,8% (AI-02 e AI-05) a 7,0% (AI-01), por fim, a fração argila apresenta uma quantidade significativa nas amostras de solo, variando entre 31,6% (AI-05) a 42,6% (AI-04). Deste modo, todas as amostras de solo podem ser denominadas como areia fina a média argilosa ou areia fina a média muito argilosa, com frações de silte.

Com relação aos valores de permeabilidade de campo (k), determinados a partir de testes de infiltração em furos a trado manual, segundo metodologia consagrada ABGE (1996), resultaram em valores variando de $8,4 \times 10^{-5}$ cm/s (AI-01) a $6,5 \times 10^{-4}$ cm/s (AI-02). Portanto, observa-se uma pequena variação nos valores de k , característicos de solos areno-argilosos, Fetter (2001).

As figuras 5.5.3.3-4 e 5.5.3.3-5 apresentam os valores dos índices físicos determinados para as 5 amostras indeformadas coletadas na área do projeto. Observa-se que a densidade dos grãos apresenta uma variação muito pequena, entre 2,639 (AI-05) e 2,667 (AI-04), resultando em valores médios de 2,651 sugerindo uma homogeneidade mineralógica das respectivas amostras. A umidade natural das amostras é em geral baixa, resultando em valores entre 15,2 e 15,3% (AI-05 e AI-02) a 22,0% (AI-04), com valores médios de 18,6%. Tendo em vista os baixos valores médios da umidade natural, observa-se que o grau de saturação, também resultou em baixos valores, variando entre 49,5% (AI-02) e 81,2% (AI-04), com um valor médio de 64,5%, verificando - se, portanto, uma dispersão bem maior que a observada na umidade.

Figura 5.5.3.3-4. Índices físicos das amostras indeformadas.

AMOSTRA	G	W	S	e	Ntotal	θ
		%	%		%	%
AI - 01	2.646	19.7%	70.2%	0.742	42.6%	29.9%
AI - 02	2.652	15.3%	49.5%	0.820	45.1%	22.3%
AI - 03	2.651	21.0%	65.2%	0.854	46.1%	30.0%
AI - 04	2.667	22.0%	81.2%	0.723	42.0%	34.1%
AI - 05	2.639	15.2%	56.2%	0.714	41.6%	23.4%

G – densidade dos grãos, w – umidade natural, S – grau de saturação, e – índice de vazios, total – porosidade total, q – umidade volumétrica natural.

Figura 5.5.3.3-5. Pesos específicos e parâmetros de compactação Proctor Normal.

AMOSTRA	Wot	ysecmax	y _{nat}	ysec	GC
	%	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	
AI - 01	2.646	19.7%	70.2%	0.742	42.6%
AI - 02	2.652	15.3%	49.5%	0.820	45.1%
AI - 03	2.651	21.0%	65.2%	0.854	46.1%
AI - 04	2.667	22.0%	81.2%	0.723	42.0%
AI - 05	2.639	15.2%	56.2%	0.714	41.6%

wot – umidade ótima, gsecmax – peso específico seco máximo, gnat – peso específico natural, gsec – peso específico seco, GC – grau de compactação.

O índice de vazios das amostras apresentou valores entre 0,714 (AI-05) e 0,854 (AI-03), com valor médio de 0,770, resultando em valores equivalentes de porosidade total entre 41,6% (AI-05) e 46,1% (AI-03), com valor médio de 43,5%, indicando uma pequena variação deste parâmetro e uma boa homogeneidade destes solos naturais. Tendo em vista o baixo grau de saturação das amostras, a umidade volumétrica apresentou valores bem inferiores aos da porosidade total, entre 22,3% (AI-02) e 34,1% (AI-04).

Como era de se esperar, tendo em vista os valores de porosidade e grau de saturação apresentado pelas amostras, o peso específico natural do solo apresentou valores característicos de solos areno-argilosos, entre 1,680 g/cm³ na amostra AI-02 e 1,888 g/cm³ nas amostras AI-04, resultando em valores médios de 1,778 g/cm³. Já os valores de peso específico seco variaram entre 1,430 g/cm³ na amostra AI-03 e 1,548 g/cm³ na amostra AI-04, resultando no valor médio de 1,499 g/cm³.

A figura **5.5.3.3-6** apresenta os Limites de Atterberg, limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP), índice de plasticidade (IP), índice de consistência (IC), índice de Atividade de Skempton (IA) e a classificação dos solos pelo Índice de Grupo (IG), *Highway Research Board* (HRB) e Sistema unificado de classificação de solos (SUCS), para todas as amostras de solo coletadas.

Figura 5.5.3.3-6. Limites de Atterberg das amostras indeformadas.

AMOSTRA	LL	LP	IP	IC	IA	IG	HRB	SUCS
AI - 01	38.5%	25.2%	13.3%	1.41	0.34	2.8	A - 6	SM
AI - 02	35.2%	23.9%	11.3%	1.76	0.27	3	A - 6	SC
AI - 03	41.4%	26.8%	14.6%	1.40	0.35	4.2	A - 7 - 6	SM
AI - 04	40.9%	27.2%	13.7%	1.38	0.32	3.9	A - 7 - 6	SM
AI - 05	31.2%	22.3%	8.9%	1.80	0.28	0.3	A - 4	SC

Observa-se que os valores de limite de liquidez (LL) apresentaram uma pequena variação, entre 31,2% (AI-05) e 41,4% (AI-03), resultando em valores médios da ordem de 37,4%, antes da Linha B (LL < 50%) e tangente a Linha A no Gráfico de Plasticidade de Casagrande, conforme mostra a figura **5.5.3.3-3**, isto é, solos de baixa compressibilidade e de baixa a média plasticidade.

Os valores de limite de plasticidade (LP) já apresentaram uma variação bem menor entre as amostras, de 22,3% (AI-05) e 27,2% (AI-04), com valor médio de 25,1%. O índice de plasticidade (IP), também apresentou pequena variação, entre 8,9% (AI-05) e 14,6% (AI-03), com a média de 12,4%. Em geral, as amostras enquadram-se no campo acima da Linha A no Gráfico de Casa grande, característico de solos argilosos (C), enquanto que algumas se situaram abaixo da Linha A, no campo característico de solos siltosos (M).

O índice de consistência (IC) define o estado físico da amostra de solo, de modo a se poder observar que todas as amostras apresentam valores superiores à unidade (1,0), sendo classificados como solos no estado semi-sólido, rijos a duros. O índice de atividade (IA) calculado para os solos apresentou valores entre 0,27 (AI-02) e 0,35 (AI-03), característico de solo de baixa atividade coloidal, ou solo inativo, apresentando a caolinita como argilomineral na sua composição mineralógica, em conformidade com os estudos anteriores aqui referidos. A classificação dos solos utilizando o Índice de Grupo (IG) resultou em dois grupos de solos, um com valor muito baixo de 0,3 (AI-05) e outro com valores mais elevados, entre 2,8 (AI-01) e 4,2 (AI-03). Utilizando a classificação rodoviária, observamos também dois grupos distintos, um A- 4 (AI-05) e outro entre A-6 e A-7-6, nas demais amostras. No sistema unificado de classificação de solos SUCS,

os solos são classificados como SM (areia argilosa de média a baixa plasticidade) e SC (areias argilosas). Em resumo, os sistemas de classificação utilizados permitiram identificar a existência de dois grupos distintos de amostras, mas bem próximos entre si. Em termos de comportamento geomecânico, tem-se que:

- SC (areia argilosa): apresentam uma boa trabalhabilidade como material de construção; baixa permeabilidade quando compactado; uma resistência regular a boa quando compactado e saturado; compressibilidade baixa quando compactada e saturada; material com características ruins a boa como material de fundação; e ruim para drenagem;
- SM (areia siltosa – areia argilosa de média a baixa plasticidade): apresentam uma trabalhabilidade regular como material de construção; semi-permeável a permeável quando compactado; uma boa resistência quando compactado e saturado; compressibilidade baixa quando compactada e saturada; material com características ruins a boa como material de fundação; e regular a ruim para drenagem.

Compactação

A figura 1.3.3-7 e a figura 1.3.3-6 apresentam os resultados dos 5 ensaios de compactação tipo Proctor Normal realizados. Observa-se que os valores da umidade ótima variaram entre 15,4% na amostra AI-05 e 17,8% a 20,2% nas demais amostras, indicando que a amostra com menor fração de argila e menor índice de plasticidade (AI-05), apresentou comportamento diferenciado quanto à compactação, como o esperado, com menores valores de umidade ótima e maiores valores de peso específico seco máximo, conforme observado no gráfico da figura 1.3.3-6. Com relação ao peso específico seco máximo, observa-se que a amostra AI-05 apresentou o maior valor 1,749 g/cm³ e as demais amostras apresentaram valores entre 1,563 (AI-04) e 1,655 g/cm³ (AI-02), resultando em um valor médio de 1,611 g/cm³.

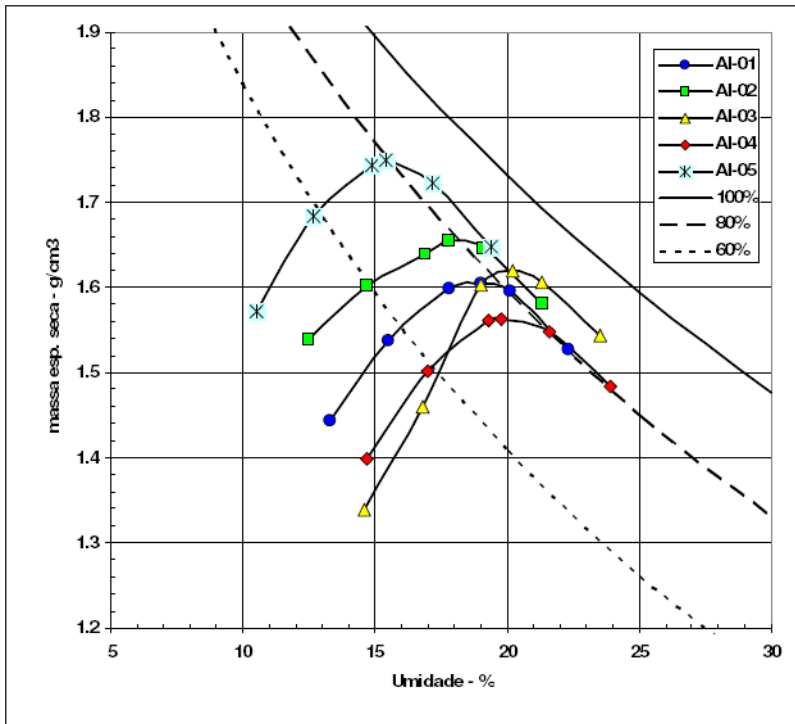


Figura 1.3.3-6. Curvas de compactação Proctor Normal.

Figura 1.3.3-6. Curvas de compactação Proctor Normal

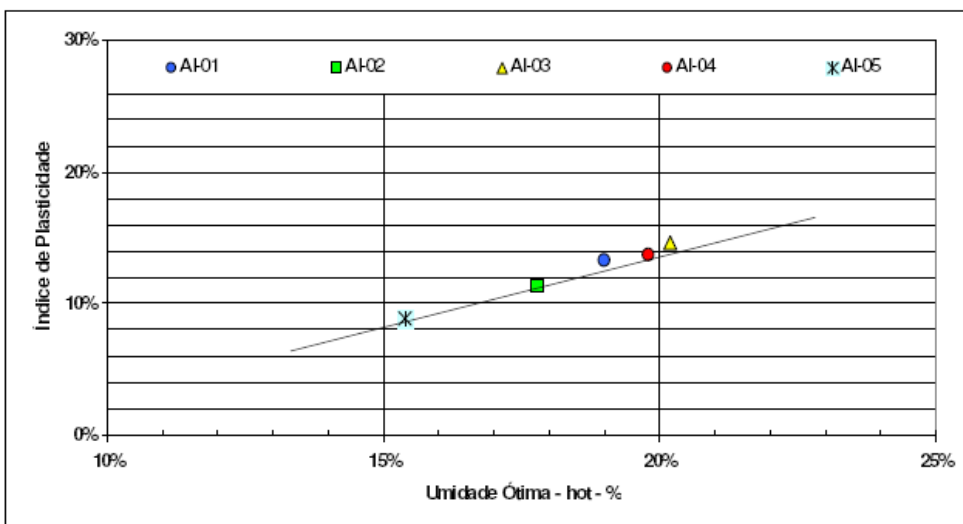


Figura 1.3.3-7. Gráfico de umidade ótima versus índice de plasticidade.

Figura 1.3.3-7. Gráfico de umidade ótima versus índice de plasticidade.

As curvas de compactação ilustram que os solos apresentaram um comportamento padrão, de modo que o aumento do peso específico seco máximo é acompanhado pela diminuição da umidade ótima. Observa-se também que a umidade ótima da amostra AI-05, pouco mais arenosa que as demais, apresenta um grau de

umidade de saturação de 80% e o ramo úmido da curva de compactação apresenta um grau de saturação de 85%. Nas demais amostras, observa-se que a umidade ótima está entre 75% e 80% do grau de saturação e o ramo úmido da curva entre 80 e 85% do grau de saturação.

O gráfico da figura **1.3.3-6** apresenta a variação da umidade ótima com o índice de plasticidade. Como era de se esperar, observa-se um aumento da umidade ótima com o IP, pois quanto maior a plasticidade da amostra, maior será a capacidade de absorção de água e maior a umidade ótima.

Por fim, como parâmetro geotécnico importante, é aqui considerado o Grau de

Compactação GC, calculado entre o peso específico seco natural e o peso específico seco máximo do ensaio de compactação de Proctor Normal: verifica-se que os valores de GC revelaram-se inferiores a 1,0, de modo que o peso específico natural é ligeiramente inferior ao valor obtido pelo Proctor Normal.

Os valores de GC variaram entre 0,881 (AI-02 e AI-05) e 0,990 (AI-04), resultando em valores de 1% a 12% inferiores ao GC. Deste modo, conclui-se que a compactação do material com a energia de Proctor Normal é suficiente para reconstituir as características naturais dos solos na região.

5.5.3.4 Caracterização Hidrogeológica

Na avaliação hidrogeológica contou-se com reconhecimentos geológicos de campo e levantamentos hidrogeológicos expeditos de campo e laboratório, no intuito de caracterizar o domínio hidrogeológico local, quanto à tipologia do aquífero local, relações rio-aquífero e dinâmica de circulação afeta à área do empreendimento e área de entorno, a sua permeabilidade (condutividade hidráulica) e características físico-químicas.

Os levantamentos hidrogeológicos contaram com a execução de medidas piezométricas de poços e piezômetros existentes na área do Aterro Sanitário e adjacências, apoiadas por levantamento topográfico efetuado no âmbito do presente estudo, seguindo-se a execução de ensaios tipo *slug test* e amostragem de águas subterrâneas e superficial para análises físico-químicas quantitativas. O substrato local

está associado aos sedimentos flúvio-lacustres da Formação Alter do Chão, anteriormente descritos, os quais saturados de água subterrânea, caracterizam um aquífero granular, poroso, do tipo livre – cujo freático, relativamente profundo nas zonas altas afetas à área do empreendimento, encontra-se à pressão atmosférica.

O aquífero em pauta possui espesso horizonte de manto de alteração, constituindo-se de um latossolo amarelo, anteriormente descrito; a rocha matriz, de natureza arenítica, não aflora na área em apreço e suas circunjabências.

A figura 5.5.3.4-1 discrimina os valores de cargas hidráulicas obtidos nos pontos de medições piezométricas, que possibilitaram a elaboração de um esboço piezométrico para a área de estudo em pauta, bem como os valores de condutividade hidráulica (k) obtidos de *slug tests*.

Figura 5.5.3.4-1. Poços-piezômetros, poço de monitoramento (PC 05) e de abastecimento (PC 04)

PONTO	COORDENADAS UTM					OBSERVAÇÕES (Aquifero livre)
	X (m)	Y (m)	Z COTA (m)	Prof. N.F. (m)	Cota N.A. Carga Hidráulica (m)	
PZ 1	569.189	9.833.710	68,0	14,3	45,3	a fluxo jusante do empreendimento
PZ 2	569.075	9.833.834	77,5	Seco	< 62,5	Zona vadosa com espessura > 15m. K= 2,5x10 ⁻⁵ m/s.
PZ 3	569.145	9.833.805	74,0	13,43	60,57	a fluxo jusante do empreendimento
PZ 4	568.994	9.833.744	79,7	Seco	< 64,7	Zona vadosa com espessura > 15m. K= 3,73x10 ⁻⁵ m/s.
PZ 5	569.063	9.833.698	75,0	13,16	61,84	a fluxo jusante do empreendimento
PC 04	569.264	9.834.000	77,0	20,3	58,0	a fluxo jusante do empreendimento
PC05	568.875	9.833.906	79,0	19,0	58,7	a fluxo jusante do empreendimento

Piezometria e Dinâmica de Circulação

O esboço piezométrico ilustrado no Anexo 3 – **Proposições** indicam um padrão de fluxo semi-radial partindo do setor meridional oeste de cotas mais elevadas (85-90m) sob carga hidráulica inferida entre 70m e 75m, com descargas naturais no sentido

E-SE e N-NW tendo como corpos d'água receptores dois igarapés; o mais próximo, cerca de 80-100m a leste, denominado Igarapé Gracinha, enquanto o mais distante, Igarapé Canaã, dista cerca de 700m a NW da área do Aterro Sanitário. As cargas hidráulicas inferidas com o apoio de dados topo-altimétricos, variam de 75m a 45m no trecho oriental da área, enquanto que no trecho ocidental, onde se encontram a Lagoa de Lodo e a área de Depósitos de Resíduos Inertes, entre 75m e 57,5m, podendo chegar aos 55m na borda limítrofe ocidental da área destinada ao aterro.

Vulnerabilidade Natural do Aqüífero à Contaminação

O termo vulnerabilidade de um aqüífero à contaminação é utilizado para representar as características intrínsecas que determinam a sua susceptibilidade em ser adversamente afetado por uma carga de contaminante (FOSTER, 1987). A vulnerabilidade de um aqüífero é função dos seguintes fatores:

- Inacessibilidade hidráulica da penetração de contaminantes;
- Capacidade de atenuação dos estratos acima da zona saturada do aqüífero, como resultado de sua retenção física e reações químicas com o contaminante. A interação destes componentes de vulnerabilidade com a carga contaminante no subsolo, leva em conta os seguintes fatores;
- O modo de disposição do contaminante no subsolo e em particular, a magnitude de qualquer carga hidráulica associada;
- A classe do contaminante, em termos de sua mobilidade e persistência. Esta interação permite avaliar o tempo de residência do contaminante na zona não-saturada e a demora da sua chegada ao aqüífero, bem como permite estabelecer o grau de atenuação, retenção ou eliminação, antes da sua chegada à zona saturada. Dentre estes fatores que determinam a vulnerabilidade natural dos aqüíferos, na presente avaliação, são contemplados os seguintes parâmetros básicos principais, os quais podem ser facilmente obtidos de levantamentos hidrogeológicos, empregando-se o método proposto por FOSTER & HIRATA (1993).
- O tipo de ocorrência da água subterrânea;

- As características dos estratos acima da zona saturada, em termos litológicos e grau de consolidação;
- A profundidade do nível freático ou teto do aquífero confinado. Embora reduzidas, essas três características contêm, qualitativamente, a maioria dos parâmetros considerados no figura 5.5.3.4-2 com a sua indexação em três fases discretas de análise, dentro de um intervalo de 0 a 1.

Figura 5.5.3.4-2. Principais fatores que controlam a vulnerabilidade do aquífero à contaminação antrópica.

COMPONENTES DA VULNERABILIDADE DO AQUIFERO À CONTAMINAÇÃO	DADOS HIDROGEOLÓGICOS	
	IDEALMENTE REQUERIDOS	NORMALMENTE DISPONÍVEIS
Inacessibilidade hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> • grau de confinamento do aquífero; 	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de contaminante;
	<ul style="list-style-type: none"> • profundidade do nível freático ou do aquífero; 	
	<ul style="list-style-type: none"> • conteúdo de unidade da zona não saturada; 	<ul style="list-style-type: none"> • profundidade da água subterrânea;
	<ul style="list-style-type: none"> • condutividade hidráulica vertical do aquífero * ou aquífero**; 	
Capacidade de atenuação	<ul style="list-style-type: none"> • distribuição dos tamanhos dos grãos e fissuras do aquífero ou aquífero; 	<ul style="list-style-type: none"> • grau de consolidação e fissuração do aquífero ou aquífero;
	<ul style="list-style-type: none"> • mineralogia do aquífero ou matriz do aquífero; 	<ul style="list-style-type: none"> • características litológica do aquífero ou aquífero.

Do exposto, e levando-se em conta as características hidrogeológicas anteriormente descritas, são apresentados os seguintes resultados para a área de estudo.

Aqüífero granular, poroso, livre – associado basicamente aos latossolos saturados e arenitos da Formação Alter do Chão, conforme figura **5.5.3.4-1**.

- Índice de ocorrência da água subterrânea..... 1,00 (aqüífero livre)
- Índice de consolidação e litologia..... 0,55
- Índice de profundidade da água subterrânea..... 0,70
- Vulnerabilidade do aqüífero:..... $1,00 \times 0,55 \times 0,7 = 0,385$

Caracterização Hidroquímica Local

Os dados hidroquímicos obtidos no âmbito do presente estudo compreendem os resultados analíticos das águas amostradas nos poços PC-04 e PC-05, e um ponto amostral de água superficial do Igarapé Gracinha, situado a leste da área destinada ao aterro sanitário. Os resultados permitem tecer as seguintes considerações:

As águas subterrâneas dos pontos amostrais PC-04 e PC-05 (vide boletins de análises anexos), apresentam composição química similar às águas subterrâneas do Aqüífero Alter do Chão, caracterizadas por Silva, M.L.(2001) e Anjos, G.C. et al. (2003), com características de águas leves, de baixo conteúdo de sólidos totais dissolvidos e dureza total, conforme a seguir comentado:

- **Cátions:** O Ca^{2+} apresentou concentrações entre 4,2 mg/L (PC-05) e 4,6mg/L (PC-04), superiores ao valor encontrado nas águas do Igarapé Gracinha, de 2,1mg/L. Por sua vez, o Mg^{2+} apresentou teores de 0,46mg/L (PC-05) a 1,2mg/L (PC-04), igualmente superiores ao valor de 0,23mg/L registrado na água do referido igarapé; o K^{+} apresentou concentrações baixas, inferiores ao limite de detecção (0,01mg/L), em todas as amostras.
- **Anions:** As concentrações de cloreto observadas nos poços e água superficial, foram inferiores ao limite de detecção de laboratório (1mg/L), enquanto que os teores de sulfato (SO_4^{2-}) variaram entre 0,2mg/L (PC05) e 0,5mg/L(PC04). O Igarapé Gracinha apresentou concentração maior, de 0,8mg/L. Analogamente, o Nitrato (NO_3^-) teve concentrações baixas, de 0,1mg/L (PC04) a 0,27mg/L (PC05 e Igarapé Gracinha). Com

base neste valores aniônicos, depreende-se que o anion predominante seja o bicarbonato (HCO_3^-).

- **Metais:** considerando-se o enquadramento Classe 2 – ref. CONAMA 357/2005, verifica-se, dentre os metais analisados (forma solúvel), o Ferro apresentou concentrações : no poço PC05 (0,5mg/L) e no Igarapé Gracinha (0,6mg/L). Apenas no ponto amostral PC04 (poço de abastecimento), o Arsênio apresentou teor elevado, superior ao valor máximo permissível-VMP; fato que pode ser atribuído tanto à dissolução deste metal originário do terreno natural, quanto oriundo de fontes antrópicas, razão pela qual se executou a análise laboratorial confirmatória do parâmetro.

Do exposto, são as seguintes conclusões:

- O domínio geológico da área de estudo em apreço, compreende um espesso manto de alteração constituído de latossolo amarelo *in situ*, horizonte sobrejacente à rocha matriz – arenitos intercalados com lentes argilosas; ambos litotipos associados à Formação Alter do Chão, substrato lito-estratigráfico local.
- O domínio hidrogeológico local é marcado pelos litotipos saturados de latossolo e arenito, supra referidos, constituindo um aquífero livre, poroso, com o lençol freático a uma profundidade , da ordem de 13-20m na área destinada ao Aterro Sanitário, indicando vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, por disposição de fontes contaminantes à superfície do terreno. A permeabilidade (k) em meio não saturado (zona vadosa ou aeração) é da ordem de $0,85-6,5.10^{-6}\text{m/s}$ e em meio saturado, da ordem de $2,5-3,7.10^{-5}\text{m/s}$.
- A Piezometria da área em apreço indica um padrão de fluxo semi-radial partindo do setor meridional oeste de cotas mais elevadas (85-90m) sob carga hidráulica inferida entre 70m e 75m, com descargas naturais no sentido E-SE e N-NW tendo como corpos d'água receptores dois igarapés; o mais próximo, cerca de 80-100m a leste, denominado Igarapé Gracinha, enquanto o mais distante, Igarapé Canaã, dista cerca de 700m a NW da área do Aterro Sanitário. As cargas hidráulicas inferidas com o apoio de dados topo-altimétricos, variam de 75m a 45m no trecho oriental da área, enquanto que no trecho ocidental, onde se encontram a Lagoa de

Lodo e a área de Depósitos de Resíduos Inertes, entre 75m e 57,5m, podendo chegar aos 55m na borda limítrofe ocidental da área destinada ao aterro.

- As características hidroquímicas locais, à luz dos dados disponíveis, apresentam-se análogas e similares aos estudos regionais, para a zona aquífera freática da zona de circulação rasa. Com base na Resolução CONAMA 357/2005 – Classe 2, e respectivos valores máximos permissíveis–VMP recomendados, verificou-se dentre os metais, concentrações relativamente elevadas de Ferro, no que se presume de origem natural pela lixiviação e de hidrólise de minerais ferro-aluminoso do meio.
- Registrou-se em apenas um ponto amostral (PC04), teor de Arsênio acima do VMP. Esta alteração, como já citado anteriormente, pode ser atribuída tanto à dissolução deste metal originário do terreno natural, quanto oriundo de fontes antrópicas desconhecidas, sugerindo - se, portanto, o acompanhamento deste parâmetro através do programa de monitoramento proposto. O fato do uso da água do ponto amostral PC 04 não ser destinado ao consumo humano.
- Nos poços amostrados PC04 e PC05, os resultados obtidos quanto às concentrações de cloreto e série nitrogenada, indicam que até o presente momento, a água subterrânea do aquífero local não está sofrendo impactos significativos decorrentes da disposição de resíduos.
- Em termos de comportamento geomecânico do solo, pelo sistema de classificação SUCS Sistema Unificado de Classificação do Solo, tem-se as seguintes características geotécnicas:
- **SC** (areia argilosa): apresentam uma boa trabalhabilidade como material de construção; baixa permeabilidade quando compactado; uma resistência regular a boa quando compactado e saturado; compressibilidade baixa quando compactada e saturada; material com características ruins a boa como material de fundação; e ruim para drenagem;
- **SM** (areia siltosa – areia argilosa de média a baixa plasticidade): apresentam uma trabalhabilidade regular como material de construção; semi-permeável a permeável quando compactado; uma boa resistência quando compactado e saturado; compressibilidade baixa quando compactada e saturada; material com

características ruins a boa como material de fundação; e regular a ruim para drenagem.

- Tendo em vista a existência de uma Bacia de Lodo e de depósitos de resíduos urbanos não controlados, de localização difusa, dispostos ao longo de duas décadas, na área em apreço, entende-se que tal histórico de uso e ocupação do solo possa resultar na sua contaminação e impactos indesejáveis sobre a qualidade da água subterrânea local, antes mesmo da construção do Aterro Sanitário em pauta. Tal condição enseja a implementação de estudos de controle da qualidade da água subterrânea, mediante a execução de seu monitoramento sistemático através de análises hidroquímicas adequadas ao controle e conservação da qualidade dos mananciais subterrâneos e superficiais, em conformidade com a legislação vigente e variações sazonais.

5.6. ANÁLISE TÉCNICA DO CENÁRIO ATUAL

Diante do cenário atual da gestão dos resíduos sólidos em Porto Trombetas, pode-se afirmar que existe a necessidade da implementação de estratégias de atuação visando melhorias no processo.

Assim, dentro de uma análise ambiental integrada, visando-se a melhor eficiência no processo de gestão dos resíduos sólidos urbanos de Porto Trombetas, consideraram-se os seguintes aspectos:

- Identificação de aspectos e impactos ambientais existentes e futuros do processo e suas respectivas medidas de controle, mitigação e regeneração;
- Novo modelo de tratamento e disposição dos resíduos;
- Adequação de toda a área, equipamentos e instalações dos processos;
- Treinamento dos trabalhadores diretamente envolvidos com as atividades relacionadas aos resíduos sólidos;
- Promoção do conhecimento do novo processo de gestão dos resíduos sólidos às partes interessadas;
- Preparação da área para a implantação de novo aterro sanitário, associada à recuperação da área atualmente utilizada para descarte do lodo;

- Elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos. Com base nos aspectos mencionados, pretende-se a implantação de um novo modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos, focando-se principalmente na redução do volume de resíduos destinados ao aterro e no seu tratamento prévio.
- O capítulo seguinte apresenta suas contribuições no sentido de estabelecer um modelo de gestão que atenda às necessidades da MRN, tanto no cumprimento da legislação que regula o tema em pauta, quanto em aspectos técnicos e econômicos que viabilizem a implantação deste modelo.

6. PROPOSIÇÕES DE ADEQUAÇÃO

Após o diagnóstico da situação atual do processo de gestão de resíduos em Porto Trombetas e com base na análise integrada realizada, apresenta-se uma gama de ações que possam ser implantadas no sentido de adequação de todos os processos estudados, com destaque neste relatório, para as proposições de adequação do Aterro e da UTC de Porto Trombetas.

Ressalta-se, que as proposições contempladas nos processos de Incineração do Hospital, Descarte do Lodo da ETE e Lagoas Facultativas da Mina, foram ajustados em pontos específicos dos relatórios parciais denominados:

1. Relatório Técnico do Incinerador;
2. Relatório Técnico do Descarte do Lodo;
3. Relatório Técnico das Lagoas Facultativas.

6.1 O INCINERADOR

Objetiva-se com as proposições para o processo de incineração, como já mencionado, a implantação de uma alternativa onde seja atendida a legislação pertinente como, também, seja utilizada a mesma área atual do aterro para a instalação do incinerador.

Assim, verificando-se a necessidade de mudança das instalações de incineração para um local adequado e, conseqüentemente, transportar os resíduos para o novo

destino, apresentam se a seguir as duas alternativas que contemplam o atendimento das condições estabelecidas na Resolução CONAMA 316/2002.

6.1.1 Alternativas

Com base no diagnóstico realizado, na análise de soluções técnicas e econômicas e na legislação pertinente para o processo de incineração, as duas alternativas que poderão servir de diretrizes para a tomada de decisão técnica/gerencial compreendem:

- **Alternativa 01:** *Adequação do equipamento existente;*

- a) Instalação de um sistema de contenção das emissões atmosféricas, compatível com remoção preliminar de material particulado a seco, sistema de lavagem de gases com neutralização química dos gases ácidos de Cloro, Flúor, Nitrogênio, Enxofre e outros, com remoção de névoas;
- b) Instalação de sistema de controle de temperatura no ciclone, fixado para acionar o Sistema de Combustível Auxiliar sempre que a temperatura atingir o mínimo de 810° C e para desligar quando a temperatura do ciclone atingir o valor de 1100° C;
- c) Instalação de Sistema de Combustível Auxiliar constituído de um tanque de 01 m³ de capacidade para operar com óleo diesel ou BPF interligado ao bico injetor do equipamento;
- d) Instalação de sistema de monitoramento dos gases CO e O₂;
- e) Elaboração dos planos complementares à realização do teste de queima, conforme previsto nos termos da resolução CONAMA 316/02 a seguir:

- **Plano de Teste de Queima;**

- **Plano de Contingência;**

- **Plano de Emergência;**

- **Plano de Desativação;**

OBS: Os planos complementares previstos nesta resolução deverão ser submetidos à aprovação do órgão de controle da região, antes de se proceder ao teste de queima, sob pena da não aprovação.

- f) Execução de pré-testes no sistema de contenção antes da aprovação final, observados os valores dos parâmetros previstos na legislação;
- g) Realização de pré-teste antes do teste de queima final, para material particulado, para ajuste da carga de resíduos e controles operacionais que permitam o atendimento da *ETAPA IV*, conforme previsto no escopo da proposta.

Figura 6.1.1-1

ITEM	ASPECTOS	SITUAÇÃO ATUAL	RECOMENDAÇÕES	CUSTOS ESTIMADOS
6	Combustível auxiliar	Tanque com capacidade de 5 litros.	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação de Sistema de Combustível Auxiliar constituído de um tanque de 1 m³ de capacidade para operar com óleo diesel ou BPF interligado ao bico injetor do equipamento; 	R\$ 5.000,00 - aquisição e instalação
7	Plano de teste de queima; Plano Contingência; Plano de Emergência e Plano de	Possui apenas um Plano de Teste de Queima incompleto. Não possui registro do plano e testes realizados.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração e registro dos planos e realização do Teste de Queima conforme requisitos dos anexos II, III, IV e V da CONAMA 316/2002; 	Elaboração pelo Responsável Técnico.
8	Velocidade de alimentação da correia adaptada.	Não favorece ao processo de alimentação de	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação de redutor de velocidade da correia transportadora. 	Manutenção
9	Operação e controle do equipamento	Procedimentos inadequados ao manual de	<ul style="list-style-type: none"> • Treinamento de capacitação do operador, conforme art. 30 da CONAMA 316/2002. 	Fornecimento a ser negociado com o fabricante.
10	Responsável Técnico	Falta RT habilitado.	<ul style="list-style-type: none"> • Nomeação de profissional de nível superior com conhecimento mínimo de procedimentos de incineração, trâmites legais e legislação e que possa assinar ART, conforme art. 28 da CONAMA 316/2002. 	Quadro fixo da empresa.
11	Transporte dos resíduos incineráveis	Não existe veículo específico para transporte de resíduos incineráveis.	<ul style="list-style-type: none"> • Aquisição ou adaptação de veículo, para o transporte de RSS e os originados das embarcações, aviões, hospital, ambulatórios e unidades de apoio. 	R\$ 80.000,00
12	Capacidade nominal de produção do equipamento.	Capacidade Ociosa.	<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento da capacidade ociosa com utilização de outros resíduos. 	Combustível e mão de obra
TOTAL ESTIMADO DOS CUSTOS DE TRANSFERÊNCIA E ADEQUAÇÃO DO INCINERADOR				R\$ 423.620,00

A incineração é uma atividade que, pelos seus próprios objetivos de transformação da matéria, provoca situações que podem ensejar danos à saúde e ao meio ambiente. A eficiência da incineração, em seus aspectos técnicos e de segurança, exige o constante acompanhamento e monitoramento dos seus processos bem como dos fatores externos de pré e pós-tratamento.

Neste contexto, as informações e os treinamentos dos atores envolvidos na geração e no manejo dos resíduos merecem atenção especial, conforme sua atuação no processo.

As diretrizes apontadas neste parecer objetivam orientar o empreendedor acerca da necessidade de levantamentos e consultas aos órgãos reguladores para o planejamento das etapas de implantação do processo. Desta forma, espera-se a otimização de tempo e recursos na implantação do empreendimento.

Diante dos aspectos constatados durante o diagnóstico do processo como um todo, e após uma análise integrada do processo de incineração, considerando-se a legislação em vigor e as futuras intervenções e implementações de um novo modelo de gestão de resíduos em Porto Trombetas, a **alternativa 01**, será implementada, otimizando-se o processo e tornando-o adequado à esfera ambiental/legal.

6.1.2 Processo de Implantação do Incinerador

O processo de implantação do incinerador Porto Trombetas deverá seguir o disposto pela Resolução CONAMA 316 de 2002, a qual dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos e, ainda, obedecer ao previsto na Resolução CONAMA 237 de 1997, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras e os respectivos estudos ambientais necessários a serem definidos pelo órgão ambiental competente.

Dentre as principais disposições da CONAMA 316, além das já mencionadas anteriormente, deverão ser considerados no processo de implantação do incinerador os seguintes aspectos:

6.2 O DESCARTE DO LODO

Entende-se que o fluxograma básico de uma estação de tratamento de esgoto só é considerado completo com a inclusão das etapas de tratamento e disposição final do lodo, compostas normalmente por:

Analisando-se as vantagens e desvantagens para desaguamento do lodo, verificou-se que a tecnologia de tratamento por meio de leitos de secagem é a mais

adequada para Porto Trombetas. Porém, para minimizar a influência das condições climáticas (alto índice de precipitação pluviométrica), os leitos deverão ser cobertos.

O tratamento do lodo deverá ser constituído pela remoção da umidade por meio de leitos de secagem cobertos seguido de compostagem ou de destinação final no aterro sanitário de Porto Trombetas. As principais vantagens da utilização de leitos de secagem são assim descritas:

- Baixo valor de investimento;
- Simplicidade operacional;
- Não requer mão de obra especializada;
- Baixo nível de controle exigido;
- Baixo ou inexistente consumo de energia elétrica;
- Baixo ou inexistente consumo de produto químico;
- Baixa sensibilidade às variações nas características do lodo;
- Torta com alto teor de sólidos.

A figura **6.2-1** mostra um exemplo de cobertura translúcida, que permite a passagem da luz e calor e ainda protege de constantes precipitações.



Figura 6.2-1. Exemplo de cobertura

6.2.1 Destinação final do Lodo

O lodo tratado deverá ter uma destinação final adequada, sem causar impactos negativos ao meio ambiente. As características do lodo estão ligadas às características do esgoto bruto. O esgoto produzido por uma população saudável conterá menos patógenos. Além disso, esgotos exclusivamente residenciais apresentam baixos teores de metais pesados. São várias as alternativas para a disposição final do lodo após seu tratamento.

- Aplicação em recuperação de áreas degradadas.
- *Landfarming* (tratamento no solo);
- Aplicação em áreas agrícolas e/ou florestais;
- Aterros sanitários;

O lodo gerado no processo de tratamento de esgotos em Porto Trombetas, após ter sido submetido às análises laboratoriais segundo a NBR 10004 (ver item 5.2.1), classificou-se como resíduo sólido de classe II A – Não Perigoso - Não Inerte.

Com exceção da disposição em aterro sanitário, recomenda-se que, o lodo seco passe por uma etapa de higienização. O objetivo do processo de higienização do lodo seco é de garantir um nível de patogenicidade que ao ser disposto no solo. Medidas que proporcionem a secagem do capim, através de jiraus, por exemplo, bem como sua estocagem em local abrigado ou sob lonas plásticas. O capim somente deverá ser considerado apto ao processo após certificação da sua condição de secagem. Poderá ser utilizado, alternativamente, outro material como a serragem de madeira. Desta feita, ter-se-á mais um mecanismo de controle da umidade além de um instrumento de controle do balanço Carbono/Nitrogênio, visto ser de fundamental importância o controle deste último no processo de compostagem.

6.2.2 - O Projeto Básico do Aterro Sanitário

A seleção da área para a implantação de um aterro sanitário baseia-se em critérios de engenharia que, normalmente, estão divididos em três grupos: critérios ambientais, critérios que consideram o uso e a ocupação do solo e critérios operacionais.

Da análise equilibrada e inter-relação de todos estes fatores obtêm-se alternativas para a alocação coerente de áreas para disposição dos resíduos sólidos e para a sua gestão no âmbito municipal, integrando-se os métodos tradicionais com as novas tecnologias de caracterização e análise ambiental.

A figura 6.4.1.1-1 demonstra alguns critérios utilizados na seleção da área para implantação de um Aterro Sanitário.

Figura 6.4.1.1-1. Critérios para a seleção de área na construção de aterro sanitário.

Critérios Ambientais	Critérios de Uso e Ocupação do solo	Critérios Operacionais
Proximidade de recursos hídricos; Geologia e potencial hídrico; Proximidade do lençol freático; Condutividade hidráulica do solo; Fauna e Flora local áreas inundáveis.	Distância de vias; Distância do centro urbano; Legislação municipal.	Declividade; Composição do solo; Reaproveitamento da área.

Fonte: Modificado de Gomes et al., 2001

6.2.2.1 Cenários Para a Concepção do Projeto

Para a concepção do Projeto básico do novo aterro sanitário, considerou-se dois cenários distintos, relacionando-se a eficiência de gestão dos processos com o aumento ou a redução do volume de resíduos aterrados e as seguintes premissas, descritas na figura 6.4.1.2-1:

Figura 6.4.1.2-1. Dados para calculus da percapta de resíduos por habitantes.

PREMISSAS BÁSICAS	
População atual	6.500 hab.
Crescimento vegetativo	0,5% a.a
Geração per capta de resíduos	0,9 Kg/hab/dia
Densidade dos resíduos - alta compactação	0,8 ton./m ³
% de Recobrimento	25%
Geração diária	5,85 ton
Geração anual	2.135,25 ton
Vida Útil do aterro	20 anos

1. Cenário 01 – Pessimista:

Neste cenário, considerou-se a não-adesão dos moradores e funcionários da MRN ao Projeto, não sendo possível reciclar ou compostar nenhum resíduo e que o incinerador, simultaneamente, deixe de operar.

% Resíduos Aterrados	Número de valas	Área Útil Requerida	Número de Valas/ano
100%	190	8,9 há	4,75

2. Cenário 02 – Comum:

Neste cenário, considerou-se que 50% dos resíduos gerados em Porto Trombetas são passíveis de aproveitamento ou tratamento utilizando-se a compostagem, a reciclagem e o incinerador.

% Resíduos Aterrados	Número de valas	Área Útil Requerida	Número de Valas/ano
100%	95	4,5 há	2,4

Assim, temos as seguintes dimensões das valas:

- Largura = 08 m
- Comprimento = 25 m
- Talude de Contenção = 1 (H) : 3 (V) - 3x
- Talude Rampa = 7,5 (H) : 3 (V)
- Área superficial do talude = 135 m²

- Área Total da Vala = 335 m²
- Espaçamento lateral e frontal entre as valas = 5 m
- Volume da Vala para Aterramento = 777 m³
- Nº. de Valas = 60
- Área Total requerida = 14.040 m²

As dimensões definidas para cada vala ocuparão uma área de 335 m², sendo a área da base da vala correspondente a 200 m² e 135 m² de superfície complementar, em vista plana e superficial da adjacência dos taludes.

As valas serão impermeabilizadas com membrana geotêxtil de 2,00 mm, e serão dispostas 200m² na área de base; 31,7 m² no talude oposto (fundo) e 212,39 m² nos taludes laterais; totalizando 444,09 m² de impermeabilização.

O processo de preenchimento seguirá o critério tradicional de descarregamento na parte oposta à Rampa de acesso das valas, seguido de recobrimento e compactação.

A rampa de acesso só deverá ser impermeabilizada após a saturação da área anterior. Esta recomendação objetiva a preservação do sistema, pois evitará que a manta seja danificada pelo sobrepeso dos veículos de transporte dos resíduos e do equipamento de manejo e compactação.

Sugeriu-se a cobertura através de estrutura metálica parafuzável e de fácil remoção, com altura equivalente a 5 metros e telhas de fibrocimento. De acordo com o projeto básico desenvolvido pela Habtec, essa estrutura será facilmente readaptada à vala subsequente, caso sejam seguidas os padrões assimétricos do projeto.

Existirão duas canaletas de concreto (d=0.6m) em cada lateral da vala, sendo que a primeira impedirá a passagem da água da chuva e a outra receberá a água da calha situada na estrutura metálica. A disposição das valas deverá ocorrer conforme o modelo descrito a seguir.

Drenagem de gases e de percolado

O processo de estabilização dos resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário constitui-se em um fenômeno que conduz, via de regra, à formação de percolados (lixiviados) e de biogás. A degradação dos compostos orgânicos e inorgânicos é um fenômeno constituído essencialmente por mecanismos biológicos e físico-químicos, influenciados pelo fator água, presente nos resíduos, pela umidade inicial e pela água das precipitações.

A degradação dos resíduos dentro das trincheiras, principalmente dos resíduos orgânicos, forma gases metano e dióxido de carbono, podendo ser necessário um sistema de drenagem de gases. Como os gases encontram-se misturados à massa de resíduos, a drenagem pode ser tanto horizontal quanto vertical e dependendo do tamanho das trincheiras, a drenagem vertical é suficiente, correspondendo a uma simples canalização central. (PROSAB, 2003).

O contato entre as águas pluviais e os resíduos dispostos no aterro aumenta significativamente a geração de percolados. Assim, é imprescindível que as águas pluviais sejam desviadas da área de disposição de resíduos antes do início da operação do aterro. Uma vez captados, os lixiviados podem ser removidos do aterro, armazenados em reservatórios ou tanques especiais, tratados e finalmente descartados.

Considerando-se o Cenário 02 para a concepção do Aterro Sanitário, onde projeta-se a destinação de 50% do total de resíduos sólidos urbanos gerados em Porto Trombetas, resultando na deposição, quase que na totalidade, de resíduos inertes, e a cobertura das valas como forma de evitar a incidência de chuva, a não instalação de drenos e sistema de coleta de chorume poderia ser justificada.

Entretanto, com base nas diretrizes da RESOLUÇÃO CONAMA 308/2002 e adotando-se o princípio da precaução, contemplou-se no Projeto Básico do Aterro de Porto Trombetas um sistema de recolhimento de percolado, denominado *“caixa de inspeção e drenagem de percolado”*.

Deverá ser realizada a escavação de uma calha central no fundo da vala, perpendicular à sua rampa de acesso, com 0,50 m de largura e 0,50 m de altura,

percorrendo toda a base da vala, que será impermeabilizada com a própria manta PEAD 2,00mm, formando uma canaleta central.

A canaleta deverá ser coberta com uma camada de aproximadamente 5,00 cm de terra compactada manualmente. Em seguida uma camada de 20,00cm de brita nº. 3 em toda área da canaleta de drenagem. Após esse procedimento, deverá ser realizado o nivelamento da base da vala.

Em aterros de pequeno porte, segundo PROSAB 2003, os poucos gases gerados são expelidos pelo próprio sistema de drenagem de percolados e pela cobertura final. Caso necessário, após o início da operação e dependendo da composição dos resíduos aterrados, deverão ser instalados 03 drenos verticais (tubo de PVC perfurado de diâmetro 100 mm) eqüidistantes entre si, sendo um central e os outros dois a 10,5m de distância do eixo central. Os tubos deverão ser envoltos em brita 1, partindo da base (conectado com o sistema de drenagem de percolados) até o topo da trincheira, suficientes e instalados adequadamente, de forma que as amostras retiradas representem a qualidade da água existente no aquífero mais alto, na área do aterro, a montante e jusante da área de deposição.

O ***Plano de Monitoramento*** proposto fundamenta-se num enfoque de eventuais interferências e/ou impactos ambientais decorrentes da lixiviação de compostos orgânicos e/ou inorgânicos oriundos do depósito de resíduos no ***aterro atual***, bem como, no ***futuro aterro*** proposto e que possam vir a causar impacto sobre a qualidade das águas naturais. Compreende uma primeira fase de estudos e avaliações, contemplando-se pontos de amostragem de águas subterrâneas e superficiais, de modo abrangente e integrado às condições hidrogeológicas locais, visando estudos e diagnósticos futuros sobre os possíveis impactos ambientais decorrentes das atividades do empreendimento em pauta.

Compreende a implementação de uma Rede de Monitoramento Piezométrico e Hidroquímico, através da construção de poços de amostragem revestidos em PVC com diâmetro útil de 4"=100mm, em conformidade com o recomendado pelas normas ABNT NBR 13.895/97 e NBR 15495-1/2007.

A proposta apresentada na figura 6.4.1.5-1, estão discriminados todos os pontos de monitoramento, contemplando-se pontos amostrais representativos de água subterrânea e superficial.

Os pontos amostrais, consistem de 18 (dezoito) poços de medições piezométricas e de amostragem e monitoramento da qualidade da água, constantes do figura 6.4.1.5-1, e correspondem a locações de dezoito novos poços a serem construídos, tendo sido também contemplados 2 (dois) poços existentes PC-04 (de abastecimento da unidade UTC) e PC-05, além de 3 (três) pontos amostrais (IG01, IG02, IG03) de água do Igarapé Gracinha situado a leste da área do Aterro Sanitário.

Figura 6.4.1.5-1. Critérios de locação dos poços de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas e pontos de coleta de águas superficiais.

N° REF.	COORDENADAS UTM (m)		PROF. MÍNIMA (m)	SITUAÇÃO HIDROGEOLOGICA DAS LOCAÇÕES DOS POÇOS DE AMOSTRAGEM E MONITORAMENTO
	LONGITUDE	LATITUDE		
PM 01	568.774	9.833.713	30	Situação de fluxo montante - sem influência direta com os depósitos/resíduos do aterro Sanitário - setor oriental.
PM 02	568.644	9.833.792	30	Situação de fluxo montante - sem influência direta com os depósitos/resíduos do aterro Sanitário - setor ocidental.
PM 03	568.614	9.833.889	25	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de fundo, oriundas da lagoa de Lodo.
PM 04	568.747	9.833.859	25	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de fundo, oriundas da lagoa de Lodo.
PM 05	568.822	9.833.858	25	Fluxo a jusante do PM - 04 - possível influência de eventuais infiltrações de fundo, oriundas da lagoa de lodo.
PM 06	568.727	9.833.967	30	Fluxo subterrâneo a jusante da Lagoa de Lodo e dos depósitos de Resíduos Inertes.
PM 07	568.896	9.834.026	25	Zona de descarga natural - fluxo a jusante dos depósitos e resíduos do Aterro Sanitário - setor ocidental.
PM 08	568.962	9.834.011	20	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de lixiviados dos depósitos do Aterro - setor ocidental.
PM 09	568.883	9.833.110	30	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de lixiviados dos depósitos do Aterro - setor ocidental.
PM 10	569.020	9.834.032	20	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de lixiviados dos depósitos do Aterro - setor ocidental.
PM 11	569.085	9.834.032	20	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de lixiviados dos depósitos do Aterro - setor ocidental.
PM 12	569.188	9.833.953	20	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de lixiviados dos depósitos do Aterro - setor oriental.
PM 13	569.159	9.833.849	20	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de lixiviados dos depósitos do Aterro - setor oriental.
PM 14	569.110	9.833.780	20	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de lixiviados dos depósitos do Aterro - setor oriental.

PM 15	569.070	9.833.720	20	Fluxo jusante - possível influência de eventuais infiltrações de lixiviados dos depósitos do Aterro - setor oriental.
PM 16	569.175	9.833.755	17	Zona de descarga natural - fluxo a jusante dos depósitos e resíduos do Aterro Sanitário - setor oriental. Locação a fluxo subterrâneo jusante do PM - 14 e a montante da APP - área de proteção permanente, margem esquerda de Igarapé natural.
PM 17	569.107	9.833.704	17	Zona de descarga natural - fluxo a jusante dos depósitos e resíduos do Aterro Sanitário - setor oriental. Locação a fluxo subterrâneo jusante do PM - 15 e a montante da APP - área de proteção permanente, margem esquerda de Igarapé natural.
PM 18	569.213	9.833.826	17	Zona de descarga natural - fluxo a jusante dos depósitos e resíduos do Aterro Sanitário - setor oriental. Locação a fluxo subterrâneo jusante do PM - 13 e a montante da APP - área de proteção permanente, margem esquerda de Igarapé natural.
IGO1	569.211	9.833.600	-	Ponto amostral de água de superfície (Igarapé), situado a montante do empreendimento. Representa os escoamentos naturais de runoff, escoamento hipodérmico e fluxo natural de restituição do aquífero freático.
IGO2	569.296	9.833.808	-	Ponto amostral de água de superfície (Igarapé), situado a fluxo jusante do empreendimento. Representa os escoamentos naturais de runoff, escoamento hipodérmico e fluxo natural de restituição do aquífero freático.
IGO3	569.460	9.833.912	-	Ponto amostral de água de superfície (Igarapé), situado a fluxo jusante do empreendimento. Representa os escoamentos naturais de runoff, escoamento hipodérmico e fluxo natural de restituição do aquífero freático.
(*) referência : Vide Piezometria no mapa X - Proposições				
(**) Conforme recomendações da norma técnica NBR 13895 e NBR 15495 - 1/2007				

Rede de Monitoramento Piezométrico

Sua implementação objetiva confirmar a piezometria local, com respectivas cargas hidráulicas, gradientes, direções de fluxo e permeabilidades, de modo a se dimensionar as condições hidrodinâmicas de interesse relacionadas a fluxos unitários e velocidades reais de fluxo.

a. Rede de Monitoramento *Hidroquímico*

Objetivando o controle da qualidade das águas, a sua implementação deverá contar com informações prévias subsidiadas por análises químicas e físico-químicas de potenciais cargas contaminantes coexistentes na área do Aterro Sanitário. As características obtidas poderão melhor orientar a construção de poços de amostragem representativos, além de permitir subsídios adequados quanto aos parâmetros químicos

e físico-químicos a serem definitivamente contemplados ao longo do período de monitoramento recomendado.

b. Anteprojeto construtivo dos poços de monitoramento

Como primeira orientação, o anteprojeto construtivo dos poços de monitoramento deverá contemplar para a representatividade amostral da água subterrânea, as seguintes condições, relacionadas ao tipo de carga contaminante potencialmente presente na água subterrânea, em termos da sua densidade:

(i) Os compostos orgânicos menos densos do que a água, LNAPL – *Light Non Aqueous Phase Liquid*, os quais, infiltrados ao longo da zona vadosa, quando chegam ao nível freático, conformam um corpo de pluma LNAPL, de fase livre, sobrenadante ao nível freático. Tal condição requer uma amostragem representativa de investigação, na zona aquífera rasa, próxima ao nível freático, ou seja, a utilização de poços revestidos com uma coluna contínua de filtro (máxima de 4m) disposta a 1-2m acima do nível freático e a 2-3m abaixo do NF-nível freático – de tal modo que se possa captar a água e/ou fase livre do LNAPL (se houver), seja na época de estiagem (NF sazonal baixo), seja na época chuvosa associada à infiltração da água pluvial – quando o NF sobe. Tal variação sazonal do NF reflete, basicamente, as condições de magnitude da infiltração frente à magnitude da porosidade eficaz do aquífero: variações elevadas do NF, via de regra, refletem condições de baixa porosidade eficaz em meio de matriz argilosa.

Detalhamento do Plano de Monitoramento: (i) definição dos parâmetros químicos, (ii) frequência das medições hidroquímicas e piezométricas e (iii) pontos amostrais representativos – discriminação das análises e medições em função dos resultados analíticos e legislação vigente. Nesta etapa, como uma primeira orientação e planejamento, sugere-se a implementação das medições sistemáticas de monitoramento, com uma frequência semestral e contínua ao longo de 2 (dois) anos hidrológicos consecutivos, *pari passu* com avaliações semestrais e anuais, tendo-se em conta o adequado atendimento da legislação vigente, visando licenciamento ambiental do empreendimento em pauta.

Neste contexto, em função dos resultados e sem detrimento da qualidade das avaliações em pauta, a rede de monitoramento aqui proposta poderá ser otimizada,

com a redução de pontos amostrais suficientemente representativos para a consolidação dos dados de monitoramento.

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – REFERÊNCIA CLASSE 2/CONAMA 357/2005 :

Figura 6.4.1.5-2. Relação dos parâmetros físico-químicos e pontos amostrais do plano de monitoramento.

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP*
PARÂMETROS FÍSICOS - QUÍMICOS		
PH in loco	log [1/H+]	6 a 9,0
Eh In loco	(mV)	
Condutividade elétrica In loco	μ mhos/cm	
Temperatura In loco	°C	
Turbidez In loco	UNT	100 UNT
pH - laboratório	log [1/H+]	6 a 9,0
condutividade elétrica - laboratório	μ mhos/cm	
Sólidos dissolvidos totais	(mg/L)	500 mg/L
DBO - 5 dias, a 20 °C	(mg/L)	Até 5,0 mg/L O ₂
Coliformes termotolerantes	Colônias/100 mL	1.000 em ≥ 80% de 6 (seis) amostras em 1 ano
Coliformes fecais/Escherichia coli	NMP colônias/100 mL	5.000 / mL
Cor (unidade Hazen - mg / L Pt)	uH	75 uH

Figura 6.4.1.5-2. Continuação

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP*
COMPOSTOS ORGÂNICOS		
Acrilamida	(μ g/L)	0,5 μ g/L
Alacloro	(μ g/L)	20 μ g/L
aldrin + Dieldrin	(μ g/L)	0,005 μ g/L
Atrazina	(μ g/L)	2 μ g/L
Benzeno	(μ g/L)	0,005 μ g/L
Benzidina	(μ g/L)	0,001 μ g/L
Benzo (a) antraceno	(μ g/L)	0,05 μ g/L
Benzo (a) pireno	(μ g/L)	0,05 μ g/L
Benzo (b) fluoranteno	(μ g/L)	0,05 μ g/L
Carbaril	(μ g/L)	0,04 μ g/L
Clordano (cis + trans)	(μ g/L)	0,02 μ g/L
2 - Clorofenol	(μ g/L)	0,1 μ g/L
Criseno	(μ g/L)	0,05 μ g/L
2,4 - D	(μ g/L)	4,0 μ g/L
Demetron (demetron - O + Demetron S)	(μ g/L)	0,1 μ g/L
Dibenzo (a,h) antraceno	(μ g/L)	0,05 μ g/L

1,2 - Dicloroetano	(mg/L)	0,01 µ g/L
1,1 - Dicloroetano	(mg/L)	0,003 µ g/L
2,4 - Diclorofenol	(µ g/L)	0,3 µ g/L
Diclorometrano	(mg/L)	0,02 mg/L
DDT (p.p' - DDE + p.p' - DDD	(µ g/L)	0,002 µ g/L
Dodecacloro pentaciclodecano	(µ g/L)	0,001 µ g/L
Endossulfan (a + □ + sulfato)	(µ g/L)	0,056 µ g/L
Endrin	(µ g/L)	0,004 µ g/L
Estireno	(mg/L)	0,02 mg/L
Etilbenzeno	(µ g/L)	90,0 µ g/L
Fenois totais (substancias que reagem com 4aminoantipirina)	(mg/L)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosano	(µ g/L)	65 mg/L
Gution	(µ g/L)	0,005 µ g/L
Heptacloro epoxido + Heptacloro	(µ g/L)	0,01 µ g/L
Hexaclorobenzeno	(µ g/L)	0,0065 µ g/L
Indeno (1,2,3 - cd) pireno	(µ g/L)	0,05 µ g/L
Lindano	(µ g/L)	0,02 µ g/L
Malation	(µ g/L)	0,1 µ g/L
Metolacloro	(µ g/L)	10 µ g/L

ÁGUA SUPERFICIAL – IGARAPÉ A FLUXO JUSANTE DO EMPREENDIMENTO – CLASSE 2:

Figura 6.4.1.5-3. Relação dos parâmetros físico-químicos e dos pontos amostrais.

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP*
PARÂMETRO FÍSICO - QUÍMICO, BACTERIOLÓGICOS		
pH in loco	log [1/H ⁺]	6 a 9,0
Eh in loco	(mV)	
Condutividade elétrica in loco	µ mhos/cm	
Temperatura in loco	°C	
Turbidez in loco	UNT	100 UNT
pH - laboratório	log [1/H ⁺]	6 a 9,0
Condutividade elétrica - laboratório	µ mhos/cm	
Sólidos dissolvidos totais	(mg/L)	500 mg/L
DBO - 5 dias, a 20°C	(mg/L)	Até 5,0 mg/L O ₂
OD	(mg/L)	≥ 5,0 mg/L O ₂
Clorofila	(µ g/L)	Até 30 µ g/L
Densidade de cianobactérias	(cel/mL ou 5mm ³ /L)	≤ 50.000 cel/mL ou 5mm ³ /L
Coliformes termotolerantes	Colônias/100 mL	1.000 em ≥ 80% de 6 (seis) amostras em 1 ano
Coliformes totais	NMP colônias/100 mL	5.000/100 mL
Coliformes fecais/ <i>Escherichia coli</i>	NMP colônias/100 mL	1.000/100 mL
Cor (unidade Hazen - mg/L Pt 0	uH	75 uH

Turbidez	UNT	100 UNT
----------	-----	---------

METAIS MENORES E METAIS TRAÇOS		
Alumínio dissolvido	(mg/L)	0,1 mg/L Al
Antimônio	(mg/L)	0,005 mg/L Sb
Arsênio total	(mg/L)	0,14 µ g/L As
Arsênio solúvel	(mg/L)	
Bário total	(mg/L)	0,7 mg/L Ba
Bário solúvel	(mg/L)	
Cádmio total	(mg/L)	0,001 mg/L Cd
Cádmio solúvel	(mg/L)	
Chumbo total	(mg/L)	
Chumbo Solúvel	(mg/L)	
Cobalto total	(mg/L)	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	(mg/L)	0,009 mg/L Cu
Cromo total	(mg/L)	0,05 mg/L Cr
Ferro solúvel	(mg/L)	0,3 mg/L Fe
2 - Clorofenol	(µ g/L)	0,1µ g/L
Criseno	(µ g/L)	0,018 µ g/L
2,4 - D	(µ g/L)	4,0 µ g/L
Demeton (demeton - O + demeton - S)	(µ g/L)	0,1µ g/L
Dibenzo (a,h) antraceno	(µ g/L)	0,018 µ g/L
3,3 Diclorobenzidina	(µ g/L)	0,028 µ g/L
1,2 - Dicloroetano	(mg/L)	0,01 mg/L
1,1 - Dicloroetano	(mg/L)	0,003 mg/L
2,4 - Diclorofenol	(µ g/L)	0,3 µ g/L
Diclorometano	(mg/L)	0,02 mg/L
DDT (p.p'- DDT + p.p'- DDD	(µ g/L)	0,002 µ g/L
Dodecacloro pentaciclodecano	(µ g/L)	0,001 µ g/L
Endossulfan (a + □ + sulfato)	(µ g/L)	0,056 µ g/L
Endrin	(µ g/L)	0,004 µ g/L
Estireno	(mg/L)	0,02 mg/L
Etilbenzeno	(µ g/L)	90,0 µ g/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina)	(mg/L)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	(µ g/L)	65 µ g/L
Gution	(µ g/L)	0,005 µ g/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	(µ g/L)	0,000039 µ g/L
Hexaclorobenzeno	(µ g/L)	0,000029 µ g/L
Indeno (1,2,3 - cd) pireno	(µ g/L)	0,018 µ g/L
Lindano (g - HCH)	(µ g/L)	0,02 µ g/L
Malation	(µ g/L)	0,01 µ g/L
Metolacloro	(µ g/L)	10 µ g/L
Metoxicloro	(µ g/L)	0,03 µ g/L
Paration	(µ g/L)	0,04 µ g/L
PCBs - bifenilas policloradas	(µ g/L)	0,000064 µ g/L

Pentaclorofenol	(μ g/L)	3,0 μ g/L
Simazina	(μ g/L)	2,0 μ g/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	(mg/L)	0,5 mg/L LAS

7. CONCLUSÃO E MODELO DE GESTÃO PROPOSTO

A gestão dos resíduos sólidos em Porto Trombetas fundamenta-se, necessariamente, em uma abordagem que busque contemplar os variados – e muitas vezes conflitantes - aspectos que compõem as relações do homem com o meio ambiente. Diferentes estratégias, sabidamente eficazes, foram propostas para todo o processo de gestão dos resíduos. Imediatamente após a geração, na segregação, passando pelo transporte e triagem e finalizando-se com o tratamento e disposição final, cada etapa receberá tratamento técnico e metodológico específico.

Os resíduos que não forem objeto de destinação final após o tratamento poderão ser doados a Associações de cunho filantrópico, como é feito atualmente, ou comercializados após a etapa de triagem. Aqueles resíduos considerados perigosos ou tóxicos serão redirecionados aos respectivos fabricantes ou encaminhados a empresas licenciadas para seu tratamento e disposição final, conforme previsão legal.

O Plano apresentado fundamentou-se numa necessidade de socialização dos procedimentos técnicos, objetivando-se um “nivelamento” possível dos diversos públicos alcançados na sua implantação. Este “nivelamento” deverá ser alcançado através de atividades de Educação Ambiental - definida no capítulo 36 da **Agenda 21** – tendo como objetivo:

“(...) desenvolver uma população que seja consciente e preocupada com o meio ambiente e com os problemas que lhes são associados. Uma população que tenha conhecimentos, habilidades, atitudes, motivações e compromissos para trabalhar, individual e coletivamente, na busca de soluções para os problemas existentes e para a prevenção dos novos (...).”

Torna-se relevante mencionar, que várias iniciativas para a implantação e gestão de resíduos sólidos urbanos, apesar de tecnicamente embasadas, não logram êxito na

fase de implantação por desconsiderarem premissas básicas como o *comprometimento comunitário local*, o *desenvolvimento sustentável* e uma *visão sistêmica* dos procedimentos.

Em termos técnicos, o que diferencia a Gestão Integrada dos processos convencionais de gerenciamento de resíduos sólidos é que, na Gestão Integrada, além de haver a preocupação com a redução da geração de resíduos, cada tipo de resíduo é tratado de forma individualizada, de acordo com suas características, enquanto que no processo convencional a preocupação é retirar o “lixo” da rua, dando a todos os tipos de resíduos o mesmo tratamento e destinação final.

Porém, é preciso que fique claro que a diretriz mais importante a ser adotada é a minimização da geração de resíduos, a ser alcançada através de ações socioambientais. No caso específico de Porto Trombetas, paralelamente às ações sociais de educação ambiental, será necessário que sejam implementadas algumas medidas técnicas que terão por objetivo tornar sustentável o processo de gestão dos resíduos sólidos. Estas medidas técnicas se constituirão em elementos de motivação da população.

Dentre as medidas técnicas a serem implementadas, merecem destaque a proposição de um novo sistema de acondicionamento dos resíduos e a constituição de uma Central de Tratamento de Resíduos Sólidos, ao lado do novo aterro sanitário, reunindo as diversas formas de tratamento dos diferentes tipos de resíduos.

Acredita-se, que como este novo modelo, ocorrerá uma otimização de todo o processo, delimitando-se objetivamente os atores envolvidos, bem como os deveres e responsabilidades de cada um.

7.1. A Central de Tratamento de Resíduos

A Central de Tratamento de Resíduos será o local de convergência de todos os resíduos sólidos gerados em Porto Trombetas, com exceção dos resíduos industriais que permanecerão sob a responsabilidade da TAM. Será implantada na área

atualmente ocupada pela UTC - Unidade de triagem e Compostagem e Aterro de Resíduos.

Determinou-se a configuração da Central de Tratamento de Resíduos considerando-se as novas necessidades relacionadas ao desenvolvimento de novos processos de manejo e tratamento de resíduos. Procurou-se, concomitantemente à implantação dos novos equipamentos, considerar como definitivas as localizações dos equipamentos existentes.

Contemplaram-se, além dos aspectos funcionais, aqueles relacionados à segurança e ergonomia dos funcionários que cuidarão da operação da Unidade. Assim, as seguintes ações deverão ser consideradas:

1. A instalação de uma Balança Rodoviária logo após o portão de entrada para possibilitar o controle de todos os resíduos recebidos. Esta balança permitirá, também, a apuração dos fluxos internos de resíduos como, por exemplo, os recicláveis e os compostáveis (vide proposta técnica/comercial em anexo);
2. A utilização do novo Incinerador para o processamento de todos os resíduos não-recicláveis e não compostáveis que possuam potencial calorífico, além dos RSS - Resíduos de Serviço de Saúde e os originados em Portos e Aeroportos (Resoluções CONAMA 358/2005; 283/2001 e 05/1993). Sua instalação é sugerida próximo à entrada da CTR, como medida de segurança devido às características patogênicas de parte significativa dos resíduos a serem incinerados (vide proposta técnica/comercial em anexo);
3. A implantação do Leito de Secagem para receber o lodo proveniente da ETE Estação de Tratamento de Esgotos e ocupando a porção posterior à esteira de triagem. A destinação do lodo após sua desidratação será definida pela Administração da CTR e Gestor do Sistema, conforme as condições técnicas e operacionais vigentes;

O fluxo dos resíduos com o novo sistema proposto está representado esquematicamente na **figura 7.1.1-1** a seguir.

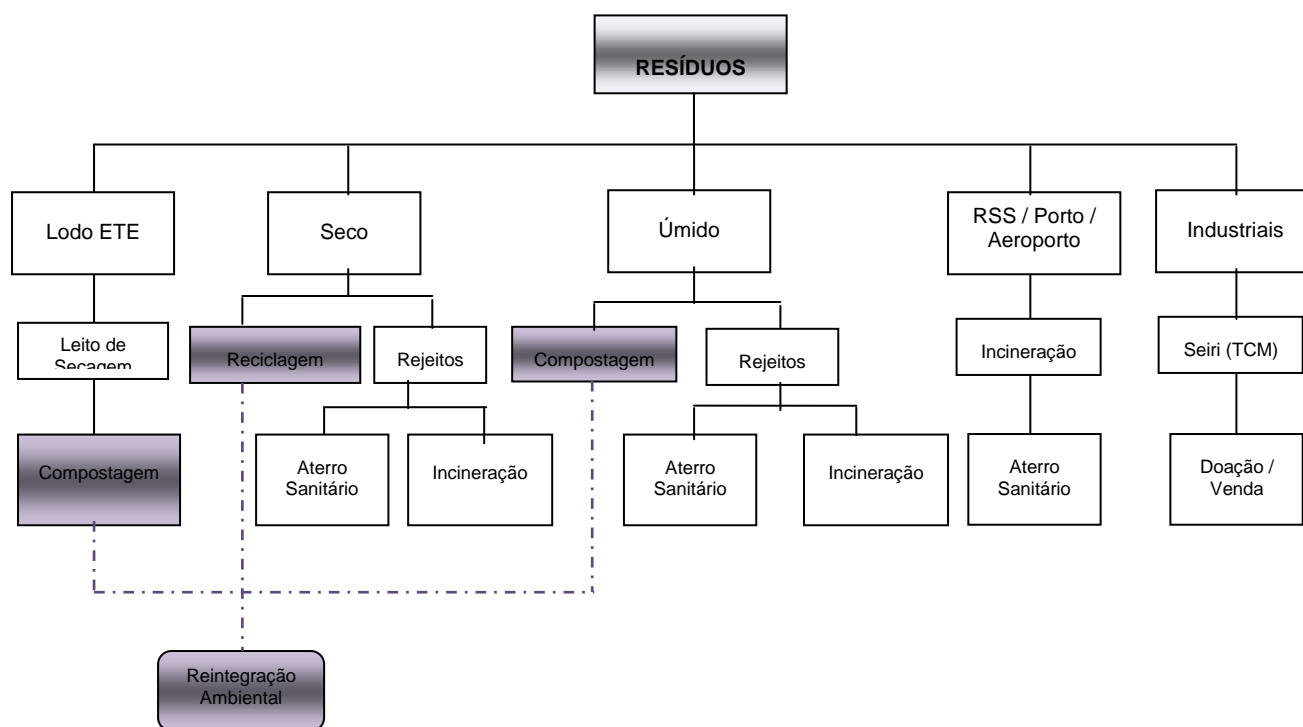


Figura 7.1.1-1. Fluxo dos resíduos na CTR de Porto Trombetas
Fonte: MRN

Os resíduos destinados à Central de Tratamento de Resíduos, deverão seguir processos específicos, assim detalhados:

1. Resíduos secos:

Os resíduos domésticos secos serão pesados e seguirão para o silo de alimentação da esteira de triagem e, após triados, receberão o tratamento conveniente. Serão prensados e enfardados ou depositados de acordo com sua característica. Caso não possuam condições para reaproveitamento ou reciclagem e tenham poder calorífico, serão encaminhados para a incineração.

Com relação à destinação dos vidros, constatou-se a inexistência de empresas recicladoras ou comercializadoras de vidro na região. Assim, recomenda-se que os vidros em condições de reutilização sejam depositados adequadamente em área

específica da CTR para posterior aplicação nas atividades de Educação Ambiental, previstas no capítulo 7.6.1, deste relatório. A viabilidade destas atividades será definida pelo órgão Gestor em conformidade com as diretrizes definidas pelo TA.

Os vidros em cacos deverão ser destinados à vala específica, sem impermeabilização. Desta forma, poderão ser processados e/ou comercializados caso ocorra viabilidade futura. Os vidros não-recicláveis especiais, como lâmpadas a vapor; tubos de imagem de televisores ou monitores de computadores deverão ser destinados aos pontos de coleta de recolhimento do TAM para envio ao Seiri. (TCM).

2. Resíduos úmidos:

Os resíduos úmidos serão pesados e sofrerão o mesmo controle dos resíduos secos. Seguirão para o silo de alimentação da esteira de triagem e após triados receberão o tratamento conveniente.

A parte orgânica compostável seguirá para o pátio de compostagem. Caso não existam condições técnicas ou operacionais para a compostagem desses resíduos, os mesmos seguirão para a vala impermeabilizada sendo depositados e cobertos imediatamente com terra e compactados.

Os resíduos que possuem poder calorífico seguirão para a incineração devendo ser acondicionados de maneira a não provocarem a atração de moscas e incinerados na próxima oportunidade.

3. Resíduos de varrição e capina:

Os resíduos originados de podas e capinas deverão ser pesados ou medidos (m³) antes de serem tratados. As galhadas e ramos secos poderão ser triturados e transformados em cavacos, sendo incorporados ao processo de compostagem ou incinerados, dependendo da viabilidade técnica e do interesse operacional. Os restos de capina, caso estejam molhados ou úmidos, deverão ser depositados nos jiraus de secagem.

4. Resíduos especiais separados na esteira:

Os resíduos especiais, como pilhas; baterias; ou os chamados “lixo eletrônico” deverão ser destinados aos depósitos específicos (Seiri) para posterior embarque para as empresas receptoras licenciadas.

7.1.2 Estrutura Administrativa

Para a implementação de todas as ações propostas neste trabalho, bem como a obtenção dos resultados esperados, são necessárias algumas alterações na estrutura administrativa responsável pelo gerenciamento dos resíduos sólidos de Porto Trombetas.

Portanto, tendo em vista as limitações de competências técnicas pertinentes à atividade, assim como outras responsabilidades cabíveis aos setores responsáveis (TA e TAM) que atuam diretamente na gestão de resíduos sólidos de Porto Trombetas, propõe-se a criação de uma nova “base gestora”, aqui denominada apenas como Gestor.

O Gestor deverá ser o responsável pela administração da limpeza urbana, tendo como atribuições o gerenciamento do sistema de limpeza urbana, a elaboração de projetos, definição de contratações e a realização e acompanhamento de ações que visem o bom funcionamento de todo o sistema.

Deverá ser composto por uma equipe de profissionais capacitados que responderá por todo o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Porto Trombetas, e estará subordinado ao setor administrativo (TA). Assim, o Gestor fará a integração entre o setor da MRN responsável pela administração de todo o sistema (TA) e a estrutura operacional (contratadas), com o objetivo de implementação e monitoramento de todas as ações propostas neste trabalho, além de responder tecnicamente junto aos órgãos fiscalizadores.

Deste modo, novas atribuições serão dadas à principal estrutura administrativa responsável pelo sistema de limpeza urbana de Porto Trombetas (TA). A nova estrutura administrativa do sistema de limpeza urbana deverá ter como principais atribuições a

definição das políticas a serem adotadas no sistema, bem como o estabelecimento de dotação orçamentária, o planejamento e normatização dos serviços, a execução do controle e a fiscalização dos demais atores.

7.1.3 Estrutura Técnico-Operacional

A estrutura técnico-operacional deverá ser composta por uma ou mais empresas contratadas pela administração para operação dos principais serviços do sistema de limpeza urbana, e estará diretamente subordinada ao Gestor. Poderá ainda ser composta por cooperativas ou associações, que visem o desenvolvimento social e regional com a implantação de programas de valorização de resíduos.

Os envolvidos na operação do sistema de limpeza urbana, seja na coleta, transporte ou destinação final dos resíduos, deverão manter o controle e o registro de todas as atividades executadas e, ainda, apresentar mensalmente, relatórios e resultados pertinentes aos serviços desenvolvidos, de forma a facilitar o controle e o monitoramento dos processos por parte do Gestor.

A figura 7.1.3-1 representa o novo modelo proposto para o sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos de Porto Trombetas, com os atores da administração, gestão e operação, e suas respectivas responsabilidades.

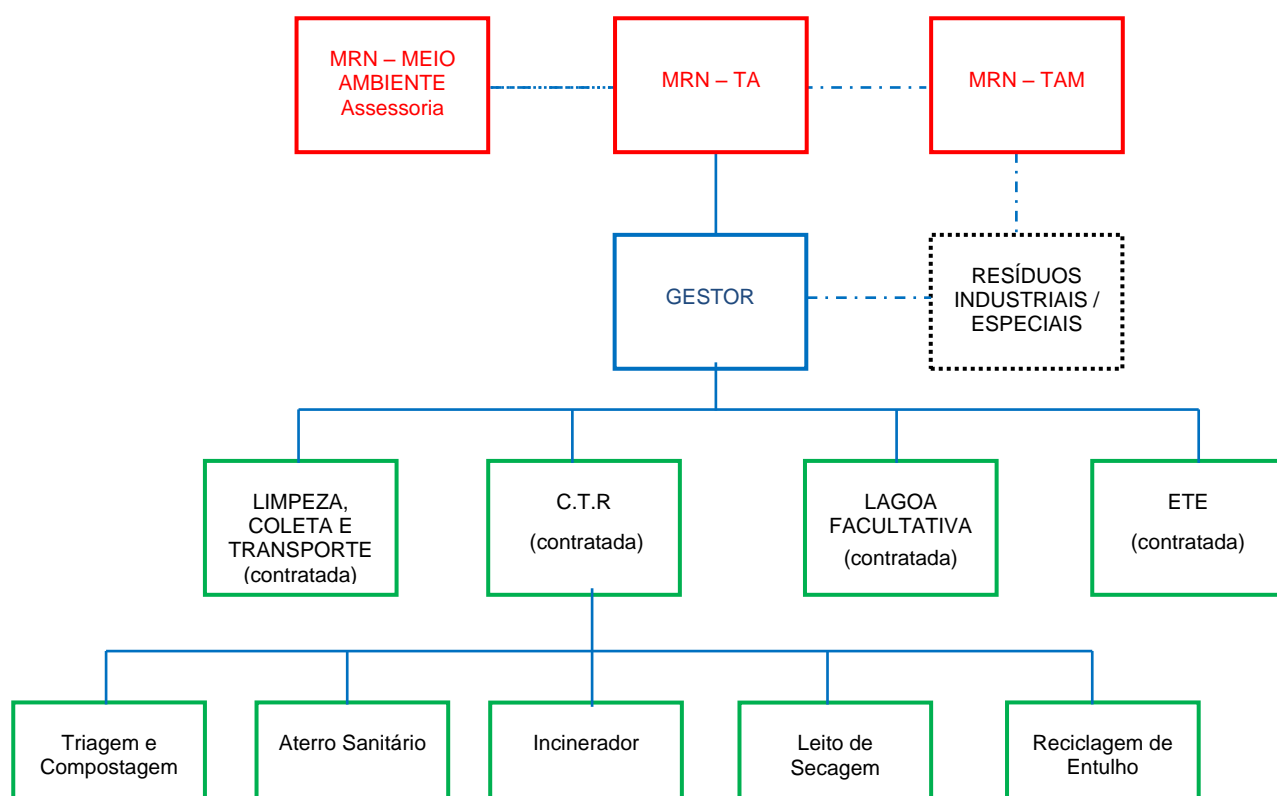


Figura 7.1.3-1. Modelo de Gestão Proposto

Fonte: MRN

ADMINISTRAÇÃO

GESTÃO

OPERAÇÃO

7.2 - A GESTÃO DOS RESÍDUOS

Existem diversas maneiras de efetuar a segregação na fonte, podendo-se chegar até mesmo ao extremo de segregar todos os tipos de resíduos na fonte geradora, como é o caso de algumas indústrias de plásticos.

No caso de comunidades com as características socioeconômicas de Porto Trombetas, a forma ideal de efetuar a segregação é exatamente a que vem sendo adotada pela administração do sistema de limpeza urbana, ou seja, separação apenas do “lixo seco” ou reciclável e “lixo úmido” ou orgânico.

Esta forma, pela sua simplicidade e baixo custo, é de fácil aceitação pela população que rapidamente se adapta às condições operacionais e contribui, de modo espontâneo, para o sucesso do programa.

7.2.1 - O Sistema de Acondicionamento

A segregação dos resíduos sólidos pode ser processada em diversos tipos de equipamentos, conforme descrição abaixo:

a. Resíduos domiciliares/comerciais:

- Recipientes rígidos;
- Recipientes herméticos;
- Sacos plásticos descartáveis;
- Contêiner coletor ou intercambiável;

b. Resíduos de varrição e capina:

- Sacos plásticos descartáveis; apropriados;
- Contêiner coletor ou intercambiável;
- Caixas subterrâneas;
- Recipientes basculantes , cestos;
- Caçambas estacionárias;

c. Feiras livres e eventos:

- Recipientes basculantes;
- Cestos;
- Contêineres estacionários;
- Tambores de 100/200l;
- Cestos coletores de calçadas;

d. Entulhos:

- Contêineres estacionários;
- Tambores de 100/200 L.

e. Podas:

- Contêineres estacionários;

f. Resíduos dos serviços de saúde:

- Sacos plásticos confeccionados com material incinerável para os resíduos comuns;
- Recipientes feitos com material incinerável como polietileno rígido, papelão ondulado ou outro material com as mesmas características, para acondicionamento dos resíduos infectantes/perfurocortantes.

Para o acondicionamento dos resíduos sólidos nas fontes produtoras é necessário orientar a comunidade quanto aos seguintes aspectos:

- A maneira mais adequada de acondicionar os resíduos sólidos para coleta;
- Características do recipiente coletor;
- Melhor localização do recipiente coletor;
- Os resíduos devem ser depositados nos recipientes específicos, o mais próximo do horário previsto para a coleta, no local previamente estabelecido (que comumente é a calçada da frente da residência);
- Sobre os perigos decorrentes de mau acondicionamento, dando lugar a criadouro de moscas, baratas, mosquitos, ratos e de suas conseqüências;
- Higienização dos locais de acondicionamento;

- Aspectos relevantes como o controle de vetores, redução de odores indesejáveis e melhoria visual.

Diferentemente do sistema proposto, o sistema de acondicionamento utilizado em Porto Trombetas apresenta-se inadequado às condições climáticas da região. O uso de “lixeiros” abertas permite que as águas da chuva se acumulem em seu interior, aumentando a umidade do lixo e prejudicando as formas de tratamento subseqüentes, seja ela a compostagem ou a incineração.

Da mesma forma, os recipientes distribuídos entre a população para a colocação dos resíduos segregados também não se mostraram adequados às condições operacionais, conforme se pode evidenciar em itens do diagnóstico de percepção. Não raro, observaram-se lixeiras quebradas, com capacidade insuficiente para o volume de lixo gerado e com características inadequadas para a coleta.

Inicialmente, recomendou-se alteração do sistema de acondicionamento do lixo domiciliar de Trombetas para o sistema Molok ou similar, que utiliza-se de contêineres semi-enterrados de grande capacidade, coletados por um caminhão com guincho tipo “munk”, comumente utilizado nas principais capitais do Brasil e em alguns países mais desenvolvidos. Todavia, devido à dificuldade de logística e capacidade de fabricação restrita do equipamento, sugere-se a implantação de um sistema de acondicionamento que, dentro do contexto de gestão integrada, torne viável sua implantação.

Assim, recomenda-se que o sistema atual de acondicionamento do lixo domiciliar seja alterado para o sistema de acondicionamento coberto, ou seja, lixeiras para lixo seco e úmido que contenham tampas eliminando o ingresso de chuvas e a presença de vetores, como insetos, animais, ratos, além da eliminação de odores desagradáveis.

Sugere-se para as residências, a utilização de lixeiras do tipo carro coletor de 120 litros, com rodas, feita de polietileno em várias cores, com medidas externas de 93x48x55 cm, comumente utilizados no sistema de acondicionamento de lixo em várias regiões.

A figura 7.2.1-1 mostra os tipos de coletores possíveis de utilização.



Figura 7.2.1-1. Tipos de coletores com tampa.

Fonte: saite Marfinite

A substituição do tipo de recipiente não implica em alteração das cores atualmente utilizadas, sendo interessante que seja mantida a atual convenção de recipiente vermelho para o lixo seco e recipiente amarelo para o lixo úmido. Este sistema poderá, ainda, e progressivamente, substituir todas as lixeiras plásticas descobertas (vermelhas e amarelas) existentes nos alojamentos, nas vias públicas e nos comércios.

Em relação às formas de acondicionamento dos demais resíduos (pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, entulho de obras, vidros, papéis e resíduos vegetais) pode-se dizer que o sistema atende às necessidades, não necessitando de modificações. Entretanto, recomenda-se que, para os papéis, sejam sempre utilizadas caçambas com cobertura contra as chuvas, evitando o contato do material com a água.

Sugere-se, ainda, a criação de mais PEVs (Postos de Entrega Voluntária), principalmente de resíduos especiais (pilhas, baterias, lâmpadas e vasilhames de óleos) onde a população poderá, com maior comodidade, entregar estes resíduos.

Os resíduos originados em Portos e Aeroportos deverão receber o mesmo tratamento dos RSS, conforme determina a Resolução CONAMA 05/1993. Serão recolhidos pelo sistema de coleta alternativa que fará, também, a coleta dos RSS.

Os equipamentos de recebimento desses resíduos deverão permitir o acondicionamento de volumes maiores que os recebidos nos recipientes da coleta

doméstica, devido à imprevisibilidade quanto a forma e o volume dos resíduos a serem recebidos. Os funcionários do Aeroporto e do Porto deverão receber orientação quanto aos riscos do manuseio desses resíduos e suas formas de proteção.

7.2.2 - O Sistema de Coleta

A eficiência e a regularidade da coleta, sob o ponto de vista sanitário/ambiental, reduzem os perigos decorrentes de mau acondicionamento na fonte. A regularidade da coleta proporciona a adequação da deposição dos resíduos às demais rotinas domésticas ou comerciais.

O sistema de coleta deve ser organizado de forma a produzir o maior rendimento possível e servir, pela sua pontualidade e manuseio dos resíduos, como fonte de estímulo para participação efetiva e comprometimento da comunidade.

O trabalho de conscientização deve assumir um caráter de elevada importância, tornando-se necessário que, nas palestras e treinamentos ministrados, sejam abordados princípios de cidadania, cuidados ligados à conservação do equipamento e dos recipientes, além dos imprescindíveis conhecimentos de ordem sanitária, eliminando-se os riscos potenciais causados pelos resíduos sólidos.

O planejamento e a organização de um bom sistema de coleta, sob o ponto de vista econômico, são fundamentais, tendo em vista que esta fase corresponde de 50% a 80%, e às vezes mais, do custo das operações de limpeza, nos centros urbanos. Assim, a coleta e transporte devem garantir os seguintes requisitos:

- A universalidade do serviço prestado;
- A regularidade da coleta (periodicidade, freqüência e horário): A irregularidade faz com que a coleta deixe de ter sentido sob o ponto de vista sanitário e passe a desestimular a comunidade envolvida.
- A periodicidade: os resíduos sólidos devem ser recolhidos em períodos regulares. O intervalo entre uma coleta e outra deve ser o mais curto possível. Para o clima tropical úmido, aconselha-se coleta diária, sendo aceitável fazê-la em dias

alternados; a frequência de coleta dependerá dos parâmetros estabelecidos para a execução e disponibilidade de equipamento.

No que se refere à coleta e ao transporte dos resíduos sólidos, podem ser utilizados vários tipos de veículos como carroça de tração animal, motocicletas, caçamba convencional do tipo “prefeitura”, caçamba basculante, caminhão com e sem compactação.

O sistema atual de coleta em Porto Trombetas, que conta com equipamentos convencionais também terá que se adaptar às novas condições operacionais, ou seja, à medida que as lixeiras forem sendo substituído pelas novas lixeiras com tampas, o veículo coletor de lixo seco deve ter sua carroceria substituída por outra que não seja compactadora.

Recomenda-se a substituição por carroceria tipo baú carga seca com medidas externas aproximadas de 5,0 x 2,6 x 2,4m (28m³), estrutura de caixa em alumínio frisado e ripamento interno, portas traseiras com abertura total e cortadas logo abaixo da metade, com vão livre superior, além de assoalho compensado naval com cobertura em 02 demãos de *fiberglass* estilo piscina com 0,50 cm acima do assoalho para evitar vazamento de percolado, suporte traseiro com pegadores para operários coletores e plotagem da carroceria, conforme exemplo da figura **7.2.3-1**.

Este tipo de coleta permitirá uma melhor triagem dos materiais recicláveis, o que a princípio, poderá ocorrer dentro do próprio caminhão, principalmente nos locais que já possuem boa segregação na fonte, como no caso da escola de Trombetas. É aconselhável que seja mantido um compactador para efetuar eventuais repasses do caminhão baú. A remoção das caixas Dempster continuará a ser feita através de caminhões Brooks (poliguindastes).

Para a coleta do lixo serão necessários apenas o motorista e dois auxiliares. Neste caso, mantêm-se o modo de coleta feito pelo caminhão compactador, ou seja, os auxiliares ficarão na parte traseira do caminhão, efetuando a retirada de lixo dos coletores e inserindo-os no baú do caminhão.

Com a implantação deste novo sistema, deverão ser revistas as rotinas operacionais de coleta e transporte, como por exemplo, rotas, tempo de coleta, treinamentos e pontos específicos.

A figura 7.2.1-1 ilustra o novo modelo de coleta.



Figura 7.2.3-1. Exemplo de coleta com caminhão baú.
Fonte: Saite Cartilha Itaurb

Ressalta-se ainda que, devido a nova localização do incinerador, na Central de Tratamento de Resíduos, haverá necessidade de transportar os resíduos de serviços de saúde até este local. Para o transporte destes resíduos, recomendou-se no Relatório Técnico do Incinerador a adoção de um furgão leve, tipo Fiorino, com compartimento de carga estanque, isolado da cabine, e capacidade de carga de até 500 kg, ou outro similar.

7.3 PROGRAMAS E METAS

Deverão ser elaborados e implementados programas de educação ambiental que visem à conscientização e o desenvolvimento social da população de Porto Trombetas, bem como da comunidade do “entorno”. Estes programas deverão ser integrados, concomitantemente, ao processo de implantação das ações propostas, de forma a maximizar os resultados a serem obtidos.

As ações de educação ambiental deverão ser desenvolvidas em escolas, e sob a forma de programas de sensibilização junto à população, além de treinamento e capacitação dos funcionários do sistema de limpeza urbana de Porto Trombetas. Tais programas deverão ser focados em segregação, redução e reutilização dos resíduos sólidos gerados pela população.

Caberá ao Gestor do sistema de limpeza urbana estimular o desenvolvimento dos Programas de educação ambiental, bem como criar e desenvolver metas e indicadores para os resultados a serem obtidos.

7.3.1 - Minimização da Geração de Resíduos na Fonte

Redução na Fonte significa evitar a geração do lixo atuando antes que o lixo seja produzido. Ela ocorre durante o *design*, a fabricação, a compra e uso dos produtos e materiais. As estratégias incluem a utilização de menos material por produto, extensão da vida útil dos produtos e materiais e redução na geração total dos resíduos.

Enquanto a reciclagem e compostagem auxiliam as comunidades a reduzir o volume de lixo encaminhado para os aterros, a Redução na Fonte reduz a quantidade total de lixo gerado através da implementação da eficiência de como usamos os materiais.

A Redução na Fonte consegue economizar dinheiro através da redução de compras, redução da quantidade e custo da coleta e disposição e construção da consciência pública sobre a importância da conservação dos recursos. Dentre as principais vantagens da Redução na Fonte temos:

- Economia de dinheiro através de compras reduzidas;
- Aumento da eficiência e da produtividade;
- Redução dos custos de coleta e disposição de resíduos;
- Envolvimento da comunidade na conservação de recursos;
- Ajuda à administração local no corte de custos;
- Evidencia comprometimento ambiental;
- Conserva os recursos naturais.

Para iniciar um programa de redução de resíduos na fonte a administração do sistema de limpeza urbana deve seguir as estratégias utilizadas por programas bem sucedidos, dentre as quais destacamos:

- Fixar um objetivo mensurável: Fixar um objetivo para a redução na fonte é um bom primeiro passo. Este objetivo deve ser integrado com objetivos de reciclagem. Também é importante que seja gerido o sucesso do programa e o avanço à medida os objetivos vão sendo alcançados.
- Fixar prioridades: Através do acesso à composição do fluxo de resíduos, a comunidade pode definir como prioridade os materiais que compreendem a maior porção de tal fluxo, que são difíceis de serem reciclados, que são fáceis de serem reduzidos ou que têm significativo impacto ambiental negativo.
- Identificar recursos pessoal e orçamentário: Os programas de redução na fonte requerem um investimento na equipe de trabalho, materiais, auditoria dos resíduos e outros investimentos.
- Formar parcerias: É bastante útil e motivador a formação de parcerias com empresas interessadas em relacionar sua imagem à preservação ambiental, como universidades e organizações sem fins lucrativos.
- Promover o programa: É fundamental que o programa atinja os residentes, os visitantes e, principalmente, os administradores locais, seja através de workshops, mídia eletrônica, imprensa local, vídeos gratuitos, propaganda no trânsito e correspondência direta. As comunidades têm tido sucesso com slogans de efeito tal como "Seja Dupla Face Hoje" ou "A Repetição Se Paga", para encorajar as cópias dupla-face.

Cabe ressaltar que estes tipos de programas populares são muito dependentes de incentivos política interna da empresa e investimentos econômicos. Por esta razão, será apresentado duas alternativas a serem adotadas pela administração do sistema de limpeza urbana:

1. Regulações coercitivas - abrangendo regras de minimização de resíduos explícitas, diretas e auto-executáveis, que devem ser obedecidas pelos geradores, manuseadores e gerenciadores de resíduos - com penalidades para aqueles que não cumprirem;

2. Incentivos psicossociais, bem como econômicos, direcionados a motivar o desenvolvimento no fundo das "mentes e corações" das agências e indivíduos da vontade de atingir os comportamentos de minimização de resíduos objetivados.

7.3.2. Definição de Metas

Deverão ser estabelecidas metas específicas para cada um dos atores envolvidos na gestão e operação do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de Porto Trombetas, de maneira a possibilitar a definição de parâmetros e mensuração dos resultados. As metas deverão ser significativas e possíveis de serem alcançadas e definidas mediante análise dos cenários atuais e futuros.

As metas deverão ser estabelecidas pelo Gestor, tanto nas fases de implantação quanto na operação das ações propostas, de maneira a favorecer o alcance dos resultados esperados.

8. ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA

A estimativa orçamentária, tanto para os investimentos quanto para a operação do sistema, foram tomadas com base nas ações de implementação e operação propostas neste trabalho, incluindo a adequação das Lagoas Facultativas. Alguns equipamentos propostos foram contemplados com propostas comerciais e técnicas, as quais se encontram em anexos. As figuras 8.1-1 e 8.2-1.

8.1. CUSTOS DE INVESTIMENTO

Figura 8.1-1. Custos estimados de investimentos para implantação.

ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA - INVESTIMENTO					
Item	Discriminação	Und.	Qtd.	(R\$) Unitário	(R\$) Total
1.	Aterro Sanitário em Valas	-	-	-	420.000,00
1.1.	Obra de implantação inicial	Obr	1	240.000,00	240.000,00
1.2.	Instalação dos Piezômetros	Obr	18	10.000,00	180.000,00
2.	Incinerador	-	-	-	735.000,00
2.1.	Novo Incinerador	Maq	1	545.000,00	545.000,00
2.2.	Frete (RS à Belém/PA)	Serv	1	10.000,00	10.000,00
2.3.	Elaboração e execução de infra - estrutura	Serv	1	100.000,00	100.000,00
2.4.	Veículo de transporte para RSS	Maq	1	80.000,00	80.000,00
3.	Leito de Secagem	-	-	-	395.000,00
3.1.	Obra	Obr	1	152.855,00	152.855,00
3.2.	Chassi Caminhão Cargo para Limpa Fossa	Maq	1	176.615,00	176.615,00
3.3.	Equipamento Limpa fossa 15.000 lts.	Maq	1	55.530,00	55.530,00
3.4.	Adequação da rede de drenagem da UTC	Obr	1	10.000,00	10.000,00
4.	Adequação das lagoas facultativas	-	-	-	295.000,00
4.1.	Obra	Obr	1	295.000,00	295.000,00
5.	limpeza Urbana	-	-	-	339.000,00
5.1.	Aquisição de coletores 120 L c/ rodas	Pç	2.200	120,00	264.000,00
5.3.	Adequação de baú em caminhão compactador + plotagem	Cj	1	25.000,00	25.000,00
5.4.	Deslocamento do caminhão para adaptação (frete p/ Belém - PA)	Serv	1	5.000,00	5.000,00
5.5.	Balança Rodoviária 40 t	Cj	1	30.000,00	30.000,00
5.6.	Frete e infra - estrutura para a balança	Serv	1	15.000,00	15.000,00
TOTAL					2.184.000,00

8.2. CUSTOS DE OPERAÇÃO DO NOVO PROJETO

Figura 8.2-1. Custos estimados operação do sistema proposto.

ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA - CUSTO DE OPERAÇÃO								
Item	Discriminação	Qtd.	Mensal	semanal	Anual	Custo Unitário	Total Mensal	Total anual
1.	Aterro sanitário em Valas	-	-	-	-	-	4.467,33	53.608,00
1.1.	Abertura de nova Vala	1,4	-	-	X	9.720,00	1.134,00	13.608,00
1.2.	Mão - de - Obra de operação do aterro sanitário (valas)	2	X	-	-	1.000,00	2.000,00	24.000,00
1.3.	Análises laboratoriais para o Monitoramento	1	-	X	-	8.000,00	1.333,33	16.000,00
2.	Incinerador	-	-	-	-	-	8.900,00	106.800,00
2.1.	Mão de obra para operação do incinerador	4	X	-	-	1.000,00	4.000,00	48.000,00
2.2.	Combustível do incinerador (litros)	300	X	-	-	3	900,00	10.800,00
2.3.	Custo de transporte de RSS	1	X	-	-	4.000,00	4.000,00	48.000,00
3.	Leito de Secagem	-	-	-	-	-	14.000,00	168.000,00
3.1.	Mão de obra para operação do leito	4	X	-	-	1.000,00	4.000,00	48.000,00
3.2.	Custo de transporte do lodo	1	X	-	-	10.000,00	10.000,00	120.000,00
4.	Adequação das Lagoas facultativas	-	-	-	-	-	2.000,00	24.000,00
4.1.	Mão de obra para operação da nova lagoa	2	X	-	-	1.000,00	2.000,00	24.000,00
5.	Gestor (Equipe gestora)	-	-	-	-	-	10.000,00	120.000,00
5.1.	Gestor de projetos	1	X	-	-	4.000,00	4.000,00	48.000,00
5.2.	Responsável Técnico	1	X	-	-	4.000,00	4.000,00	48.000,00
5.3.	Estagiário Técnico	1	X	-	-	2.000,00	2.000,00	24.000,00
	TOTAL						39.367,33	472.408,00

9. CRONOGRAMA

A seguir demonstra-se o cronograma básico de atividades para a implantação e operação das ações propostas no Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Porto Trombetas. Cabe ressaltar que a ordem cronológica das atividades poderá ser redimensionada pelo Gestor, mediante prioridades a serem cumpridas.

Quadro 9-1. Cronograma Licenciamento Ambiental e de Obras com as ações propostas.

Anexo 1 e 2

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de auxiliar as decisões corporativas da MRN, listamos os encaminhamentos a serem implementados, bem como no sentido da operacionalização dos procedimentos recomendados, apresenta-se neste capítulo, de forma sintética, as proposições e recomendações da equipe técnica da Habtec, constantes no Relatório Final - PGIRSU.

Merecem destaque, nesta síntese, os processos de descarte do lodo e de incineração, pelo fato de serem processos fundamentais ao modelo de gestão de resíduos proposto, integrando o atual complexo denominado Aterro e UTC e originando a “Central de Tratamento de Resíduos”.

Ressalta-se, ainda, que na análise técnica das alternativas de disposição de resíduos, bem como no modelo de gestão proposto, a incineração é considerada uma etapa fundamental de todo o processo, por promover o tratamento dos resíduos antes da disposição final além de reduzir significativamente o volume total de resíduos a ser aterrado.

10.1 O DESCARTE DO LODO DA ETE

Como já mencionado no a escolha da alternativa de manejo do lodo gerado na ETE de Porto Trombetas pelo processo de *Leito de Secagem* ampara-se na simplicidade técnica de implantação e na facilidade de operação deste processo, com a implantação do novo modelo de gestão.

Além dos custos de implantação e operação inferiores aos demais sistemas, os leitos de secagem requerem baixo emprego de homem/hora em todos os processos necessários à sua operação.

Igualmente fundamental para este direcionamento, foi a constatação *in loco* e laboratorial, da eficiência do sistema de tratamento de esgotos de Porto Trombetas. A operação e os resultados da ETE são dignos dos maiores elogios.

A localização do leito de secagem, na área da nova CTR, indiretamente, preserva as condições de trabalhabilidade, tão importantes nas inspeções, manobras e manutenções necessárias à preservação do bom funcionamento da ETE. Tal proposição se alinha ao objetivo de se concentrar na área de Aterro/UTC todo o processo de tratamento de resíduos.

Justificou-se o dimensionamento do leito de secagem, baseando-se nas normas técnicas brasileiras pertinentes e no cálculo estimado de geração de lodo através da

Figura 10.1-1. Comparação relativa entre a produção volumétrica per capita de lodo gerado (lodo líquido a ser tratado) em vários sistemas de tratamento de esgotos.

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2001.

Referente à área atual de descarte do lodo, o resultado da análise do material depositado, resultou na conclusão que este material não possui elementos que o caracterizam como perigoso. Este fato, além de oferecer menores riscos no manejo, viabilizará uma técnica de recomposição da área mais econômica.

A recuperação da área se dará com a retirada de todo o material existente, através da sucção da parte mais fluida, a raspagem da camada de lodo mais adensada ao fundo e laterais da vala, o recobrimento com terra e, por fim, com a recomposição paisagística.

Trata-se de um conjunto de ações consideradas simples e não menos suficientes e eficazes para a eliminação da situação atual. São atividades que devem ser executadas com o objetivo de remover a maior parte de material possível e destiná-la, adequadamente, às instalações da ETE e do leito de secagem.

A recomposição paisagística representa uma ação importante para o tratamento do passivo existente, sendo fundamental a supervisão técnica das atividades de preparação para esta ação.

Cabe destacar, que as adequações propostas serão suficientes e que, como percebe-se pelo fluxo dos resíduos tratados, dependem da implementação do modelo de gestão proposto. Reforça-se, neste ponto, que no caso de contaminação futura do lençol freático ou do solo, detectada em áreas próximas desta vala, descarta-se, a princípio, a possibilidade de imputar-se ao descarte atual de lodo, sua causa.

O Plano de Monitoramento proposto objetivou, também, o controle e a confirmação deste importante e positivo aspecto.

10.2. ANÁLISE TÉCNICA DAS ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO

Destaca-se que, na elaboração do Plano proposto, considerou-se três possibilidades distintas de destinação final dos resíduos gerados em Porto Trombetas:

1. Aterro Sanitário e Incineração apenas dos resíduos biológicos das unidades hospitalares;
2. Aterro Sanitário e Incineração da fração seca de alto poder calorífico;
3. Incineração de todos os resíduos e rejeitos de processamento, com Aterro Sanitário para destinação das cinzas e dos refugos do incinerador.

A restrição ao recebimento da totalidade dos resíduos no Aterro Sanitário baseia-se nas características geotécnicas do solo em questão, que apresenta um elevado coeficiente de permeabilidade, já que as demais condicionantes analisadas (distâncias de corpos d'água e de núcleos residenciais, profundidade do lençol freático, distância de rios e córregos relevantes e outras) se acham plenamente atendidas.

A decisão sobre qual alternativa representasse a melhor opção, tomou por base uma breve análise econômica dos cenários aventados, uma vez que, sob o ponto de vista técnico, todas as alternativas se mostravam viáveis.

Na alternativa 1, temos um tratamento apenas dos RSS , originados no Hospital de Porto Trombetas, como é feito atualmente. Diante das proposições pra o processo de incineração, vê-se que haverá uma ociosidade operacional, uma vez que o equipamento permite tratar 1200 kg/dia, operando 12 horas, enquanto que a quantidade de resíduos gerada é de apenas 20 kg/dia. Assim, a alternativa 01 incorre num custo operacional elevado, justificado pela ociosidade do equipamento.

Por outro lado, analisando-se a alternativa 2, vê-se que o número de valas programado atende, satisfatoriamente ao Projeto, prevendo-se uma quantidade total de resíduos a ser incinerada em torno de 1,19 t/dia, ou seja, 20 % do total de resíduos

gerado em Porto Trombetas. Isto implicará numa operação do incinerador por um período de 12 horas diariamente (02 turnos), reduzindo-se a ociosidade do equipamento e, conseqüentemente, o custo operacional.

Por fim, analisando-se a alternativa 3, o incinerador teria que processar, aproximadamente, um total de 4,8 t/dia (cerca de 82,5% da quantidade total), ou seja, haveria a necessidade de aquisição de dois equipamentos maiores, com capacidade de incinerar 200 kg/h, operando em dois turnos consecutivos.

Os riscos ambientais inerentes a esta última alternativa se prendem ao aumento da possibilidade de geração de dibenzo furanos e dibenzo dioxinas (gases tóxicos originados a partir da queima de compostos clorados, normalmente encontrados entre os plásticos e no lixo domiciliar). Este risco é minimizado na alternativa 02, com relativa redução da possibilidade de sua geração pelo menor volume de resíduos tratados.

Com base nestes elementos pode-se afirmar que a vida útil do Aterro Sanitário supera os 40 anos tomados como base de cálculo, e que o tempo de 20 anos é suficiente para a matéria orgânica estabilizar e permitir que se retorne ao aterramento na área da 1ª trincheira.

Desta forma, a área atualmente disponível é suficiente para receber os resíduos gerados na cidade, sem a necessidade de áreas adicionais num período superior a 40 anos (exceto no caso de ocorrer um significativo crescimento demográfico).

Por fim, diante das alternativas de disposição consideradas, os seguintes aspectos foram considerados:

- Alternativa 01: Grande ociosidade do equipamento de incineração;
- Alternativa 02: Risco de geração de compostos organoclorados em menor grau;
- Alternativa 03: Necessidade de aquisição de equipamentos de maior capacidade e elevação do risco de geração de compostos organoclorados.

10.3. ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO

Os dados utilizados para a comparação dos custos operacionais foram extraídos de instalações similares operadas por profissionais da nossa equipe técnica, sendo a maior parte delas no Rio de Janeiro. Foram assumidos os seguintes custos operacionais e valores de investimento:

1. Custo operacional de trincheira com matéria orgânica = R\$30,00/t;
2. Custo operacional de trincheira com material inerte = R\$22,00/t;
3. Custo operacional do incinerador com material de alto poder calorífico = R\$80,00/t;
4. Custo operacional do incinerador com material genérico = R\$180,00/t.

Em termos de investimento inicial, percebe-se que as alternativas 01 e 02 têm o mesmo valor de investimento, R\$ 1.305.000,00 (Hum milhão trezentos e cinco mil reais), enquanto que a alternativa 03 possui um acréscimo de investimento de R\$ 735.000,00 (Setecentos e trinta e cinco mil reais) aproximadamente.

Quanto ao custo operacional, constata-se que, a Alternativa 03 é a mais onerosa, seguida da Alternativa 02 e por último da Alternativa 01, que é a mais econômica. Entretanto, a ociosidade do equipamento de incineração é extremamente prejudicial para a vida útil do mesmo.

Portanto, recomenda-se a adoção da Alternativa 02. Assim ocorrerá o tratamento de toda a matéria orgânica na unidade de compostagem, incinerando-se todo o lixo biológico das unidades hospitalares, porto e aeroporto, juntamente com o material de alto poder calorífico, encaminhando-se os rejeitos das unidades de tratamento junto com o lixo excedente para as trincheiras do Aterro Sanitário.

Ter-se-á ganho ambiental e social importantes pela adequação do modelo proposto à legislação e aos modernos conceitos de gestão de resíduos, socialmente difundidos.

10.4 DESAFIOS

O verdadeiro desafio relacionado à questão do lixo diz respeito principalmente em como não gerar tal resíduo ou, pelo menos, minimizar sua geração. Em seguida, sendo inevitável a geração de determinados resíduos, deve-se identificar maneiras de processá-los e transformá-los em matérias-primas novamente. A destinação final, como o próprio nome diz, deve ser o fim de um processo e não uma solução, tomada como fato isolado.

A geração de resíduos é também uma questão de conscientização. Com o auxílio de programas de educação ambiental, pode-se criar o hábito social de determinados tipos de escolha, enquanto consumidores. O direito de escolha é exercido quando se rejeita produtos que possuam invólucros múltiplos – e às vezes desnecessários – ou se dá preferência a embalagens retornáveis em detrimento aos descartáveis, bem como quando se minimiza desperdícios dentro de casa.

O modelo de gestão proposto neste trabalho deverá permitir e facilitar a participação da população de Porto Trombetas na questão da limpeza urbana da cidade, resultando numa conscientização popular da importância do envolvimento de todos nas questões relativas ao “lixo”, e das várias atividades que compõem o modelo proposto.

Assim, espera-se a conscientização ambiental de todos - moradores, funcionários, visitantes e demais freqüentadores de Porto Trombetas - como agentes consumidores e geradores de “lixo”, resultando na redução da geração de lixo, no acondicionamento e disposição correta, objetivando serviços de coleta, tratamento e destinação final mais adequados tecnicamente além de menos onerosos.

Afirma-se, com segurança, que o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos de Porto Trombetas apresentado, ainda que com possíveis ajustes na sua implantação, promoverá benefícios que resultarão na melhoria da qualidade de vida dos moradores, na maior facilidade de gestão por parte da Administração da MRN e na conservação e preservação ambiental. Assim, tem-se o alinhamento do Plano aos pilares preconizados pela MRN: educação, saúde, meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.A. & PINHEIRO. V.L. (2007) – O papel das falhas na história do Domo de Monte Alegre, bacia do Médio Amazonas.4.0 PDPetro, Campinas (SP), p.1-8.

ANJOS, G.C. et al.(2003) – Estudo geoquímico das águas da região da Branquianticlinal de Monte Alegre (PA), com ênfase nas fontes termominerais. Geochim. Brasil 17 (2), p. 091-105.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

_____.NBR 9897: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

_____. NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

_____. NBR 12209: projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 7229: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

BARROS, R. T. V. et al. Saneamento. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995. (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 2).

Cartilha de Orientações Básicas para Organizar um Serviço de Limpeza Pública em Comunidade de Pequeno Porte – MMA/SEPURB/FNS.

CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem). Cadernos de Reciclagem – Caderno - 6. Compostagem – A outra metade da reciclagem. 2ª edição, 2001.

CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem). Gestão Sustentável do Lixo Urbano. Disponível em DVD.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Procedimentos para Implantação de Aterros Sanitários em Valas. São Paulo, 2005. 33p.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>> Acesso em: Março de 2008.

CONSTRUÇÃO MERCADO. A revista dos negócios da construção. nº. 79, Ano 61, PINI. Fevereiro de 2008. Disponível em: <<http://www.construcaomercado.com.br>>. Acesso em Março de 2008.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5).

D'ALMEIDA, M.L.O. ,VILHENA, A.(Coords.). Lixo Municipal – Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE. 2000. 2º ed. 370p.

FETTER, C.W. (2001) Applied Hydrogeology, Fourth Edition, Prentice Hall.

FOSTER, S. 1987. Fundamental Concept in Aquifer Vulnerability Pollution Risk and Protection Strategy. Proc. Intl. Conf. “Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution” (Nordwijk, The Netherlands, April 1987).

FOSTER, S. & HIRATA, R. C. A. Determinação de Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas, São Paulo. Bol. Inst. Geológico, São Paulo, n. 10. 1993.

FUNASA (Fundação Nacional da Saúde). Orientações técnicas para apresentação de projetos de resíduos sólidos urbanos. Brasília: Funasa, 2003. 46p.

IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal). Gestão de Resíduos Sólidos na Amazônia: A metodologia e os resultados de sua aplicação. 72p.

IBAM (Instituto Brasileiro de Administração Municipal). Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Amazônia: Como lidar com o lixo de maneira adequada.51p.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: Fevereiro de 2008.

KAWAI, H. Avaliação do desempenho de estações de tratamento de esgotos. CETESB. São Paulo, 1991.

KER, J.C. (1998) – Latossolos no Brasil – uma revisão. Rev. Geonomos, 5(1),p.17-40.

MILARÉ, Edis. Direito do Ambiente. Doutrina – Jurisprudência – Glossário. São Paulo, 2005. Editora Revista dos Tribunais. 4º edição. 1119 p.

MONTEIRO, J.H.P., et al. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

PULS, Robert W. & Michael J. Barcelona (1996). "Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground- Water Sampling Procedures." EPA Groundwater Issue, April 1996, 10 p. EPA/540/S- 95/504.

PROSAB. Alternativas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos Para Pequenas Comunidades – Coletânea de Trabalhos Técnicos. Rio de Janeiro. ABES & Projeto PROSAB, 2002. 104 p.

PROSAB. Alternativas de Usos de Resíduos do Saneamento. Rio de Janeiro. ABES & Projeto PROSAB. 2006. 417 p.

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - Elaine Pinto Varela Alberte, Alex Pires Carneiro e Lin Kan - Diálogos & Ciência -- Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana. Ano III, n. 5, jun. 2005.

SILVA, M.L. (2001) – Características das águas subterrâneas numa faixa norte-sul da cidade de Manaus (AM).Rev. REM, vol. 54 (2), Ouro Preto (MG), 2001.

VILHENA, A. Guia da Coleta Seletiva de Lixo. CEMPRE. São Paulo, 1999.

VON SPERLING, M. Lagoas de estabilização. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 3).

VON SPERLING, M. Lodos ativados. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. UFMG, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, vol. 4, 2ª ed. 2002.

VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. UFMG, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, vol. 2, 1996.

UEHARA, M.Y. Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas. São Paulo: CETESB, 1989.

<http://www.luftech.com.br/arquivos/incinerador.htm#modelos>

http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/residuos_tratamento.

<http://www.cempre.org.br>

<http://www.webresol.com.br>

<http://www.reciclagem.com.br>

<http://www.oglobo.globo.com/> Blog Planeta Terra

<http://www.brilhantels.com>

12 . ANEXOS

Anexo 1 – Cronograma fisico da Obra

Anexo 2 – Cronograma ambiental da obra

Anexo 3 – Mapa de proposições

Anexo 4 – Mapa do relevo regional

Anexo 5 – Mapa do relevo

Anexo 6 – Mapa Base

Anexo 7 – Mapa da Geologia da area

Anexo 8 – Carta de imagem da area do aterro

Anexo 9 – Modelo digital de elevação regional

Anexo 10 – Mapa de classe das declividades

Anexo 11 – Modelo digital de elevação do aterro

Anexo 12 – Mapa da unidade de conservação ambiental

**Anexo 13 – Projeto da Central de Tratamento de Resíduos detalhado – PL
Situação**