



José Carlos Gasparim

**Viabilidade de aproveitamento de resíduos de
tratamento de esgotos na construção civil**

Campinas

2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

José Carlos Gasparim

**Viabilidade de aproveitamento de resíduos de tratamento de esgotos na
construção civil**

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Antonio Paulon

**Tese apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia civil,
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de concentração
de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA PELO ALUNO JOSÉ CARLOS
GASPARIM E ORIENTADA PELO PROF. DR. VLADIMIR
ANTONIO PAULON**

PROF. DR. VLADIMIR ANTONIO PAULON

Campinas

2013

iii

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

G313v Gasparim, José Carlos, 1961-
Viabilidade de aproveitamento de resíduos de tratamento de esgotos na
construção civil / José Carlos Gasparim. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Vladimir Antonio Paulon.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Resíduos sólidos. 2. Materiais de construção. 3. Concreto. I. Paulon,
Vladimir Antonio, 1938-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Viability of harnessing of sewage treatment waste in civil construction

Palavras-chave em inglês:

Solid waste

Construction materials

Concrete

Área de concentração: Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora:

Vladimir Antonio Paulon [Orientador]

José Gilberto Dalfré Filho

Gladis Camarini

Angela Borges Masuero

André Luiz Bortolacci Geyer

Data de defesa: 25-09-2013

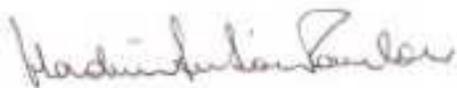
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**VIABILIDADE DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

José Carlos Gasparim

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



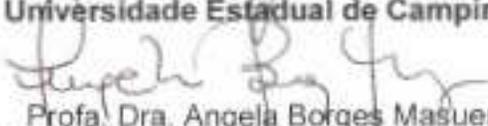
**Prof. Dr. Vladimir Antonio Paulon
Presidente e Orientador/Universidade Estadual de Campinas**



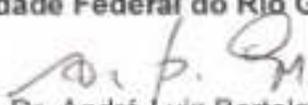
**Prof. Dr. José Gilberto Dalfré Filho
Universidade Estadual de Campinas**



**Profa. Dra. Gladis Camarini
Universidade Estadual de Campinas**



**Profa. Dra. Angela Borges Masuero
Universidade Federal do Rio Grande do Sul**



**Prof. Dr. André Luiz Bortolacci Geyer
Universidade Federal de Goiás**

Campinas, 25 de setembro de 2013

RESUMO

GASPARIM, José Carlos. **Viabilidade de aproveitamento de resíduos de tratamento de esgotos na construção civil**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 2013. 129p. Tese (doutorado).

Apesar do déficit da ordem de 50% incidente no tratamento de esgotos do país, o volume de resíduos produzidos nos grandes centros urbanos já é preocupante, em face da escassez de opções para sua destinação final. Ao passo que, foi identificada, nesses resíduos, a presença de dois materiais com características distintas, mas que apresentam potencial de reaproveitamento. São eles: uma considerável quantidade de areia introduzida no sistema durante o transporte e o próprio lodo orgânico. O aproveitamento mais prático desses materiais seria na agricultura, através de seu processamento para transformá-los em fertilizante. No entanto, as áreas mais urbanizadas, que são as maiores produtoras desses resíduos, não demandam por essa utilização, mas apresentam outras carências, como a de materiais de construção mais econômicos e de melhor qualidade. Este trabalho propõe o aproveitamento desses rejeitos na produção de materiais de construção, mais especificamente na fabricação de blocos de concreto para alvenaria; uma vez que a areia é um material tradicionalmente utilizado, como agregado, na produção de concretos e o lodo é passível de ser processado e utilizado como adição fina e, sob determinadas condições, apresentar propriedades pozolânicas. A propositura de tratamento dos rejeitos para viabilizar seu aproveitamento na construção civil envolve lavagem da areia com água de reuso e desinfecção térmica da areia e do lodo, utilizando energia de biogás produzido na própria Estação de Tratamento de Esgotos. Foram efetuados ensaios de caracterização dessas matérias primas e de blocos para alvenaria estrutural com elas produzidos, que apresentaram resultados muito promissores, indicando a possibilidade de efeitos microfiller e pozolânico do lodo tratado e vantagem na utilização da areia, devido à sua fina granulometria, além de redução de custos e eliminação de um passivo ambiental, o que viabilizaria, inclusive, a criação de uma linha de produção.

Palavras Chave: resíduos sólidos; materiais de construção; concreto.

ABSTRACT

GASPARIM, José Carlos. ***Viability of harnessing of sewage treatment waste in civil construction.*** Campinas: Civil Engineering, Architecture and Urbanism School – UNICAMP, 2013. 129p. Thesis (doctorate).

Despite the deficit of the order of 50% incident in sewage treatment in the country, the volume of waste generated in urban centers already is worrying, given the dearth of options to its final destination. Whereas been identified, these residues, the presence of two materials with different characteristics but which have a potential reuse. They are: a considerable amount of sand introduced into the system during transport and even the organic sludge. The use of these materials would be more practical in agriculture, through its processing to turn them into fertilizer. However, the more urbanized areas, which are major producers of such waste, no demand for that use, but have other needs, such as building materials cheaper and of better quality. This paper proposes the use of such wastes in the production of building materials, more specifically in the manufacture of concrete blocks for brickwork; since sand is a material traditionally used as aggregate in concrete production and the sludge is liable to be processed and used as a fine addition and under certain conditions, exhibit pozzolanic properties. The initiation of treatment of the tailings to enable their use in construction involves washing the sand with water reuse and thermal disinfection of sand and silt, using biogas energy produced on the Sewage Treatment Station. Characterization tests were made of these raw materials and for structural masonry blocks produced with them, which showed very promising results, indicating the possibility of microfiller and pozzolanic effects of treated sludge and advantage of using sand, due to its fine particle size, and cost reduction and elimination of environmental liability, which would enable even the creation of a production line.

Keywords: *solid waste; construction materials; concrete.*

SUMÁRIO

	página
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – OBJETIVO GERAL	5
1.2 – JUSTIFICATIVA	6
1.3 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4 – ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	7
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 – CARACTERIZAÇÃO DA ETE BARUERI	9
2.1.1 – Dados Gerais	10
2.1.2 – Sistema de Esgotamento Sanitário	10
2.1.3 – Limites Legais Impostos à ETE	10
2.1.4 – Localização	11
2.1.5 – Descrição do Processo	11
2.1.5.1 – Unidades da fase preliminar	15
2.1.5.2 – Unidades de tratamento da fase líquida	16
2.1.5.3 – Unidades de tratamento da fase sólida	18
2.1.5.4 – Sistemas de apoio	21
2.2 – RESÍDUOS SÓLIDOS DA ETE	23
2.2.1 – Areia	23
2.2.1.1 – Justificativa do reaproveitamento da areia	26
2.2.2 – Lodo	28
2.2.2.1 – Alternativas para disposição final do lodo	30

2.2.2.2 – Patógenos presentes no lodo	35
2.2.2.3 – Desinfecção do lodo	36
2.2.2.4 – Justificativa do aproveitamento do lodo	38
2.3 – BIOGÁS	40
2.3.1 – Histórico do Biogás	40
2.3.2 – Formação do Biogás	42
2.3.2.1 – Fatores que influenciam na formação do biogás	46
2.3.3 – Composição do Biogás	47
2.3.4 – Filtragem do Biogás	49
2.3.4.1 – Retirada do gás sulfídrico por óxido de ferro	51
2.3.4.2 – Remoção de gás sulfídrico e do dióxido de carbono por hidróxido de sódio, potássio ou cálcio	51
2.3.5 – Poder Calorífico do Biogás	52
2.3.6 – Riscos do Uso do Biogás	53
2.3.7 – Obtenção do Gás a Partir do Biodigestor	53
2.3.7.1 – Funcionamento do biodigestor	55
2.3.8 – Condições para Otimização de Digestores Anaeróbios	57
2.3.8.1 – Temperatura	57
2.3.8.2 – pH	58
2.3.8.3 – Concentração de matéria orgânica	58
2.3.8.4 – Nutrientes	59
2.3.8.5 – Compostos tóxicos e/ou inibidores	59
2.3.8.6 – Concentração de sólidos em suspensão (SS).....	60
2.3.9 – Aproveitamento do Biogás	60
2.4 – ÁGUA DE REÚSO	62
3 – MATERIAIS E MÉTODOS	65
3.1 – TRATAMENTO PROPOSTO PARA A AREIA	66
3.1.1 – Lavagem da Areia	66
3.1.2 – Desinfecção da Areia	68
3.1.3 – Análise e Caracterização da Areia	68
3.2 – TRATAMENTO PROPOSTO PARA O LODO	72

3.2.1 – Desidratação do Lodo	72
3.2.2 – Desinfecção do Lodo	74
3.2.3 – Análise e Caracterização do Lodo	78
3.3 – CORPOS-DE-PROVA E ENSAIOS	79
4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	83
4.1 – RESULTADOS DE ENSAIOS COM UTILIZAÇÃO DE AREIA DA ETE	83
4.2 – RESULTADOS DE ENSAIOS COM UTILIZAÇÃO DE LODO DA ETE	89
5 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	101
5.1 – INVESTIMENTOS	105
5.2 – ADMINISTRAÇÃO	107
5.3 – MÃO-DE-OBRA	109
5.4 – PRODUÇÃO	111
5.5 – RESULTADOS	111
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÃO DE FUTURAS PESQUISAS	115
REFERÊNCIAS	118
ANEXOS	129
ANEXO I - Parâmetros do Esgoto Tratado na ETE Barueri	
ANEXO II - Análise Microbiológica dos Resíduos	
ANEXO III - Caracterização do Resíduo: Areia	
ANEXO IV - Análise Granulométrica da Areia da ETE	
ANEXO V - Análise Granulométrica do Agregado Convencional	
ANEXO VI - Ensaio de Absorção	
ANEXO VII - Análise Dimensional	
ANEXO VIII - Avaliação Microbiológica da Matéria-Prima	
ANEXO IX - Ensaio de Resistência à Compressão	
ANEXO X - Resultados de Ensaio Químicos do Lodo	

**À
minha esposa Valquiria,
valente guerreira**

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai tecnológico e ora orientador, Prof. Dr. Vladimir Antonio Paulon, que há mais de três décadas me iniciou na área de materiais de construção; ao Prof. Dr. José Gilberto Dalfré Filho, ao Prof. Dr. André Munhoz Argollo Ferrão e ao Prof. Dr. Aparecido Fujimoto, pelo grande incentivo; ao Prof. Dr. André Luiz Bortolacci Geyer, pelo importante legado; à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo e à Companhia Brasileira de Tecnologia de Gás, pelas informações prestadas; aos alunos e colaboradores Israel da Silva Mota e Roberto Graciliano dos Santos, aos laboratórios de materiais de construção do Instituto Federal de São Paulo, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e demais laboratórios que participaram da elaboração dos ensaios tecnológicos.

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 1.1 – Autoclave industrial sugerida originalmente no tratamento dos resíduos	4
Figura 2.1 – Ilustração esquemática do fluxograma do sistema de tratamento de esgotos da ETE-Barueri.....	12
Figura 2.2 – Planta da ETE Barueri	13
Figura 2.3 – Vista geral da ETE Barueri	14
Figura 2.4 – Vista parcial da ETE Barueri	14
Figura 2.5 – Sistema de remoção de areia das caixas de retenção da ETE Barueri	24
Figura 2.6 – Areia removida das caixas de retenção	25
Figura 2.7 – Queimador de gás	28
Figura 2.8 – Lodo oriundo da etapa final do tratamento de esgotos da ETE Barueri	38
Figura 2.9 – Representação esquemática da Digestão Anaeróbia em três etapas	45
Figura 2.10 – Relação entre poder calorífico do biogás e o teor de metano no biogás	49
Figura 2.11 – Densidade do biogás em relação à concentração do metano	50
Figura 2.12 – Biodigestor	54
Figura 2.13 – Esquema interno de um biodigestor	54
Figura 2.14 – Fases da produção do biogás	55
Figura 3.1 – Lavador de areia	67
Figura 3.2 – Areia extraída do tratamento, após a referida lavagem	67

Figura 3.3 – Autoclave de laboratório utilizada no experimento	69
Figura 3.4 – Protótipo de forno utilizado na pesquisa	70
Figura 3.5 – Aspecto visual da areia desinfetada no protótipo de forno	70
Figura 3.6 – Amostragem da areia desinfetada no forno	71
Figura 3.7 – Determinação da quantidade de areia a ser analisada	71
Figura 3.8 – Leito de secagem drenante com cobertura vinílica translúcida proposto para desidratação do lodo	72
Figura 3.9 – Aspecto visual do lodo dessecado	73
Figura 3.10 – Separação de amostra de lodo <i>in natura</i>	74
Figura 3.11 – Determinação da quantidade de amostra de lodo <i>in natura</i> a ser submetida ao forno.....	75
Figura 3.12 – Submissão do lodo ao forno industrial	75
Figura 3.13 – Forno industrial utilizado no estudo.....	76
Figura 3.14 – Forno industrial utilizado no estudo.....	76
Figura 3.15 – Verificação da temperatura do forno industrial	77
Figura 3.16 – Lodo calcinado retirado do forno industrial	77
Figura 3.17 – Mistura dos materiais	80
Figura 3.18 – Moldagem de corpos-de-prova	81
Figura 3.19 – Corpos-de-prova moldados	81
Figura 3.20 – Cura dos corpos-de-prova	82
Figura 4.1 – Resultado dos ensaios de granulometria da areia da ETE	85
Figura 4.2 – Resultados dos ensaios de absorção de água para blocos moldados com uso de areia da ETE	86
Figura 4.3 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com uso de agregado convencional (pó-de-pedra)	87
Figura 4.4 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com substituição de 10% do agregado convencional pela areia da ETE	88
Figura 4.5 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com substituição de 50% do agregado convencional por areia da ETE	89

Figura 4.6 – Resultado dos ensaios de granulometria do lodo	91
Figura 4.7 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio óptico	92
Figura 4.8 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio eletrônico de varredura	92
Figura 4.9 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio eletrônico de varredura	93
Figura 4.10 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio eletrônico de varredura	93
Figura 4.11 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio eletrônico de varredura	94
Figura 4.12 – Espectro EDS dos cristais	94
Figura 4.13 – Espectro EDS do restante do material	94
Figura 4.14 – Resultados dos ensaios de absorção de água para blocos moldados com uso de areia e lodo da ETE	98
Figura 4.15 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com substituição de 50% do agregado convencional por areia da ETE e adição de 10% de lodo	99
Figura 4.16 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com substituição de 50% do agregado convencional por areia da ETE e adição de 15% de lodo	100
Figura 5.1 – Fluxograma geral do processo de tratamento	102
Figura 5.2 – Local identificado, com potencial para abrigar a produção	102
Figura 5.3 – Galpão passível de aproveitamento para abrigar a fábrica	103
Figura 5.4 – Interior do galpão destinado a abrigar a fábrica	103
Figura 5.5 – <i>Lay-out</i> proposto	104
Figura 5.6 – Fluxograma previsto para processo fabril	106
Figura 5.7 – Esquema ilustrativo do processo produtivo	106
Figura 5.8 – Forno rotativo sugerido para o processo	107

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 2.1 – Parâmetros da água de reúso produzida na ETE-Barueri.....	63
Tabela 4.1 – Resultados de ensaios de coliformes totais, coliformes termotolerantes, umidade, pH e teor de matéria orgânica para amostras de areia passada em autoclave a 90°C	85
Tabela 4.2 – Resultados de ensaios de coliformes totais, coliformes termotolerantes, umidade, pH e teor de matéria orgânica para amostras de areia passada em forno rotativo a 140°C	86
Tabela 4.3 – Resultados de ensaios de coliformes totais, coliformes termotolerantes, umidade, pH e teor de matéria orgânica para o lodo passado em autoclave a 90°C	91
Tabela 4.4 – Resultados de ensaios de coliformes totais, coliformes termotolerantes, umidade, pH e teor de matéria orgânica para o lodo passado em forno rotativo a 140°C	91
Tabela 4.5 – Resultados de ensaios de reatividade pozolânica	95
Tabela 5.1 – Investimentos fixos	105
Tabela 5.2 – Custos fixos	108
Tabela 5.3 – Despesas com pessoal	110
Tabela 5.4 – Receitas previstas	111
Tabela 5.5 – Resultados esperados em 12 meses	113

1 – INTRODUÇÃO

A disposição de resíduos sólidos de esgotos vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade e cuja amplitude cresce diariamente, tanto em países desenvolvidos, quanto naqueles em desenvolvimento, como reflexo da ampliação das redes de coleta de efluentes urbanos e do incremento dos níveis de tratamento (PEGORINI et al., 2003). Nesse contexto, os resíduos oriundos de Estações de Tratamento (ETE's) correspondem ao principal gerador de resíduos da cadeia coleta-afastamento-tratamento, para o qual deve ser dada uma destinação final adequada (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

A Região Metropolitana da Grande São Paulo (RMSP) tem aproximadamente 20 milhões de habitantes, com 82% do esgoto coletados. Do total de esgotos coletados, 68% são tratados em cinco estações de tratamento de esgotos. O sistema integrado de tratamento é composto por redes coletoras de esgoto, que são ligadas a uma rede interceptora, com 139 km de extensão. As cinco ETE's têm capacidade de tratar $18\text{m}^3/\text{s}$, com uma vazão média de $12\text{m}^3/\text{s}$.

A ETE-Barueri, que compõe o referido sistema, é a maior estação de tratamento de esgotos da América Latina. Foi projetada na década de 70 e está em operação desde 1988. Recebe esgotos da maior parte da cidade de São Paulo e também dos municípios de Jandira, Itapevi, Barueri, Carapicuíba, Osasco, Taboão da Serra e parte de Cotia e Embu, o que corresponde ao atendimento de 4.460.000 habitantes. Trata cerca de 60% do esgoto coletado na RMSP, com uma vazão de 9.500

l/s e estima-se que, até 2.018, a vazão chegue a 17.264 l/s. A produção atual de lodo da ETE-Barueri é de 200 toneladas por dia, com previsão de que a produção de lodo chegue a 517 t/dia, em 2018. A ETE-Barueri remove, também, 50 toneladas de areia da rede interceptora, areia esta que é introduzida na rede, principalmente, através de ligações clandestinas que lançam águas pluviais na rede coletora de esgoto. Atualmente, o lodo e a areia, retirados da ETE-Barueri, são encaminhados para um aterro sanitário, ensejando um considerável passivo ambiental.

Na verdade, a ETE-Barueri, dispõe as citadas 250 toneladas diárias de resíduos de esgoto em aterro sanitário do Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura de São Paulo – LIMPURB, que arca com o custo de transporte do material, em troca do tratamento do chorume gerado pelo aterro. Essa alternativa, porém, não é sustentável a longo prazo, devido à próxima saturação da capacidade do único aterro disponível.

A aquisição de novas áreas é dificultada devido a uma série de fatores, dentre eles a forte rejeição por parte da população lindeira, preço elevado das áreas existentes em torno das cidades e dificuldades em encontrar áreas que atendam aos requisitos técnicos.

Em suma, além da falta de espaço nos aterros sanitários, o lodo e a areia acarretam em elevados custos de transporte, bem como de custos relativos a outros aspectos operacionais.

Outros aspectos desfavoráveis dessa alternativa são a tecnologia e o grau de conhecimento necessários para se operar um aterro dentro de condições mínimas necessárias de segurança e sustentabilidade (ANDREOLI et al., 1999, 2001, 2003).

Os múltiplos aspectos envolvidos no sistema, tais como: considerável volume de material gerado, limitações de disponibilidade de áreas para destinação final, elevado custo operacional para disposição adequada e outros aspectos de ordem sanitária e ambiental, tornam a gestão de resíduos de ETE bastante complexa. A

importância da necessidade de sua adequação foi reconhecida na Agenda 21 (ONU/CNUMAD, 1992), através do tema “Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos”, cujas orientações básicas prevêm: minimização da produção, aproveitamento máximo das tecnologias de reutilização e reciclagem, tratamento e disposição ambientalmente saudáveis e incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias (PEGORINI, et al., 2003).

A alternativa da reciclagem tem o grande benefício de transformar um resíduo problemático e de difícil disposição em um insumo, que possa incrementar a cadeia produtiva, ao que se costuma chamar de sistema logístico reverso; podendo ainda reduzir custos e garantir a responsabilidade sócio-ambiental das empresas. A reciclagem traz, também, vantagens indiretas ao homem e ao meio ambiente, tais como: redução de efeitos negativos da destinação, muitas vezes dependentes de recursos não renováveis e que, inclusive, afetam a biosfera.

Em se tratando de resíduos de estações de tratamento de esgotos, a alternativa naturalmente mais prática de reciclagem parece ser através da produção de fertilizantes, que, aliás, constituiu matéria de diversos estudos já realizados. No entanto, há que se considerar que a maior incidência desses resíduos concentra-se, como no caso da ETE-Barueri, junto a grandes centros urbanos, distante dos locais onde essa aplicação poderia ser factível, o que faz se deparar, não somente com os problemas de transporte, mas também com a perecibilidade dos nutrientes que tornariam o produto utilizável na lavoura.

Nesse contexto, a proposta que se apresenta como bastante promissora, na reciclagem de resíduos de tratamento de esgotos, consiste em sua aplicação na construção civil, que corresponde a um dos maiores setores de atividade urbana.

A hipótese que norteia o presente trabalho é de que a areia oriunda das caixas de retenção da Estação de Tratamento de Esgotos, ao invés de ser descartada nos já escassos aterros, possa ser tratada, mediante lavagem com água de reúso produzida

na própria ETE e, posteriormente, desinfectada através de tratamento térmico em autoclave ou forno, cujo combustível possa ser o biogás exalado nos digestores de esgotos, garantindo a auto-sustentabilidade do processo. A Figura 1.1 mostra uma autoclave industrial, através da qual, inicialmente se vislumbrou a possibilidade de desinfecção dos resíduos do esgoto.



Figura 1.1 – Autoclave industrial sugerida originalmente no tratamento dos resíduos

Pretende-se que, após o tratamento, a areia possa ser aproveitada, como agregado, para confecção de artefatos de concreto, essencialmente blocos para alvenaria, a baixo custo e com igual ou melhor qualidade que os disponíveis no mercado.

Espera-se, também, que o lodo possa ser dessecado e, da mesma forma, desinfectado em autoclave ou forno alimentado pelo biogás e utilizado como adição fina ou calcinado e utilizado como adição pozolânica (MORAES, 2001), na elaboração dos concretos para confecção dos artefatos supracitados. Presume-se que essas adições possam melhorar as propriedades do produto (NEVILLE, 1997) , ao mesmo tempo em que se reduz o passivo ambiental provocado atualmente.

1.1 – OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo geral apresentar o estudo da viabilidade técnico-econômica do aproveitamento de resíduos sólidos, oriundos da Estação de Tratamento de Esgotos (devidamente desinfectados com recursos da própria ETE) na construção civil, mediante a implantação de uma unidade de produção de artefatos de concreto, que irá utilizá-los como matéria prima, evitando que os mesmos resultem em passivo ambiental.

O estudo é desenvolvido originalmente para a ETE-Barueri, uma vez que se trata da maior Estação de Tratamento de Esgotos da América Latina e, conseqüentemente, a que produz maior quantidade de resíduos. No entanto, pretende-se que a viabilidade possa ser extrapolada, guardadas as devidas proporções, para quaisquer outros sistemas similares.

1.2 – JUSTIFICATIVA

A presente propositura se apresenta como mecanismo pioneiro, capaz de transformar passivos ambientais em insumos e produtos para o setor da construção civil e, assim, contribuir para a preservação ambiental, bem como para o desenvolvimento sócio-econômico da comunidade onde será implantado.

1.3 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste estudo correspondem à demonstração da viabilidade de:

- desinfecção dos resíduos sólidos produzidos na Estação de Tratamento de Esgotos;
- aproveitamento energético de gases emanados no processo de tratamento de esgotos para obtenção dessa inertização;
- obtenção de material aproveitável, a partir desses resíduos;
- utilização desse material como matéria-prima para confecção de elementos construtivos;
- propriedades técnicas dos materiais produzidos iguais ou superiores às dos produtos comerciais comuns;
- redução de passivo ambiental;

- vantagem econômica, devido à redução de descartes e respectivos custos;
- vantagem econômica devido à redução de custos de produção de materiais de construção;
- viabilidade de produção comercial desses materiais;
- sustentabilidade do processo e
- possibilidade de produção de habitações de interesse social com menor custo.

1.4 – ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, sendo que os capítulos que seqüenciam este primeiro introdutivo podem ser sintetizados conforme segue.

No Capítulo 2, intitulado Revisão Bibliográfica, são apresentados dados gerais do sistema, características dos resíduos produzidos e propriedades dos gases emanados.

No Capítulo 3, denominado Materiais e Métodos é descrita a metodologia adotada para desenvolvimento da pesquisa de modo a simular as condições previstas para um processo de tratamento em escala real e são abordados os ensaios tecnológicos adotados para verificação das propriedades dos materiais.

No Capítulo 4, chamado Apresentação e Análise dos Resultados, desenvolve-se apresentação e análise dos resultados obtidos para os ensaios tecnológicos supracitados.

No Capítulo 5, é apresentada Análise da Viabilidade Econômica da propositura.

No Capítulo 6, intitulado Considerações Finais, são apresentadas as conclusões atingidas e sugestões para futuros trabalhos.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – CARACTERIZAÇÃO DA ETE-BARUERI

Segundo dados fornecidos pela SABESP (2009), a Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri foi projetada na década de 70 e está em operação desde 1988. É uma estação de tratamento que opera através do sistema de lodos ativados por mistura completa. Essa estação de tratamento foi projetada, originalmente, para uma vazão média máxima de $63\text{m}^3/\text{s}$. A divisão, em fases de expansão da estação, exigiu nove módulos, cada um dimensionado para tratar $7,0\text{m}^3/\text{s}$.

Em 1985, na Revisão e Atualização do Plano Diretor de Esgotos da Rede Metropolitana de São Paulo, a vazão máxima planejada foi reduzida para $28,5\text{m}^3/\text{s}$ e cada módulo teve sua capacidade máxima recalculada. O módulo existente foi então adequado e hoje apresenta capacidade nominal de $9,5\text{m}^3/\text{s}$ (vazão média). A estação deverá ser implementada visando atingir a capacidade final de $28,5\text{m}^3/\text{s}$.

Desse modo, atualmente a capacidade da estação é de 9,5 mil litros por segundo, no entanto, a vazão média que hoje aflui à estação está em torno de 7,0 mil litros por segundo.

O corpo receptor final de efluentes da estação é o Rio Tietê.

2.1.1 – Dados Gerais

Início da Operação: 11 de Maio de 1988

População Equivalente de Projeto: 4,4 milhões de habitantes

Vazão Média de Projeto: 9,5 mil litros por segundo

Vazão Atual: 7mil litros por segundo

Área da Planta: 864.000m²

Tipo de Planta: Processo de tratamento de lodo ativado convencional e em nível secundário, com grau de eficiência de 90% de remoção de carga orgânica medida em Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

2.1.2 – Sistema de Esgotamento Sanitário

Os esgotos são transportados para a estação através de um sistema de esgotamento constituído por interceptores, sifões, travessias, emissários, totalizando 73km de extensão com diâmetros entre 0,60m e 4,50m.

2.1.3 – Limites Legais Impostos à ETE (média mensal)

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): 60mg/l ou 80% de remoção;
- Sólidos Solúveis (SS): 0,1 ml/L;
- Acidez (pH): 5,0 a 9,0.

2.1.4 – Localização

A Estação está localizada no município de Barueri e serve a maior parte do município de São Paulo, além das cidades de Jandira, Itapevi, Barueri, Carapicuíba, Osasco, Taboão da Serra e partes de Cotia e Embu.

2.1.5 – Descrição do Processo

O processo de tratamento de esgotos da ETE-Barueri é efetuado através do sistema de lodos ativados convencionais, desenvolvido na Inglaterra em 1914, que consiste, primeiramente, em remover materiais sólidos grosseiros do esgoto; em seguida é feita a remoção de sólidos em suspensão, não grosseiros, por sedimentação e finalmente efetuada a remoção da matéria orgânica. A remoção da matéria orgânica é uma etapa biológica que consiste em acelerar os mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente nos corpos receptores; nessa etapa ocorrem reações bioquímicas realizadas por microorganismos, formando blocos biológicos (lodo ativado) que posteriormente são removidos por sedimentação. Nas etapas de sedimentação são gerados subprodutos que se constituem, basicamente, dos lodos, que são tratados por desaguamento e têm disposição final em aterro sanitário.

As Figuras 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 mostram, respectivamente, o fluxograma, a planta e imagens do sistema de tratamento de esgotos da ETE-Barueri.

O, assim chamado, processo de tratamento de esgotos de lodo ativado convencional pode ser subdividido em três fases: tratamento preliminar, tratamento da fase líquida e tratamento da fase sólida; conta, ainda, com um sistema de apoio.

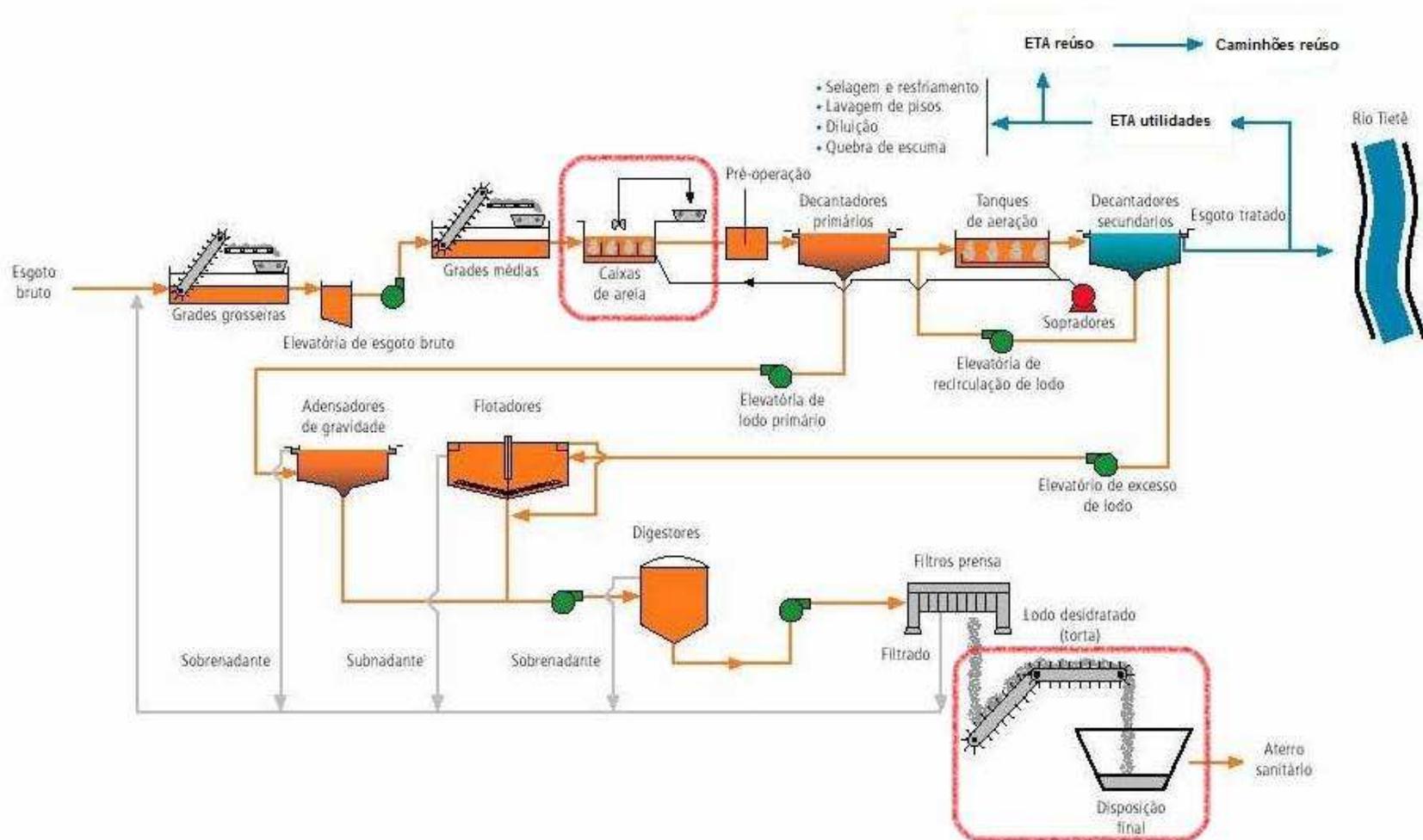


Figura 2.1 – Ilustração esquemática do fluxograma do sistema de tratamento de esgotos da ETE-Barueri: em destaque, os pontos geradores de resíduos sólidos

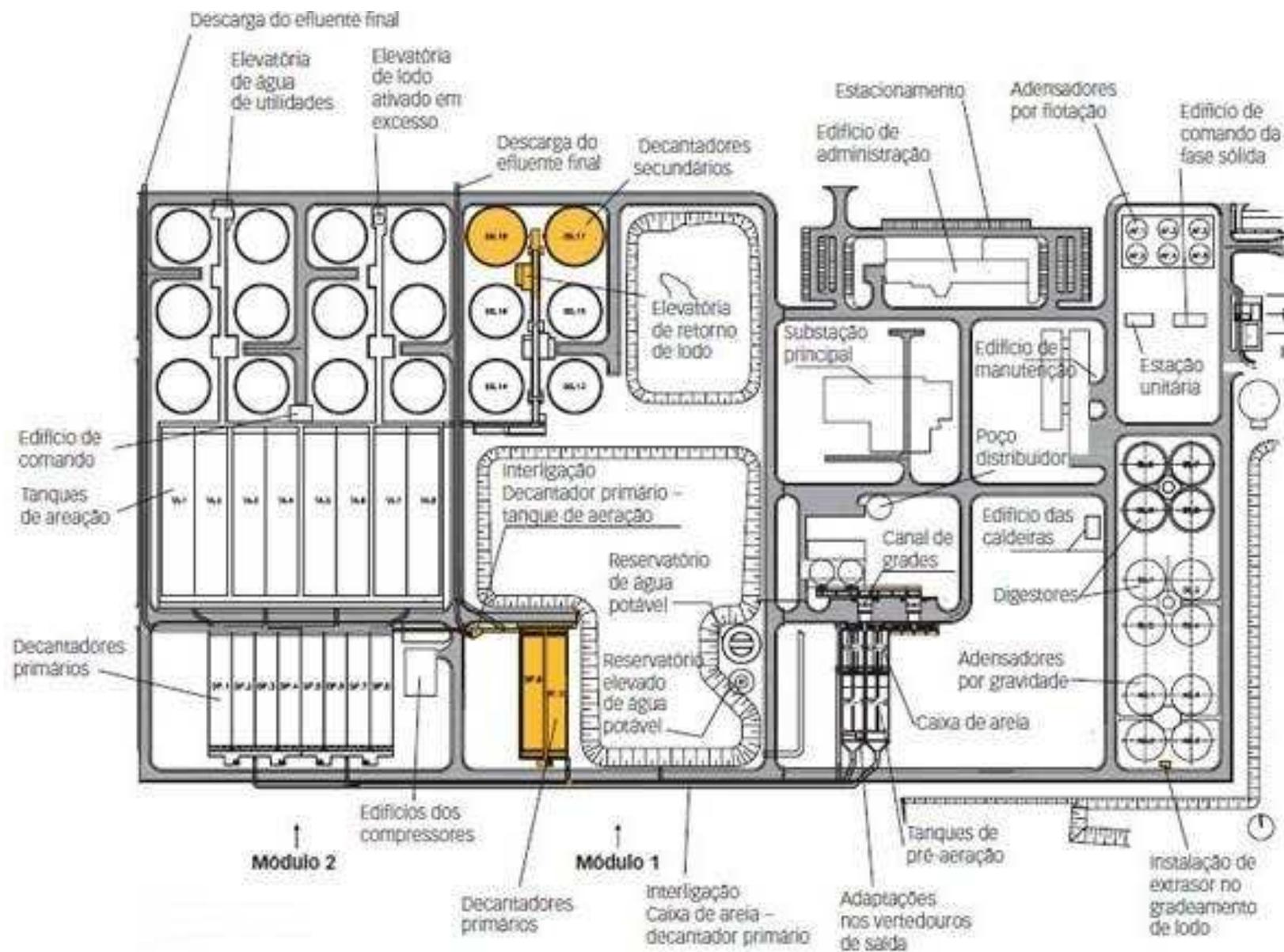


Figura 2.2 – Planta da ETE Barueri



Figura 2.3 – Vista geral da ETE-Barueri



Figura 2.4 – Vista parcial da ETE-Barueri

2.1.5.1 – Unidades da fase preliminar

O tratamento da fase preliminar constitui-se das seguintes unidades:

- a) Grades retentoras de sólidos grosseiros;
- b) Poço distribuidor e estação elevatória final de esgoto bruto;
- c) Grades médias mecanizadas e
- d) Caixas de retenção de areia.

a) Grades retentoras de sólidos grosseiros

Primeira etapa do tratamento que consiste num sistema de barras metálicas espaçadas em 100mm, que funcionam como peneiras, destinadas a reter materiais sólidos grosseiros trazidos pelo esgoto, tais como: garrafas, embalagens, materiais plásticos em geral, galhos de árvores, refugos de madeira, farrapos de tecidos, etc.

b) Poço distribuidor e estação elevatória final

O esgoto chega a ETE através do interceptor denominado Tietê Oeste Margem Sul (ITI-6), instalado a cerca de 30 metros de profundidade, que encaminha o fluxo ao poço distribuidor, onde, por bombeamento, é recalcado até o canal afluyente às grades mecanizadas.

Devido às baixas velocidades do esgoto no poço, foi prevista a construção de um pórtico móvel, que através de guindaste provido de caçamba tipo "*Clam-Shell*", promove, periodicamente, a remoção do material sedimentado e da espuma. O poço é também equipado com sistema de insuflação de ar, para eliminação de gases liberados pelo esgoto. A água residuária é recalcada a uma altura geométrica de cerca de 30m,

por intermédio de quatro conjuntos elevatórios, operando com motores de 3.100HP, de velocidade variável e fixa. Cada conjunto trabalha com vazões na faixa de 3 a 6m³/s.

c) Grades médias mecanizadas

Essas grades recebem o esgoto bombeado através de canais cobertos e aerados com difusores de bolha grossa, com intuito de evitar problemas de odores e a sedimentação de sólidos em suspensão. A referida unidade é constituída por barras paralelas fixadas em posição inclinadas a 60º com a horizontal e com espaçamento de 2,54cm. O material retido é removido através de um sistema de rastelos de acionamento automático ou manual. Concomitantemente ao sistema de rastelos ocorre o acionamento de uma correia transportadora, que encaminha o material removido para as caçambas especialmente destinadas a este fim.

d) Caixas de retenção de areia

Os sólidos suspensos de maior peso específico, que se constituem essencialmente de areia com baixo teor de matéria orgânica, sedimentam e se depositam em quatro caixas. Essas unidades são dotadas de dispositivos aeradores de fluxo orbital, cuja taxa de ar é controlada por instrumentação apropriada. O material depositado é removido periodicamente através de guindastes providos de caçambas tipo *Clam-Shell*.

2.1.5.2 – Unidades do tratamento da fase líquida

O tratamento da fase líquida é composto pelas seguintes unidades:

- a) Tanques de pré-aeração;
- b) Decantadores primários;

- c) Tanques de aeração e
- d) Decantadores secundários.

a) Tanques de pré-aeração

Devido às características sépticas apresentadas pelo esgoto em função do longo tempo de trajeto até a estação, foi prevista a execução de tanques de pré-aeração no sentido de controlar odores. O ar é introduzido à massa líquida, através de difusores de bolha grossa, a uma taxa também controlada automaticamente por sistema de instrumentação.

b) Decantadores primários

A remoção dos sólidos em suspensão é realizada em unidades de decantação primária de forma retangular, com 95 metros de comprimento, 18 metros de largura e 3,5 metros de altura útil. O material sedimentado e a espuma são encaminhados para a cabeceira dos tanques, através de pontes removedoras de funcionamento contínuo e bombeado para um adensador que opera por gravidade.

c) Tanques de aeração

O esgoto decantado é conduzido a tanques de aeração de forma retangular com 130m de comprimento, 25 de largura e 6m de altura útil. Junto ao fundo, uma malha de 8.500 difusores de bolha fina promove a aeração do fluido. Os oito tanques de aeração foram projetados para operar pelo sistema de mistura completa havendo, entretanto, possibilidades físicas para que quatro unidades possam operar sob regime de fluxo de pistão.

d) Decantadores secundários

A separação da massa biológica dos tanques de aeração é realizada através de clarificadores circulares com diâmetro interno de 46m e profundidade de 4m. A extração do lodo do fundo se dá por dispositivos de sucção (por gradiente hidráulico), sistema esse que permite a retirada do lodo ao longo de todo o fundo do decantador, reduzindo os riscos de anaerobiose. O lodo assim recolhido é encaminhado às elevatórias de lodo ativado, sendo recirculado, em parte, para o tanque de aeração e o excesso para os adensadores por flotação. As elevatórias de recirculação de lodo ativado estão dimensionadas para trabalhar com taxas de recirculação na faixa de 30% a 90%.

Existem dispositivos que permitem a automação do controle do descarte do lodo em excesso, através de derivação da linha de retorno ou diretamente do descarte hidráulico (*mixed-liquor*). Quando se utiliza a primeira forma de descarte, o lodo é conduzido para o tratamento da fase sólida por bombeamento em conjuntos elevatórios, especialmente destinados a esse fim (elevatória de excesso de lodo). Por outro lado, quando se utiliza o descarte hidráulico, o lodo é recirculado por gravidade para o início do tratamento. Os clarificadores contam ainda com sistema de retirada e bombeamento de espuma.

2.1.5.3 – Unidades de tratamento da fase sólida

O tratamento da fase sólida conta com as seguintes unidades:

- a) Adensadores de lodo por gravidade;
- b) Adensadores de lodo por lotação;
- c) Digestores;
- d) Condicionamento químico dos lodos e
- e) Desidratação mecânica.

a) Adensadores de lodo por gravidade

O lodo dos decantadores primários, que possui uma concentração em torno de 1% de sólidos, é bombeado para os adensadores por gravidade, onde sofre adensamento até cerca de 5% para, então, ser enviado aos digestores anaeróbios. Cada adensador circular possui diâmetro de 29 metros, altura lateral igual a 3,50 m e inclinação de fundo de 18%. O adensamento do lodo se dá pela remoção da água intersticial nele contida, através de um movimento bastante lento de uma grade vertical montada nos dois braços raspadores de lodo. A parte líquida removida retorna ao início do processo.

b) Adensadores de lodo por flotação

O excesso de lodo ativado, proveniente dos decantadores secundários, é bombeado para os flotadores onde é adensado até 3% para, então, ser encaminhado aos digestores anaeróbios. A flotação dos sólidos é conseguida através da injeção, no lodo ativado, de uma emulsão ar/água pressurizada, que ao atingir o tanque de flotação, e com a despressurização, carrega as partículas de lodo para a superfície, onde então são removidas por raspadores superficiais e enviadas aos poços de lodo, de onde são bombeadas para os digestores. Foram instaladas seis unidades circulares de flotação com 14,60m de diâmetro e volume de 535m³. Os flotadores promovem o adensamento dos sólidos provenientes do tratamento biológico, reduzindo de forma significativa o volume a tratar nas unidades subseqüentes de tratamento. Água pressurizada saturada de ar é injetada no fundo do flotador junto com o lodo para auxiliar a flotação.

O líquido retirado na operação retorna à entrada da ETE via descarga de fundo (DFU) e o lodo flotado é bombeado para a digestão anaeróbia.

c) Digestores

O lodo adensado por gravidade e por flotação é estabilizado em oito digestores de cobertura fixa e volume útil de 10.492m³. As unidades de digestão foram projetadas de modo a proporcionar grande flexibilidade operacional. A mistura do conteúdo dos digestores é efetuada através de recirculação por compressores de parte do gás produzido. A maior parte do gás será enviado ao gasômetro para armazenamento e deste para os queimadores.

d) Condicionamento químico dos lodos

Os lodos digeridos, com teor de sólidos de cerca de 3,5%, recebem um condicionamento, com a finalidade de melhorar suas condições de desidratação. No processo de condicionamento químico promove-se a mistura do lodo digerido com cloreto férrico (dosagem de 3% a 5% em relação à concentração de sólidos totais do lodo digerido) e polímero catiônico (dosagem de 5 a 6kg por tonelada seca de lodo ingerido). O sistema é composto por:

- 1 tanque de estocagem de lodo digerido com 22m de diâmetro, 6m de altura, provido de ponte raspadora de lodo de fundo;
- 3 tanques de condicionamento com misturadores rápidos e bombas parafuso para a introdução do lodo digerido;
- 1 tanque de lodo condicionado com 16m de diâmetro e 5m de altura, com removedores;
- 2 tanques de cloreto férrico com 50m³ de volume cada.

O lodo digerido é enviado por bombeamento ou gravidade de acumulação e, daí, através de bombas parafuso, para as câmaras de floculação, onde são

adicionados, em dosagens adequadas, cal e cloreto férrico. O lodo já condicionado segue, então, para um tanque, de onde é bombeado por seis unidades de alta pressão para três filtros-prensa com 151 placas cada.

e) Desidratação mecânica

A desidratação mecânica do lodo é efetuada pelos filtros prensa, onde o lodo condicionado é injetado entre placas de 4m² cada, transformando-o em uma "torta de lodo", cujo teor de sólidos atinge cerca de 30%. O sistema é composto basicamente por bombas de alta pressão, dois filtros-prensa com 151 placas cada um e quatro correias transportadoras para a torta de lodo. Após a desidratação mecânica os lodos serão transportados para disposição em aterro sanitário.

2.1.5.4 – Sistemas de apoio

Fazem, ainda, parte do sistema, as seguintes unidades:

- a) Compressores (sopradores);
- b) Gasômetro e queimadores;
- c) Sistema elétrico;
- d) Sistema elevatório de água de utilidades.

a) Sopradores

Nesta unidade é produzido todo o ar de processo utilizado na ETE-Barueri. Esse ar é distribuído nos tanques de aeração para a oxidação biológica, por meio de difusores de bolhas finas, e para evitar sedimentação da matéria orgânica nos canais

em geral e nas caixas de areia, por meio de difusores de bolha grossa. O suprimento de ar para os tanques de aeração e tratamento preliminar é efetuado por quatro sopradores do tipo centrífugo multi-estágio de 60.000SCFM (102.000Nm³/h). Os quatro sopradores instalados têm capacidade para atender a demanda de dois módulos de tratamento.

b) Gasômetro/queimadores

O gás produzido nos digestores é enviado a um gasômetro de campânula flutuante, que mantém a pressão do sistema equilibrada, enviando o excesso desse gás aos queimadores. O gasômetro possui capacidade de 5.000m³ de armazenamento. Esse sistema é composto, também, por tubulações, válvulas de alívio, corta-chamas, medidores de gás, queimadores, etc.

c) Sistema elétrico

A energia elétrica para a ETE é suprida através de duas linhas de transmissão de alta tensão, que funcionam em escala de revezamento. Essa energia é recebida na Subestação Elétrica Principal, com capacidade máxima de 33MVA, operando inicialmente em 88 kV e futuramente na tensão de 138kV, esta potência deverá atingir 55MVA. A partir dela essa tensão é abaixada para 23kV e distribuída às unidades do processo através de 13 subestações unitárias.

d) Elevatória de utilidades

Em virtude do grande volume de água necessário na operação da estação foi previsto um sistema que promove a reutilização, após tratamento adicional do efluente

final, para diversas utilidades, entre as quais, selagem de gaxeta de equipamentos, diluição, quebra espuma e lavagem.

Constam do Anexo I, os relatórios gerenciais dos últimos três anos do esgoto tratado na ETE-Barueri, através dos quais se verifica pequena variação de parâmetros de material afluente, material efluente e sólidos contidos; fatores de considerável importância, quando se fala em pós-tratamento alternativo, conforme se proporá neste trabalho.

2.2 – RESÍDUOS SÓLIDOS DA ETE

Do panorama descrito, verifica-se a presença de dois tipos distintos de resíduos sólidos produzidos na Estação de Tratamento de Esgotos: o lodo, obtido na fase final, que é, atualmente, destinado a aterros; e a areia, obtida ainda na fase preliminar, que também é, atualmente, destinada a aterros; gerando, ambos, considerável passivo ambiental, mas que, por possuírem características tão distintas, serão neste trabalho, tratados separadamente para fins de estudos de possibilidades de reciclagem.

2.2.1 - Areia

Na ETE-Barueri, os sólidos de elevado peso específico (areia), são retidos em quatro caixas. Como dito, essas unidades são do tipo aeradas de fluxo orbital e se caracterizam pela remoção do material com baixo teor de matéria orgânica. A areia é depositada em canaletas e removida diariamente, através de guindastes providos de caçambas tipo *Clam-Shell*, que a deposita em caminhões basculantes responsáveis pelo transporte ao aterro (vide Figura 2.5). Trata-se de um processo seqüencial, no qual, a limpeza de cada uma das quatro caixas de retenção de areia existentes é

alternada, para que as demais permaneçam em operação. A capacidade de cada uma dessas caixas é de aproximadamente 200t e a operação de limpeza demanda uma duração que vai de três a cinco dias, o que permite retirada média de 50t de areia por dia. Seguem dados médios referentes à eficiência do processo de remoção de areia:

- a) Vazão afluyente de esgoto = 10.438l/s
- b) Areia removida = 50.000kg/dia
- c) Umidade = 18,9%
- d) Sólidos Totais = 81,1%
- e) Sólidos Voláteis = 8,3%
- f) Sólidos Fixos = 72,7%
- g) Sólidos Voláteis / Sólidos Totais = 10,2% (SABESP, 2009)



Figura 2.5 – Sistema de remoção de areia das caixas de retenção da ETE-Barueri

A Figura 2.6 mostra o aspecto da areia removida das caixas de retenção. Note-se a se trata de uma areia com remanescentes de lodo.



Figura 2.6 – Areia removida das caixas de retenção

2.2.1.1 – Justificativa do reaproveitamento da areia

O concreto se caracteriza como um material composto, cuja maior parte – cerca de 80% ou mais – é constituída por agregados, assim classificáveis em graúdos e miúdos.

A areia corresponde ao agregado miúdo, essencial para a produção de concreto e, conseqüentemente, necessária em várias etapas da construção civil, inclusive para produção de elementos componentes.

Esse material é, normalmente, extraído diretamente da natureza. Ao passo que a conservação dos recursos naturais é uma das questões mais debatidas e estudadas atualmente, a areia sedimentada nos tanques de retenção de areia da ETE-Barueri é totalmente descartada em aterros sanitários, contribuindo, ao contrário, para a degradação do meio ambiente.

Nesse contexto, um projeto de aproveitamento da areia retida no tratamento de esgotos, introduz duplo benefício ao meio ambiente, uma vez que reduz a exploração de areia natural, ao mesmo tempo em que elimina a disposição, no solo, de um material tido atualmente como resíduo.

Porém, como se observa através da Figura 2.6, trata-se de um material com remanescentes de outros dejetos.

A proposta do presente trabalho consiste em submeter a areia, proveniente do processo de pré-tratamento de esgotos da ETE-Barueri, a um processo de lavagem e desinfecção, para torná-la semelhante à areia comercial e, assim, aproveitável para a confecção de artefatos de concreto, principalmente de blocos para alvenaria.

Evidencia-se que, para viabilizar a desinfecção desses resíduos, será necessário um adequado tratamento, uma vez que está se lidando com materiais originalmente contaminados, que precisarão ser manuseados para se tornarem úteis.

Trabalhos anteriormente realizados, como os de Geyer (2001) e Lessa (2005), dentre outros, são unânimes em propor tratamento térmico para esse fim, uma vez que a outra possibilidade – tratamento químico – seria, por demais, trabalhosa e, evidentemente, onerosa.

Surge então a questão do custo energético envolvido, que, em geral, os trabalhos existentes pouco abordam, mas é justamente o fator que determinará a viabilidade e a sustentabilidade da presente propositura.

Nesse contexto, as atenções se voltam para outro subproduto do sistema, que, absolutamente, não é aproveitado, mas possui imenso potencial energético: o biogás.

Produzido pelos próprios biodigestores do sistema de tratamento de esgotos, o biogás é constituído essencialmente de gás metano, exalado na digestão biológica dos esgotos. Trata-se de um gás altamente tóxico, que não pode, absolutamente, ser lançado na atmosfera e, por isso, passa por um processo de queima, através do qual é transformado em dióxido de carbono que, apesar de poluente, é cerca de 21 vezes menos poluente que o primeiro. A Figura 2.7 mostra o queimador de gás.

Essa queima constitui-se, na verdade, de uma fonte de energia que, no entanto, não é, atualmente, aproveitada

Neste projeto, o biogás será aproveitado em todo o processo de desinfecção da areia e até mesmo na iluminação do empreendimento, resultando, também, em grande economia de energia, uma vez que não se utilizará a energia da rede pública, exceto nos termos das exigências legais.



Figura 2.7 – Queimador de gás

2.2.2 – Lodo

Da grande quantidade de resíduos produzidos pelos centros urbanos, os esgotos constituem-se nos mais preocupantes, uma vez que podem afetar diretamente os resultados dos processos de recuperação das águas naturais (CETESB, 1987; 1998; 1999; 2000).

O tratamento do esgoto é um mecanismo que contribui para evitar a poluição dos rios. Resulta, porém, na produção de um lodo rico em matéria orgânica, comumente chamada de bio-sólido (BETTIOL; CAMARGO, 2000; 2007).

Tsutiya et al. (2001) afirmam que, através do controle de poluição das águas com o tratamento correto dos esgotos, surge uma segunda etapa que é a produção de um lodo gerado no tratamento.

O lodo é o principal subproduto do tratamento de esgotos (LUDUVICE et al., 1995). A composição do lodo de esgoto é variável; sabe-se, no entanto, que se trata de um resíduo sólido constituído essencialmente de matéria orgânica (METCALF; EDDY, 2003). A produção de lodo proveniente de esgoto pode atingir valores muito altos, sendo necessário buscar soluções para o tratamento correto desses resíduos, e suas possíveis disposições no ambiente após o processo de tratamento.

O esgoto urbano é considerado uma grande fonte poluidora do meio ambiente. É, portanto necessário se investir num tratamento correto do subproduto denominado lodo, para que possa ser disposto, de forma adequada, a fim de evitar possíveis problemas, tanto para o ambiente como para a saúde pública.

Infelizmente, porém, a maioria dos projetos de tratamento de esgotos não prevê um destino final para o lodo produzido, sendo esse procedimento considerado uma etapa problemática dentro do sistema de tratamento, que muitos preferem não abordar (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

Andreoli et al. (2001) afirmam que os projetos de estações de tratamento de esgotos simplesmente ignoram a forma de destino final desse material, o que gera uma situação que acaba sendo gerenciada, de forma precária ou emergencial, pelos próprios operadores das estações de tratamento, acarretando em altos custos financeiros e problemas ambientais, que podem até comprometer os benefícios de todo o sistema de coleta e tratamento de esgotos.

O destino final do lodo é uma atividade muito importante, porém complexa, sendo que geralmente extrapola os limites das estações de tratamentos, exigindo a

integração com outros setores da sociedade. Diante da legislação de vários países, assim como a brasileira, os problemas que podem ser causados pelo destino inadequado são de responsabilidade dos produtores do resíduo, como prescreve a lei de crimes ambientais (Lei n.º 9.605 de 12/02/1998).

A maioria dos órgãos ambientais vem exigindo o detalhamento das alternativas para a disposição final do lodo, no processo de licenciamento das ETE's, o que demonstra um grande avanço no campo da gestão ambiental (ANDREOLI et al., 2001).

Diante da crescente demanda da sociedade, para manter e melhorar as condições ambientais é inevitável que sejam tomadas providências cabíveis em relação ao destino desses resíduos.

2.2.2.1 – Alternativas para disposição final do lodo

Segundo Andreoli et al. (2001), a maior parte do lodo produzido no mundo tem sua disposição final em aterros sanitários, seguido do uso agrícola. Outros métodos conhecidos são: a de disposição superficial, a disposição oceânica e a incineração.

O condicionamento do lodo é o mecanismo de adequação para destinação final, pois promove a redução do potencial patogênico dos agentes presentes no material, aumentando seu grau de estabilização e reduzindo, assim, também os problemas potenciais de geração de odor, bem como da formação de vetores patogênicos, além de riscos de recontaminação (EPA, 1994 apud ANDREOLI et al., 1997).

Para definição de alternativas para disposição final do lodo de esgoto, devem ser analisados, não apenas os aspectos econômicos, mas, principalmente, os possíveis impactos ambientais envolvidos (ANDREOLI et al., 1997).

a) Aterro sanitário

Os aterros sanitários dependem da localização em áreas próximas aos centros urbanos, onde o lodo é predominantemente produzido, sendo que o terreno deve ter características especiais de impermeabilização, de disponibilidade de argila para intercalação de camadas, isolamento ambiental com referência aos setores e às condições geomorfológicas, que não venham a interferir em áreas de fraturas em pontos de jusante da bacia hidrográfica onde está inserido.

Após a desativação e a selagem de um aterro, é comum a produção de gases, por longo período de tempo, gases esses que deverão ser drenados e queimados de forma adequada.

As áreas utilizadas como aterros apresentarão serias restrições de uso, após sua utilização (ANDREOLI et al., 1997).

Um aterro mal projetado resultará em poluição do ar, através da exalação de odores, fumaça, gases tóxicos ou material particulado; além da possibilidade de poluição das águas subterrâneas, pela infiltração de líquidos percolados (BETTIOL; CAMARGO, 2000).

De acordo com o Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa no Brasil, publicado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com participação da CETESB (2006), as duas maiores fontes de produção de metano são os aterros sanitários e o tratamento anaeróbio de esgotos e águas sanitárias (DIAS, 2009). O metano está entre os gases que mais contribuem para o aquecimento global, sendo, assim, responsável, juntamente com outros gases, pelo efeito estufa. A emissão do metano pode durar por até 40 anos após o fechamento do aterro sanitário (TEIXEIRA, 2009). Além da produção do gás metano, o processo de anaerobiose decorrente da decomposição da matéria orgânica sem oxigênio, comum nos aterros sanitários, acaba gerando vários outros poluentes (INÁCIO; MILLER, 2009).

Diante da limitação econômica e técnica de espaços destinados a disposição de resíduos sólidos, a Comunidade Econômica Européia tem incentivado a reciclagem, formulando uma diretiva, adotada pelos países membros, que proíbe a disposição de resíduos com possíveis aplicações de reciclagem nos aterros desde o ano de 2002, sendo essa medida estabelecida também nos Estados Unidos da América a partir de 2004 (BÜTTENBENDER, 2004).

b) Uso agrícola

O enriquecimento de solos para plantio, mediante aplicação de lodos de ETEs devidamente tratados, constitui uma forma de descarte ambientalmente correta desse resíduo e favorece a recuperação de solos, traduzindo em possibilidades de retorno econômico positivo para a atividade agrícola. O material orgânico presente nesses resíduos atua como excelente fonte de nutrientes, principalmente de nitrogênio e fósforo e também aumenta a resistência dos solos à erosão (ANDREOLI et al., 2001).

Bettiol e Camargo (2000) também afirma que os biossólidos contêm matéria orgânica, macro e micronutrientes, que exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo, e ainda melhoram a capacidade de armazenamento e de infiltração de água no solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a incidência de erosões.

Essa alternativa possui o grande benefício, pois transforma um resíduo em um insumo agrícola capaz de fornecer matéria orgânica e nutrientes ao solo, assim como reduz os efeitos adversos à saúde causados pelo uso de fertilizantes químicos (OUTWATER, 1994).

O uso do lodo como forma de adubação para a agricultura, pode vir a contaminar o solo com patógenos ou ainda com metais pesados, além da possível

atração de vetores, assim como a produção de odores desagradáveis (STENTIFORD, 1993 apud GOUVÊA; PEREIRA NETO, 1997).

Andreoli (1997) também afirma que sua utilização pode trazer riscos devidos à presença de nitrogênio, introdução de agentes patogênicos e problemas de odor, além da possibilidade de atração de vetores.

Diante do exposto, para a aplicação em áreas agrícolas, os biossólidos necessitam passar por processos de redução de patógenos e também da redução da atratividade de vetores, sendo a compostagem um tratamento adequado para esta finalidade (TSUTIYA et al., 2001).

A compostagem é a alternativa mais usada de tratamento do lodo para disposição no solo. Aí valem também as regras de verificação do potencial agrônômico e da segurança do material quanto à contaminação física, química e microbiológica.

A reciclagem do lodo de esgoto para sua futura utilização agrônômica é a forma mais adequada para um destino correto, contribuindo para a diminuição dos problemas ambientais, atuando como fertilizante e condicionador do solo (VAZ; GONÇALVES, 2002).

Essa alternativa esbarra, porém, nas necessidades de espaço, equipamentos e técnicas de operacionalização da compostagem, além dos problemas de transporte e perecibilidade do produto, para essa forma de destinação.

c) Disposição superficial

Essa técnica ocorre através do espalhamento do lodo em grandes áreas, com ou sem adições, para que ocorra sua oxidação. Existem, porém, problemas ambientais relacionados à: emissão de odores, formação de vetores patogênicos, lixiviação e

conseqüente contaminação do lençol freático. Esse procedimento apresenta, também, o inconveniente de necessitar de grandes áreas com características específicas e localizadas em locais de fácil acesso, próximas aos centros urbanos (ANDREOLI et al., 1997).

Tsutiya et al. (2001) confirmam que um sistema mal projetado trará problemas de contaminação de águas (superficiais e subterrâneas), do ar e do solo, podendo tornar o solo impróprio para usos futuros.

d) Disposição oceânica

Esse tipo de disposição chegou a ser aplicado a cerca de 6% dos bio-sólidos produzidos nos Estados Unidos e na Europa e, atualmente, vem sendo substituído pelo uso agrícola. Nos Estados Unidos, essa prática já foi proibida e, desde o ano de 1992, não é mais utilizada (BETTIOL; CAMARGO, 2000). Segundo Tsutiya et al. (2001), num futuro bem próximo, provavelmente não haverá mais disposição de lodos de esgotos nos oceanos.

e) Incineração

Esse procedimento utiliza a decomposição térmica via oxidação, tornando o resíduo menos volumoso, menos tóxico ou convertendo-o em gases ou resíduos incombustíveis. Os sólidos voláteis do lodo são queimados na presença de oxigênio, transformando em dióxido de carbono e água. É uma alternativa utilizada nos Estados Unidos, Europa e Japão, porém, no Canadá, está ocorrendo um processo de desativação dos incineradores, visto que a população tem se manifestado contra esta técnica e incentivando processos mais ecológicos (BETTIOL; CAMARGO, 2000; 2007).

A incineração é, na verdade, um processo intermediário, com a finalidade de redução do volume de resíduos e não propriamente a destinação final.

No caso da incineração, as cinzas são, usualmente, enviadas para aterro. A disposição das cinzas na superfície do solo para fins agrícolas, no entanto, é também possível, mas depende também da análise do potencial poluidor e da vantagem agronômica.

Quando há aproveitamento da energia da queima, o calor resultante pode ser usado para geração de vapor, para aquecimento, ou ainda para co-geração ou até geração de energia.

Para que isso seja possível, é necessário um estudo de viabilidade, em face dos equipamentos e benfeitorias necessárias para o processo de aproveitamento energético.

2.2.2.2 – Patógenos presentes no lodo

Nos esgotos sanitários são encontrados quatro grupos de organismos patogênicos: fungos, bactérias, vírus e parasitas. Estes microorganismos concentram-se no lodo de esgoto, sendo que a densidade de patógenos presentes no lodo é variável, estando diretamente relacionada com as características da população e o tipo de tratamento do lodo (TSUTIYA et al., 2001).

A presença de patógenos pode constituir restrições à destinação final desses resíduos, quando destinados a disposição na natureza e mais ainda quando destinados a algum tipo de reciclagem.

2.2.2.3 – Desinfecção do lodo

A desinfecção ou higienização é uma operação que pode ser necessária conforme o destino a ser dado ao lodo. Tem por objetivo complementar a digestão aeróbia ou anaeróbia e, principalmente, reduzir o nível de patógenos a patamares aceitáveis (Andreoli et. al, 2001).

Os níveis de patogenicidade do lodo podem ser substancialmente reduzidos através de processos como a digestão anaeróbia, entretanto, muitos parasitas intestinais e principalmente seus ovos são pouco afetados por processos de digestão convencionais, necessitando uma etapa complementar ou conjugada aos processos convencionais para a adequada redução dos níveis de riscos à saúde da população, de acordo com as exigências de cada tipo de utilização.

Sabe-se, então, que em sua constituição, o lodo de esgoto apresenta uma quantidade significativa de ovos de helmintos, sendo este um dos grandes problemas o uso deste material sem um tratamento adequado. A remoção destes ovos é apontada como um grande problema para o saneamento ambiental, sendo que a maioria dos tratamentos não consegue a remoção com total eficiência (ANDREOLI et al., 2001).

Os helmintos são considerados organismos patogênicos de alta resistência aos processos de sanitização, decorrentes das adaptações morfofisiológicas características desta espécie (ANDREOLI et al., 2001). De acordo com Pilotto (2004), a partir da sedimentação do material sólido em tanques sépticos para a remoção de matéria orgânica, acaba por diminuir a presença de organismos patógenos dos esgotos, porém este processo também contribui em um ambiente favorável a sobrevivência dos helmintos.

Os mecanismos de higienização do lodo podem ser realizados por via biológica, via química, via térmica ou por radiação Beta e Gama.

Os processos por via biológica, como dito, são de pouca eficácia para eliminação de helmintos.

O processo de higienização de lodo mais utilizado no Brasil é um processo químico conhecido como calagem (FRASSON, 2011).

A calagem se dá pela adição de quantidade suficiente de cal ao lodo para aumentar o pH para no mínimo 12, resultando em redução de microrganismos e da potencial ocorrência de odores.

A dosagem de cal é função das características do lodo, variando de 190 a 350 kg Ca(OH)_2 por tonelada de sólidos secos para lodo ativado, e de 125 a 225 para lodo digerido. O lodo líquido tratado com cal é facilmente desidratado por meio mecanizado, adequando-se à disposição final.

Esse procedimento esbarra, porém, no consumo de cal e também na demanda de mão de obra e espaço necessários ao processamento.

Outra forma de desinfecção seria o tratamento térmico, que pode ser feito de diversas maneiras, sofrendo variações, conforme o equipamento, a temperatura e o tempo de exposição.

Nos casos de tratamento térmico ou, alternativamente, termo-vaporização pressurizada, o lodo pode ser destinado a aterro ou, ainda, aplicado ao solo, obedecendo a uma taxa específica para cada cultura, sendo recomendada, para tanto, a orientação de um agrônomo. No entanto, é necessário que o lodo seco possua potencial agrônomo, ou seja, nutrientes e não possua contaminantes, que limitem sua aplicabilidade no solo.

2.2.2.4 – Justificativa do aproveitamento do lodo

O lodo oriundo dos filtros-prensa da ETE-Barueri, possui teor de sólidos da ordem de 30%. Esse material é conduzido, através de esteiras, a um pátio de estocagem, de onde é removido e lançado em caminhões basculantes, responsáveis pelo transporte ao aterro, semelhantemente à areia. A Figura 2.8 mostra o aspecto do lodo vazado do filtro-prensa.



Figura 2.8 – Lodo oriundo da etapa final do tratamento de esgotos da ETE-Barueri

Ao contrário da areia, que é um material tradicionalmente empregado como agregado para concretos, o lodo não possui características e propriedades que o permitam sua utilização como agregado.

Sabe-se, no entanto, que sua composição é constituída essencialmente de matéria orgânica.

Esse resíduo é, conseqüentemente, um material combustível e pode, então, ser submetido à incineração que, como dito, já é prática em alguns locais, com o intuito de reduzir o volume e até mesmo para co-geração de energia para consumo local e, em alguns casos, para produção efetiva de energia.

Sabe-se também que existem estudos promissores sobre o uso de materiais originalmente orgânicos queimados, como a cinza volante: resíduo da queima de carvão mineral em usinas termoelétricas e a cinza de casca de arroz: subproduto de engenhos e olarias de regiões agrícolas; na forma de adições a misturas cimentícias, que traduziram em resultados favoráveis a resistência mecânica e à durabilidade de argamassas e concretos, em face de reações pozolânicas e também da ação física exercida pela pequena dimensão das partículas, assim denominada efeito *micro-filler*.

Quando usadas em substituição parcial ao cimento, esses materiais ofereceram benefícios tecnológicos aos concretos. Quando bem dimensionadas, as variáveis de uma dosagem, contemplando esses materiais, trouxeram excelentes níveis de ganhos de resistência e aumento de vida útil dos elementos produzidos.

Misturas aglomerantes bem proporcionadas têm reações conjuntas que resultam numa microestrutura da pasta com menor porosidade e conseqüente redução da permeabilidade do concreto. Essa redução da permeabilidade do concreto é decorrente de ações físicas e pozolânicas que ocorrem no processo de hidratação dos constituintes aglomerantes.

É importante salientar, no entanto, que uma adição, para ser aplicada em concretos, deve ter suas características físicas e químicas previamente investigadas, pois, dependendo de sua origem e forma como é produzida, poderá apresentar comportamentos distintos.

2.3 – BIOGÁS

2.3.1 – Histórico do Biogás

Na Natureza existem vários ambientes favoráveis ao desenvolvimento da digestão anaeróbia, sendo representados pelos pântanos, estuários, mares e lagos, usinas de carvão e jazidas petrolíferas. Esses sistemas anaeróbios possuem baixas concentrações de oxigênio, facilitando a ocorrência da geração do biogás.

Tomou-se ciência da possibilidade de produzir gás combustível mediante a observação casual da combustão natural desse gás, na superfície de regiões pantanosas, originada por resíduos orgânicos (GRYSCHK; BELO, 1983).

A descoberta do biogás, então chamado "gás dos pântanos" é atribuída a Shirley e data do ano de 1667, mas somente um século mais tarde foi reconhecida a presença de metano nesse gás, o que se deve a Alessandro Volta, em 1776 (CLASSEN; LIER; STAMRS, 1999). Já no século XIX, Ulysse Gayon, aluno de Louis Pasteur, realizou a fermentação anaeróbica de uma mistura de estrume de porcos e água, a 35 °C, conseguindo obter 100 litros de gás por metro cúbico de matéria. Em 1884, Louis Pasteur, ao apresentar os trabalhos do seu aluno à Academia das Ciências, considerou que essa fermentação podia constituir uma fonte de aquecimento e iluminação (NOGUEIRA, 1986).

O primeiro documento relatando a coleta de biogás de um processo de digestão anaeróbia ocorreu em uma estação de tratamento de efluentes municipal da Inglaterra, em 1895, no entanto, o primeiro estudo de aproveitamento, em uma pequena planta, com uso de estrume e outros materiais, datam de 1941, na Índia. Desde então, o processo anaeróbio tem evoluído e se expandido ao tratamento de resíduos industriais, agrícolas e municipais (VILLEN; et al., 2001).

Posteriormente, passou-se a desenvolver e utilizar esse processo fermentativo para o tratamento de esgoto doméstico, objetivando, principalmente, a destruição da matéria orgânica. Isso ocorreu na metade do século XIX e o gás produzido era destinado à iluminação. No começo do século XX, ocorreu na Índia e na China, o início do desenvolvimento de biodigestores para a produção de gás metano a partir de esterco de animais, principalmente bovinos (PECORA, 2006).

Somente a partir de 1960, a digestão anaeróbia passou a ser pesquisada com caráter científico, havendo então, grandes progressos quanto à compreensão dos fundamentos do processo e também de projetos de biodigestores e equipamentos auxiliares (PECORA, 2006).

Os primeiros países a utilizarem o processo de biodigestão, de forma mais intensa e com finalidade de produção energética foram a Índia e a China, nas décadas de 50 e 60, sendo que esses países e outros, geralmente do terceiro mundo, desenvolveram seus próprios modelos de biodigestores (NOGUEIRA, 1986). Com a crise do petróleo na década de 70 foi trazida para o Brasil a tecnologia da digestão anaeróbia. Na região nordeste, foram implantados vários programas de difusão dos biodigestores e a expectativa era grande, porém os benefícios obtidos a partir da produção de biogás e de biofertilizantes não foram suficientes para dar continuidade aos programas (BOLETIM ENFOQUE, 1999).

O processo se difundiu por vários países: a recuperação de energia gerada pelos processos de tratamento anaeróbio teve grande impulso com a crise do petróleo,

quando diversos países buscaram alternativas para a sua substituição. Entretanto, as soluções para os problemas de desenvolvimento devem ser apropriadas às necessidades, às capacidades, os recursos humanos e financeiros e à cultura. Assim, o impulso recebido no período de crise não chegou a constituir um sólido movimento de substituição dos recursos não renováveis por outras fontes renováveis (NOGUEIRA, 1986).

Até então, o biogás era simplesmente conhecido como um subproduto obtido a partir da decomposição anaeróbia de lixo urbano, resíduos animais e de estações de tratamento de efluentes domésticos. No entanto, o acelerado desenvolvimento econômico e a alta acentuada do preço dos combustíveis convencionais encorajaram as investigações na produção de energia a partir de novas fontes renováveis e economicamente atrativas, tentando sempre que possível, criar novas formas de produção energética que possibilitem a poupança dos recursos naturais esgotáveis (VILLELA; SILVEIRA, 2005).

2.3.2 – Formação do Biogás

O biogás é uma mistura gasosa combustível, produzida através da digestão anaeróbia, processo fermentativo que pode ter como finalidade, a remoção de matéria orgânica, a formação de biogás e/ou a produção de biofertilizantes ricos em nutrientes (PECORA, 2006).

Quando a digestão anaeróbia é realizada em biodigestores especialmente planejados, a mistura gasosa produzida pode ser utilizada como combustível, o qual, além de seu alto poder calorífico, tem a característica de não emitir gases tóxicos durante a queima, de ser uma ótima alternativa para o aproveitamento de dejetos orgânicos e ainda deixa, como resíduo, um lodo que constitui um excelente biofertilizante (PECORA, 2006).

A seguir, são apresentadas algumas matérias primas com potencial de produção de biogás quando submetidas ao processo de biodigestão natural ou artificial.

Fontes de resíduos/Matérias primas capazes de produzir biogás:

- Fezes de suínos
- Fezes de bovinos
- Fezes de aves
- Resíduos orgânicos
- Resíduos de abatedouros
- Esgotos
- Resíduos de cervejarias e vinícolas
- Soro do queijo

(GRYSCHEK; BELO, 1983)

O material ou resíduo do qual o biogás é extraído, corresponde a um substrato devidamente equilibrado com diluição em água, o qual é um meio para instalação e desenvolvimento de varias espécies de microorganismos (bactérias) envolvidos no processo de fermentação (GRYSCHEK; BELO, 1983).

Cada matéria prima ou fonte de resíduo possui um potencial de geração de biogás. Resíduos altamente fibrosos, como bagaço de cana e casca de arroz, considerados de baixa digestibilidade, apresentam um menor potencial para a produção do biogás. Já matérias ricas em amidos, proteínas, celulose e carboidratos, como grãos, gramíneas, restos de abatedouros e fezes, apresentam alto potencial de produção de biogás (GRYSCHEK; BELO, 1983).

A digestão anaeróbia é um processo fermentativo em que matéria orgânica complexa é degradada a compostos mais simples. A degradação ocorre através da ação de diversos grupos de microorganismos que interagem simultaneamente, até a formação dos produtos finais: metano e gás carbônico.

Na ausência de oxigênio ou de agentes oxidantes fortes como os sulfatos, os nitrato e o enxofre, a degradação anaeróbia da matéria orgânica até a formação de metano, envolve três etapas: hidrólise e fermentação, acetogênese e metanogênese.

Na primeira etapa, a matéria orgânica complexa como polícarboidratos, proteínas e lipídeos é hidrolisada e fermentada por bactérias hidrolíticas fermentativas a compostos orgânicos simples como aminoácidos, açúcares, ácidos graxos e alcoóis.

Na segunda etapa, os produtos metabólicos do primeiro grupo são então convertidos a acetato e hidrogênio pelas bactérias acetogênicas sintróficas associadas às bactérias utilizadoras de hidrogênio.

Na terceira etapa, bactérias metanogênicas convertem acetato, formiato, hidrogênio, etc., em metano e dióxido de carbono.

O passo limitante, do processo é a metanogênese, pois as bactérias responsáveis, por essa etapa são as mais lentas e mais sensíveis às variações do meio. O bom desempenho do processo depende da manutenção do equilíbrio entre as populações microbianas envolvidas.

A Figura 2.9 mostra um fluxograma das transformações químicas que ocorrem no processo de digestão processo de digestão anaeróbia.

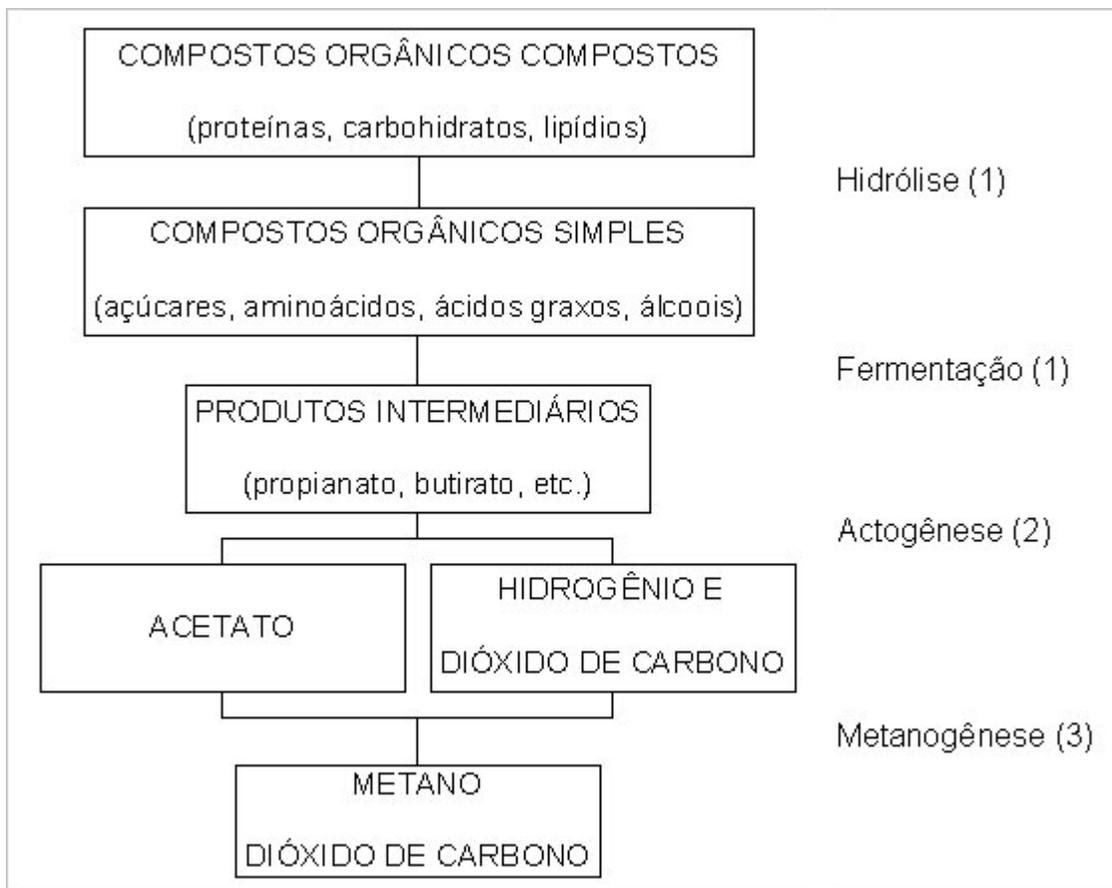


Figura 2.9 – Representação esquemática da digestão anaeróbia, que é realizada em três etapas

O rendimento e a velocidade da digestão anaeróbia dependem de três grupos de fatores relativos às características do digestor, às características do resíduo a ser digerido e à forma de operação do reator (SOUZA et al., 1984). A influência de fatores na digestão anaeróbia e conseqüentemente na produção de biogás, estão descritos na seqüência.

2.3.2.1 – Fatores que influenciam na formação do biogás

Resumem-se, abaixo, os principais parâmetros da digestão anaeróbia relacionada à geração de biogás:

- Isolamento ao ar: As bactérias metanogênicas são essencialmente anaeróbias. A decomposição de matéria orgânica na presença do oxigênio do ar irá produzir apenas dióxido de carbono (PRATI, 2010).
- Natureza do substrato: Os substratos nutritivos devem prover as fontes de alimento aos microrganismos, elementos químicos constituindo o material celular e os necessários às atividades enzimáticas, particularmente os oligoelementos, como o cálcio, magnésio, potássio, sódio, zinco, ferro, cobalto, cobre, molibdênio e manganês. Em fortes concentrações, esses elementos têm um efeito inibidor sobre o processo de fermentação. Por outro lado, os elementos majoritários como o carbono, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre, têm uma importância fundamental no rendimento dos gases de fermentação (PECORA, 2006).
- Composição dos resíduos: Quanto maior a porcentagem de material orgânico no resíduo, maior o potencial de geração de metano e vazão de biogás. Os principais nutrientes dos microrganismos são carbono, nitrogênio e sais orgânicos. Uma relação específica de carbono para nitrogênio deve ser mantida entre 20:1 e 30:1.

A principal fonte de nitrogênio está nas dejeções humanas e de animais, enquanto os polímeros presentes nos restos de culturas representam o principal fornecedor de carbono. A produção de biogás não é bem sucedida, se apenas uma fonte de material for utilizada (PRATI, 2010).

- Teor de água: O teor de água dentro do biodigestor deve variar de 60 a 90% do peso do conteúdo total (PRATI, 2010).
- Temperatura: A atividade enzimática das bactérias depende estritamente da temperatura, visto que é conhecido que alterações bruscas de temperatura causam desequilíbrio nas culturas envolvidas, principalmente nas bactérias formadoras de metano. Em torno de 10°C essa atividade é muito reduzida e acima de 65 °C as enzimas são destruídas pelo calor . Segundo Prati (2010), a faixa ideal para a produção de biogás é de 32°C a 37°C (bactérias mesofílicas) e de 50°C a 60 °C (bactérias termofílicas).
- PH: A concentração em íons OH⁻ no meio exterior tem uma grande influência sobre o crescimento dos microrganismos. Na digestão anaeróbia, observam-se duas fases sucessivas: a primeira se caracteriza por uma diminuição do pH em patamares próximos de 5,0 e a segunda por um aumento do pH e sua estabilização em valores próximos da neutralidade. A redução do pH é devida à ação das bactérias acidogênicas, as quais liberam rapidamente ácidos graxos voláteis. As bactérias metanogênicas, que têm taxas de crescimento mais fracas que as primeiras, se instalam progressivamente e induzem a elevação do pH através da catálise do ácido acético. No caso de tratamento anaeróbio em biodigestores de processos contínuos, o pH permanece neutro: aproximadamente sete (PRATI, 2010).

2.3.3 – Composição do Biogás

A composição típica média do biogás é de cerca de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de uma mistura de hidrogênio, nitrogênio, amônia, ácido sulfídrico, monóxido de carbono, aminas voláteis e oxigênio (WEREKO-BROBBY; HAGEN, 2000).

O biogás tem seu poder calorífico diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura. O biogás, por possuir o gás metano como principal componente, é incolor e inodoro (PARCHEN, 1981). Apesar de ser essencialmente formado por metano e dióxido de carbono, outros gases também são encontrados, em proporções menores, conforme indicado a seguir:

Composição do biogás:

- Metano 55 a 65%
- Gás Carbônico 35 a 45%
- Nitrogênio 0 a 3%
- Hidrogênio 0 a 1%
- Oxigênio 0 a 1%
- Gás Sulfídrico 0 a 1%

(MAGALHÃES, 1986)

Dos gases que compõem o biogás, o gás carbônico e o gás sulfídrico devem receber especial atenção. São considerados como principais problemas na viabilização de seu armazenamento e na produção de energia, pois interferem principalmente na qualidade do biogás, acarretam em problemas de corrosão no sistema de condução do biogás, até sua transformação como fonte de energia elétrica ou térmica e, portanto, necessitam de processos de tratamento (MAGALHÃES, 1986).

O gás sulfídrico aparece em uma concentração aproximada de 10g/m³ no biogás. Portanto, existe a necessidade de fazê-lo passar por um filtro purificador, para evitar o mau cheiro gerado e, principalmente, para retirar seu efeito corrosivo, devendo aparecer com uma concentração abaixo de 1,5g/m³ (OLIVEIRA, 1993).

2.3.4 – Filtragem do Biogás

Para aumentar o poder calorífico e o rendimento térmico e eliminar a característica corrosiva, devido à presença de gás sulfídrico e água, é preciso tratar e purificar o biogás produzido (OLIVEIRA, 2005). A presença de substâncias não combustíveis no biogás, como água e dióxido de carbono, prejudica o processo de combustão, tornando-o menos eficiente, uma vez que, se presentes no momento da queima, absorvem parte da energia gerada. Na medida em que se eleva a concentração de impurezas, o poder calorífico do biogás torna-se menor. A Figura 2.10 mostra a relação entre o poder calorífico do biogás e a porcentagem em volume de metano nele presente (ALVES, 2000).

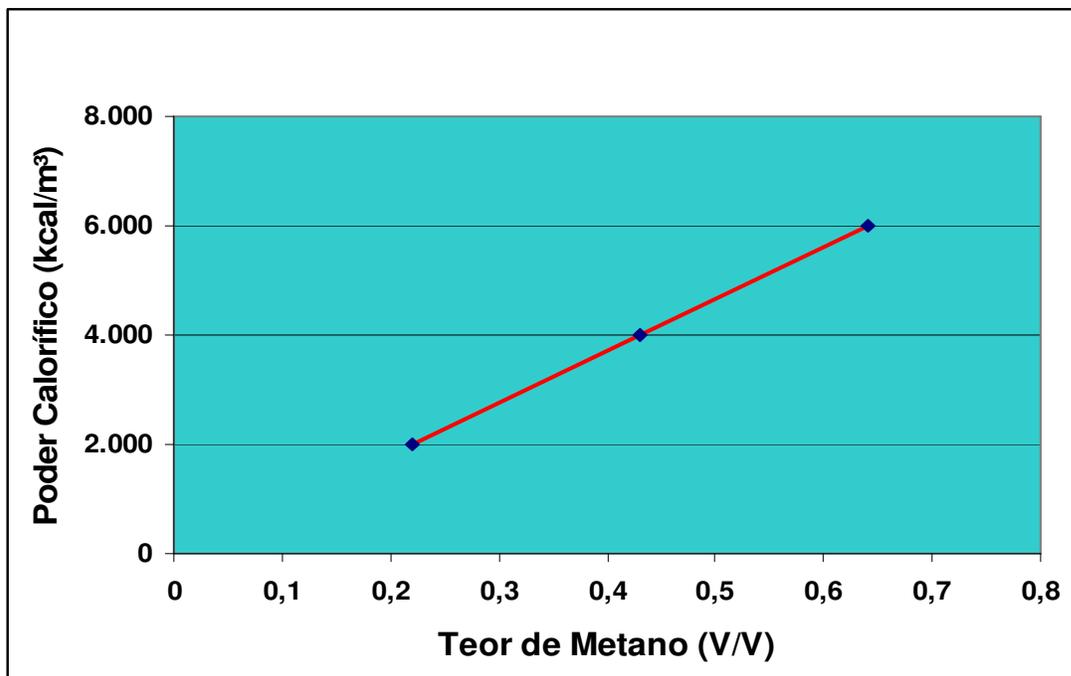


Figura 2.10 – Relação entre poder calorífico do biogás e o teor de metano no biogás

(ALVES, 2000)

Assim como os gases puros, as características do biogás dependem da temperatura e da pressão, variando com elas e com o teor de umidade. O fundamental, quando se trata de gases para fins de geração de energia é conhecer seu volume, seu poder calorífico e a própria umidade (COELHO et al., 2001).

Além da umidade, o volume de biogás, representado pelo peso específico, que é a relação entre a sua densidade e a densidade do ar, é outro parâmetro importante quando se deseja manipular o gás para armazenamento. A Figura 2.11 mostra a densidade do biogás numa faixa de concentração de 40 a 100% de metano que o constitui (ROSS; DRAKE, 1996).

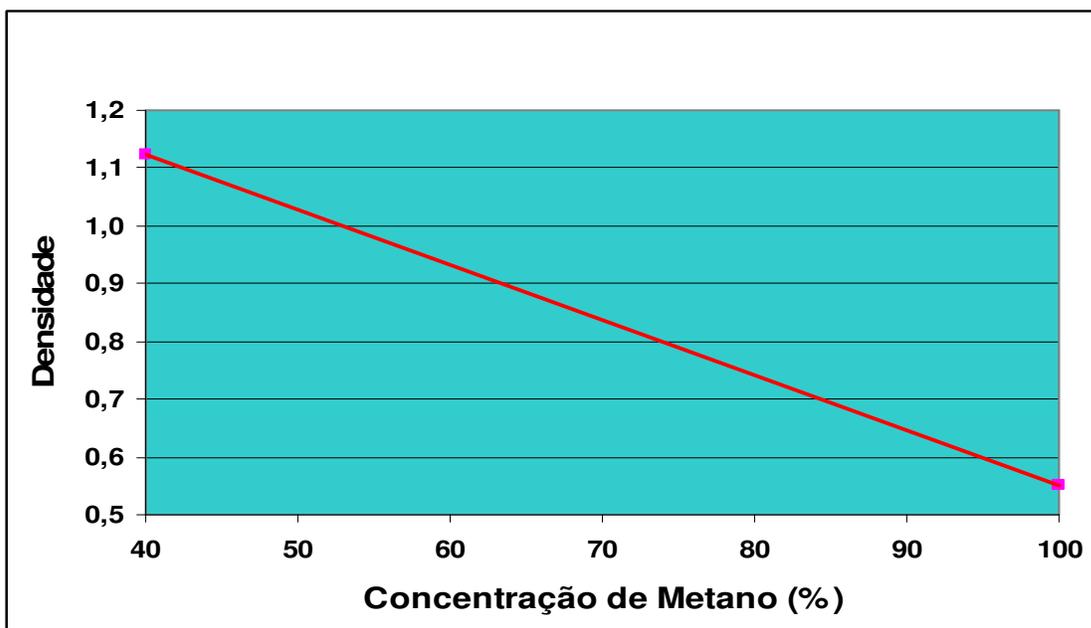


Figura 2.11 – Densidade do biogás em relação à concentração do metano

(ROSS; DRAKE, 1996)

2.3.4.1 – Retirada do gás sulfídrico por óxido de ferro

Consiste em passar a mistura gasosa por uma torre com preenchimento de óxido de ferro (Fe₂O₃) e aparas de madeira. O gás é injetado pela base da torre e conforme vai circulando pela mesma vai perdendo o gás sulfídrico que fica retido ao reagir com o óxido de ferro (CRAVEIRO, 1982). Esse é possivelmente o processo mais simples e barato. A reação química é apresentada na equação 1:



Para regenerar o óxido de ferro, basta expor ao oxigênio, como apresentado pela reação química da equação 2:



Em vez de ser utilizado óxido de ferro também pode ser usado óxido de zinco, porém esse é mais caro.

2.3.4.2 – Remoção do gás sulfídrico e do dióxido de carbono por hidróxido de sódio, potássio ou cálcio

Quando o gás carbônico entra em contato com a solução de hidróxido de sódio, potássio ou cálcio ocorre à formação de bicarbonato, sendo essa formação irreversível conforme as equações 3 e 4. Se houver tempo suficiente o gás sulfídrico também será absorvido conforme a equação 5 (CRAVEIRO, 1982).





Entre os hidróxidos, o de cálcio é o mais barato, porém existe um problema na sua utilização, ocorre precipitação do carbonato de cálcio, o que pode provocar o entupimento de tubulações, bombas e os demais equipamentos utilizados (CRAVEIRO, 1982).

Podem ser utilizados outros dois processos para a remoção do dióxido de carbono e do gás sulfídrico. Um é através de solventes orgânicos, mas devido à corrosão provocada, perdas elevadas e periculosidade (são substâncias muito voláteis), geralmente esse processo é evitado. Outro processo é utilizando carbonato de potássio a quente, mas como exige aquecimento e operação a 110°C, demanda energia para esse aquecimento, e é, também, evitado em favor da eficiência energética (OLIVEIRA, 2009).

2.3.5 – Poder Calorífico do Biogás

Uma das características mais importante de um gás, que apresenta a quantidade de energia liberada na combustão completa de uma unidade de massa ou volume, é denominada de poder calorífico, também conhecida como poder de queima, calor de combustão ou potência calorífica (COSTA, 2006).

Quando se determina a composição de um combustível, verifica-se que o mesmo é geralmente composto por carbono, hidrogênio e oxigênio. Quando há a combustão do mesmo, ocorre formação de água como produto dessa reação devido à presença de hidrogênio, essa água pode estar no estado líquido, gasoso ou ainda em ambos. Caso a água formada na combustão se condense é obtido o poder calorífico do

combustível superior (PCS), mas se a água estiver no estado gasoso é obtido o poder calorífico inferior (PCI), em consequência disso o biogás também poderá ter ambos os poderes caloríficos. De acordo com a concentração de metano no biogás o poder calorífico pode variar entre 4,95 a 7,92kWh/m³ para o poder calorífico inferior e superior, respectivamente (COSTA, 2006), após o devido tratamento o biogás pode atingir um poder calorífico próximo a 10.000kcal/m³ (COSTA, 2006).

2.3.6 – Riscos do Uso do Biogás

O gás metano puro, quando queimado, apresenta uma chama luminosa, porém a chama do biogás já não é tão luminosa. O biogás não é tóxico, mas atua sobre o organismo humano diluindo o oxigênio e, como consequência, pode provocar a morte por asfixia. Como é muito estável não é solúvel em água (PECORA, 2006).

O biogás é mais denso que o ar; possui uma relação de densidade de 0,55 (PARCHEN, 1979). Apresenta, portanto, a tendência de ficar mais próximo ao solo, o que facilita sua inalação e, por isso, deve ser tratado com cuidado.

2.3.7 – Obtenção do Gás a Partir do Biodigestor

O biodigestor é uma câmara na qual ocorre um processo bioquímico denominado digestão anaeróbia, que tem como resultado a formação de lodo digerido e produtos gasosos, essencialmente o biogás (MAGALHÃES, 1986). A Figura 2.12 mostra o biodigestor da ETE e a Figura 2.13 mostra um corte esquemático genérico de um biodigestor.

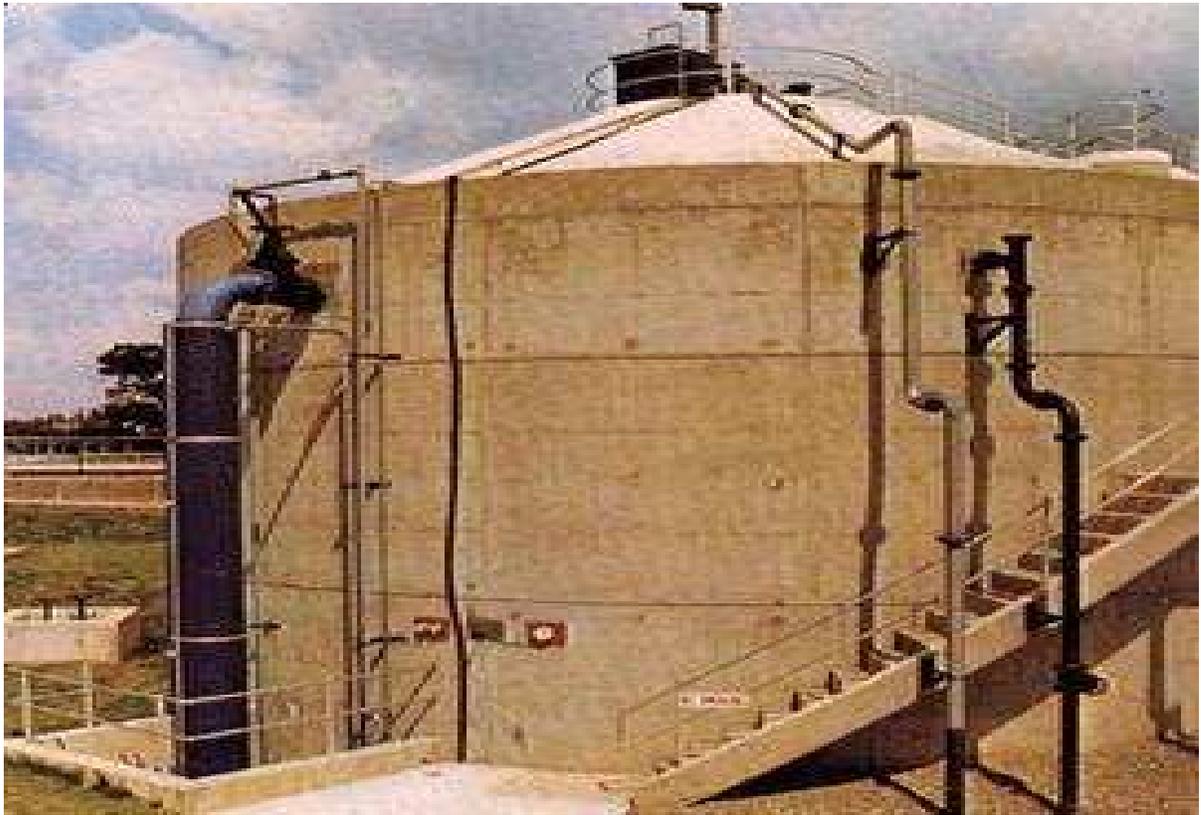


Figura 2.12 – Biodigestor

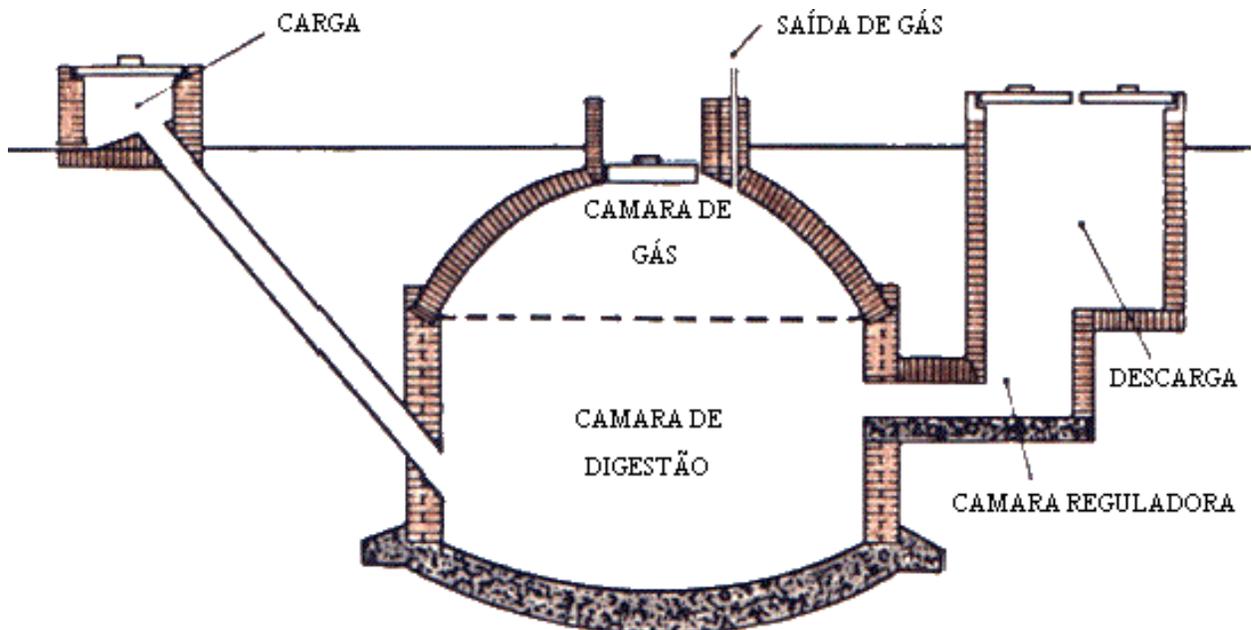


Figura 2.13 – Esquema interno de um biodigestor

2.3.7.1 – Funcionamento do biodigestor

No digestor, o lodo é exposto a uma pré-fermentação aeróbia, ou seja, a digestão do resíduo na presença do ar, no qual somente proliferam bactérias aeróbias. Neste processo a maior parte do oxigênio dissolvido na mistura é liberado para o meio ou consumido pelas bactérias aeróbias, viabilizando assim, o posterior desenvolvimento das bactérias anaeróbias (MORAES, 1980). Pelo tubo de carga, o resíduo é introduzido no digestor em que será submetido a uma digestão anaeróbia para a produção do biogás. A digestão anaeróbia é uma reação bioquímica realizada por bactérias na ausência de oxigênio e com bastante umidade. Essas bactérias são encontradas, naturalmente, no estômago e nos intestinos dos animais. O grupo de bactérias mais importante no processo são as denominadas bactérias metanogênicas e são elas que formam o gás metano (MORAES, 1980). Esse processo é realizado basicamente em três etapas, como representado na Figura 2.14.

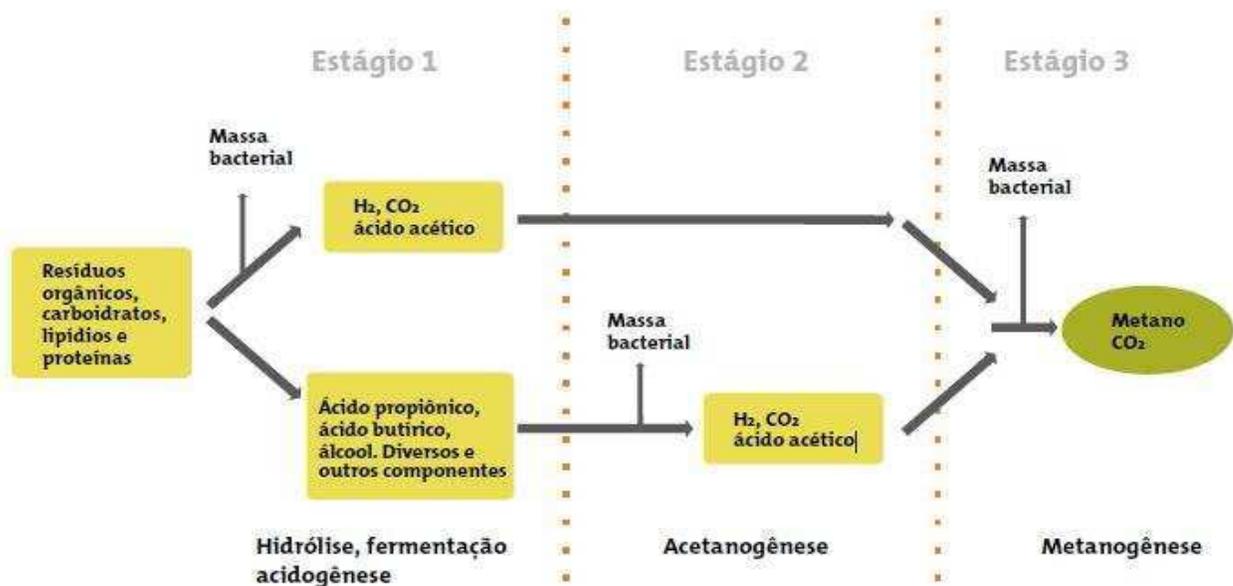


Figura 2.14 – Fases da produção do biogás

(SOSA et al., 2004)

Na primeira, a matéria orgânica é convertida em moléculas menores pela ação de bactérias hidrolíticas e fermentativas. As primeiras transformam proteínas em peptídeos e aminoácidos, polissacarídeos em monossacarídeos, gorduras em ácidos graxos, pela ação de enzimas extracelulares, como a protease, a amilase e a lipase. As bactérias fermentativas transformam esses produtos em ácidos solúveis (ácido propiônico e butírico), alcoóis e outros compostos (SOSA et al., 2004).

Na segunda fase, as bactérias acetogênicas transformam os produtos obtidos na primeira etapa em ácido acético (CH_3COOH), hidrogênio e dióxido de carbono. Essas bactérias são facultativas, ou seja, elas podem atuar tanto em meio aeróbio como anaeróbio. O oxigênio do material orgânico não aproveitado no processo aeróbio do sistema é utilizado para efetuar essas transformações (SOSA et al., 2004).

O metano é formado na última etapa da produção do biogás. As bactérias metanogênicas, que formam o metano, transformam o hidrogênio, o dióxido de carbono e o ácido acético (CH_3COOH) em metano e dióxido de carbono. Estas bactérias anaeróbias são extremamente sensíveis a mudanças no meio, como temperatura e pH.

As bactérias produtoras do biogás são mesofílicas, vivem entre 35 a 45 °C e são sensíveis a alterações de temperatura. Variações bruscas de temperatura fariam com que as bactérias metanogênicas não sobrevivessem, o que acarretaria na diminuição considerável da produção de biogás (SOSA et al., 2004).

Outro fator considerável é a acidez do processo, uma vez que as bactérias produtoras do metano sobrevivem numa faixa variável de pH entre 6,5 e 8,0.

Assim, enquanto as bactérias constantes dos estágios um e dois da digestão anaeróbia produzem ácidos, as bactérias produtoras de metano consomem esses ácidos, mantendo o meio neutro (SOSA et al., 2004).

O biogás liberado pelas bactérias anaeróbias é acumulado no gasômetro. Após um período da carga inicial, a produção de gás estará estabilizada e então se procede à recarga periódica do biodigestor (MORAES, 1980).

Esse gás pode, facilmente, ser envasado, sob compressão, e, assim, transportado para posterior utilização ou pode, simplesmente, ser dirigido ao ponto de utilização através de tubulações.

2.3.8 – Condições para Otimização de Digestores Anaeróbios

Para utilização dos digestores anaeróbios, com a finalidade de obtenção de altas taxas de produção de biogás, algumas características da água residuária devem ser observadas, caso contrário, o rendimento do processo poderá ser muito baixo. Existem várias alternativas para se adequar a água residuária às condições ideais. A seguir, são descritas essas características e os principais métodos utilizados para adequação às condições ideais.

2.3.8.1 – Temperatura

O processo pode ocorrer, como na maioria das vezes, na faixa mesofílica (entre 15°C e 40°C). Sabe-se, no entanto, que taxas de velocidade e volumes maiores são atingidos entre 30°C e 40°C. Também nas faixas psicofílica (5°C a 15°C) e termofílica (40°C a 65°C) pode-se efetuar a digestão anaeróbia, mas ainda são requeridos estudos para sua aplicação em escala real. Nesta última, no entanto, os estudos em andamento já se apresentam bastante promissores, no que se refere a majorar a produção de biogás e de especial interesse em países tropicais, como o nosso, nos quais a

temperatura termofílica pode ser atingida até mesmo naturalmente, ou seja, sem consumo de energia.

Adequação às condições ideais: De acordo com a faixa de temperatura a ser efetuada a digestão e com a temperatura ambiente, pode ser necessária a adoção de sistemas de controle de temperatura.

2.3.8.2 – pH

O pH deve ser mantido próximo da faixa ótima para as bactérias metanogênicas, que vai de 6,8 a 7,2. O efeito tampão do meio em digestão, conferido pelo confinamento, favorece a manutenção do pH nesta faixa.

Adequação às condições ideais: Em alguns casos pode ser necessária a adição de soda, cal ou bicarbonato para ajuste do pH.

2.3.8.3 – Concentração de matéria orgânica

Os digestores podem tratar efluentes com Demanda Química de Oxigênio (DQO) muito baixas, como, por exemplo, os esgotos domésticos, que apresentam DQO da ordem de 0,1Kg/m³, ou, ao contrário, muito altas, como, por exemplo, a vinhaça, que apresenta cerca de 20Kg/m³ DQO. No entanto, variações bruscas na DQO da água residuária podem ser prejudiciais à regularidade do processo.

Adequação às condições ideais: Para minimizar os problemas de variações bruscas na DQO, tanques de equalização têm sido utilizados. Estes atuam também como tanques de acidificação de acordo com o tempo de detenção empregado. Esta é uma boa solução para águas residuárias complexas de difícil degradação. Em algumas

situações pode ser conveniente efetuar-se a diluição da água residuária a ser tratada. Ela pode ser efetuada através da reciclagem do efluente ou também através da junção com outros efluentes, por exemplo, águas de lavagem ou esgotos domésticos.

2.3.8.4 – Nutrientes

Para que ocorra a biodegradação, além da presença de traços de elementos, a água residuária deve conter nitrogênio (N) e fósforo (P), nas seguintes proporções, em relação à demanda química de oxigênio (DQO): DQO:N:P= 350:5:1.

Adequação às condições ideais: Para atingir as proporções ideais de nutrientes, pode ser necessária a adição de nitrogênio e/ou fósforo. Costuma-se adicionar uréia $[(\text{NH}_2)_2 \text{CO}]$ ou fosfato de amônio $[(\text{NH}_4)_3 \text{PO}_4]$. Porém, a simples junção com esgotos domésticos, que são ricos em nutrientes, pode suprir esta necessidade ao mesmo tempo em que se efetua sua diluição.

2.3.8.5 – Compostos tóxicos e/ou inibidores

Deve-se, também, atentar para a presença de compostos tóxicos à digestão anaeróbia, que podem prejudicar sensivelmente e até impedir a aplicação do processo, caso ocorram concentrações que excedam os limites de tolerância de compostos tais como: metais pesados, metais alcalinos e alcalino terrosos, cianetos, fenóis, cloretos, nitratos, oxigênio e especialmente sulfatos e sulfetos, cuja presença é freqüente em águas residuárias industriais.

Adequação às condições ideais: Diversas possibilidades podem ser empregadas para se evitar o efeito tóxico ou inibidor de substâncias. As principais são: precipitação,

através da adição de compostos químicos, eliminando a forma solúvel do composto tóxico e diluição, diminuindo a concentração do composto tóxico.

2.3.8.6 – Concentração de sólidos em suspensão (SS)

Aconselha-se a aplicação de águas residuárias com baixas concentrações de sólidos em suspensão, porém, não existe um valor limite estabelecido e é cada vez maior a aplicação para altas concentrações entre 1,0 e 20Kg de SS/m³. A título de recomendação, no entanto, sugere-se limites de até 10% de matéria orgânica

Adequação às condições ideais: Quando for necessária a diminuição da concentração dos sólidos em suspensão da água residuária pode-se lançar mão dos seguintes tipos de pré-tratamento de acordo com a qualidade dos sólidos presentes – gradeamento, peneiramento, decantação, flotação e hidrólise, esta última pode ser efetuada para obter-se liquefação parcial dos sólidos presentes.

2.3.9 – Aproveitamento do Biogás

O poder de combustão do biogás é suficiente para alimentar, diretamente, fornos industriais existentes no mercado, os quais podem atingir temperaturas de 500, 650, 800 e até 1300°C.

O biogás pode ainda alimentar um gerador de energia elétrica necessária para funcionamento de diversos equipamentos, inclusive equipamentos de termo-pressurizadores de vapor, como as autoclaves freqüentemente utilizadas em esterilizações de materiais e os próprios equipamentos de tratamento existentes na unidade.

Iniciativas antes restritas a experiências acadêmicas, agora já estão em fase de exploração comercial, como acontece em países asiáticos e europeus, dentre eles: China, Dinamarca e Alemanha, que têm o biogás como fonte de suas matrizes energéticas.

Com esse viés simultaneamente econômico e tecnológico se estuda a implantação de uma usina térmica na ETE-Barueri.

Entre 2002 e 2005, um projeto experimental foi responsável pela instalação de um protótipo de uma turbina para geração de energia a partir da queima do biogás resultante do processo de secagem da massa orgânica do esgoto da ETE-Barueri. Na época, estimou-se que o gás resultante do lodo processado pelo equipamento poderia produzir 30 quilowatts, que poderiam ser utilizados para abastecer parte das instalações da ETE.

Presume-se que, hoje, a estação possa produzir 3 megawatts, mediante a queima de 35 mil m³ de biogás, gerados diariamente. Economia significativa para os 11 MW consumidos pela unidade todo mês (a Concessionária é a maior compradora individual de energia de São Paulo - cerca de 1,9% de toda eletricidade consumida no estado).

Estima-se que, em 2016, mediante procedimentos de otimização, possa haver potencial para fornecer mensalmente 30 milhões de metros cúbicos de biogás, gerados nos tanques de biodigestão daquela estação.

O aproveitamento do potencial dependerá da tecnologia a ser adotada para exploração do recurso, que deve incluir a construção de um gasoduto e de uma usina termoelétrica além da instalação de equipamentos acessórios; no entanto, estima-se que possa atingir 9 gigawatts de potência elétrica.

Esses investimentos esbarram, porém, em aspectos administrativos, uma vez que não constitui atividade-fim da Concessionária.

2.4 – ÁGUA DE REÚSO

O uso responsável da água é fundamental, não somente nas regiões metropolitanas, mas em todos os lugares do mundo. Cada litro de água de reúso utilizado representa um litro de água conservada em nossos mananciais.

O assunto é tão importante que faz parte da Estratégia Global para Administração da Qualidade das Águas, proposta pela ONU, para preservação do meio ambiente. É uma maneira inteligente e capaz de assegurar que as gerações futuras tenham acesso a esse recurso tão precioso e essencial à vida: a água potável. A água de reúso é produzida dentro das próprias Estações de Tratamento de Esgoto e pode ser utilizada para inúmeros fins, como geração de energia, refrigeração de equipamentos, em diversos processos industriais, em prefeituras e entidades que usam a água para fins não-potáveis.

Propõe-se a utilização desse subproduto do tratamento do esgoto, na lavagem da areia da ETE, o que irá anular os custos dessa etapa do processo, uma vez que toda a água empregada será recirculada e retornará ao início do tratamento e será, conseqüentemente, reaproveitada.

Para tanto, foram verificadas as características da água de reúso produzida na ETE-Barueri, que se mostrou bastante regular, em observações realizadas durante o período de um ano, conforme se verifica na Tabela 2.1, elaborada com dados fornecidos pela SABESP (2010), obtidos a partir de ensaios realizados por laboratório contratado.

Importante salientar que não há universalização normativa, no que se refere aos parâmetros a serem obedecidos na produção de água de reúso, mas tem ficado a cargo dos próprios produtores definirem os limites, em função da utilização prevista.

Cabe, no entanto, observar a regularidade dos parâmetros e considerar que esse subproduto tem sido utilizado, com freqüência, em diversos processos e, particularmente, na utilização ora proposta, seu uso precederá a desinfecção térmica do material.

Tabela 2.1 – Parâmetros da água de reúso produzida na ETE-Barueri

Leitura (mês/ano)	pH	SST (mg/l)	CRT (mg/l)	CRC (mg/l)	CRL (mg/l)	Turbidez (NTU)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	OG	Volume produzido (m³/mês)
abr/09	7,0	3,2	5,33	5,40	0,015	1,9	34,0	7,5	ausente	3.417
mai/09	6,9	2,9	6,00	6,12	0,015	2,8	32,7	13,1	ausente	3.040
jun/09	6,9	5,4	6,18	6,45	0,015	2,3	34,3	16,5	ausente	3.379
jul/09	7,2	5,2	6,07	6,13	0,015	2,4	29,2	20,4	ausente	3.439
ago/09	7,0	10,0	6,19	6,25	0,065	4,1	68,3	37,0	ausente	5.262
set/09	7,0	7,1	5,88	6,05	0,065	3,2	40,4	13,3	ausente	4.213
out/09	7,1	5,6	5,89	6,08	0,065	3,0	26,2	10,1	ausente	3.471
nov/09	7,2	9,3	5,24	5,41	0,065	2,3	47,5	18,2	ausente	4.258
dez/09	7,2	2,8	5,37	5,27	0,129	1,7	22,4	16,3	ausente	4.983
jan/10	7,2	6,7	4,73	4,76	0,065	2,4	31,5	33,0	ausente	3.831
fev/10	7,2	7,4	4,33	4,53	0,065	2,8	25,4	15,7	ausente	2.889
mar/10	7,2	7,6	5,03	5,23	0,065	4,6	37,3	14,9	ausente	3.143
Média	7,1	6,1	5,52	5,64	0,054	2,8	35,7	18,0	ausente	3.777
Limites*	6 a 9	<35	2 a 10			<20				

* Norma interna

SST = Sólidos Suspensos Totais

CRT = Cloro Reidual Total

CRC = Cloro Residual Combinado

CRL = Cloro Residual Livre

NTU = *Nefelometric Turbidity Unit* = Unidades Nefelométricas de Turbidez

DQO = Demanda Química de Oxigênio

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

OG = Óleos e Graxas

(SABESP, 2010)

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, considerou-se importante verificar a uniformidade da qualidade dos resíduos produzidos na ETE, em função da eficiência do tratamento, inclusive para garantir que se trabalharia com material equivalente, ao longo do desenvolvimento do estudo. Para tanto, foram analisados os relatórios operacionais da estação, correspondentes a um período de três anos consecutivos, através dos quais, pode-se constatar a regularidade desejada (SABESP, 2011). Constam do Anexo I, os resumos dos relatórios consultados.

Com o intuito de verificar a viabilidade técnica da propositura, amostras da areia e do lodo, retirados das correspondentes fases do tratamento de esgoto da ETE-Barueri, foram submetidos a processos de limpeza e descontaminação, para permitir o manuseio e, depois, a ensaios de caracterização e à mistura em concretos para confecção de corpos-de-prova de blocos para alvenaria, cujas propriedades serão analisadas.

A escolha desse tipo de artefato se deu em função do processo de produção que envolve compactação por prensagem de concreto com consistência de farofa, de particular interesse quando se empregam agregados e adições finos.

Os processos de descontaminação dos materiais foram essencialmente térmicos e as temperaturas e tempos de exposição foram fixados com base em experiências anteriores dos colaboradores.

3.1 – TRATAMENTO PROPOSTO PARA A AREIA

3.1.1 – Lavagem da Areia

A areia oriunda das caixas do pré-tratamento de esgotos contém algumas entremeações de gravetos vegetais e outros dejetos, de modo que, para viabilizar seu reaproveitamento, essas impurezas deverão ser removidas, através de processo de lavagem. Propôs-se, então, que o material fosse submetido a um mecanismo de fluxo ascendente, no qual pode ser utilizada a água de reúso produzida na própria ETE e que constitui um subproduto do sistema de tratamento de esgotos.

Nesse processo de retro-lavagem, o material é depositado num tanque e submetido a um fluxo ascendente de água que irá, então, provocar a suspensão e conseqüente remoção de partículas voláteis, mediante a extravasão da água. Para tanto, está prevista a utilização da referida água de reúso, injetada no equipamento com pressão suficiente para movimentar as partículas mais leves, fazendo com que esses detritos separem-se da areia, flutuem e escoem, junto com a água, por um extravasador localizado na parte superior do equipamento. Essa operação deve se repetir por várias vezes até que água extravasada esteja visualmente limpa, quando, então, a areia também assim o estará. O sistema de lavagem, quando instalado, será efetivado por bateladas de 4t/h e o consumo previsto de água é de 5m³/h. Nesse processo, prevê-se que toda água utilizada será recirculada, ou seja, voltará ao início do processo de tratamento. O lavador de areia proposto é mostrado na Figura 3.1, no entanto, para elaboração do presente trabalho, foi utilizado um protótipo de tamanho reduzido com funcionamento similar ao proposto, através do qual se obteve o resultado mostrado na Figura 3.2.



Figura 3.1 – Lavador de areia



Figura 3.2 – Areia extraída do tratamento, após a referida lavagem

3.1.2 – Desinfecção da Areia

Após a lavagem, a areia passou por processo térmico de desinfecção: inicialmente foram feitos alguns testes, submetendo-se amostras de areia, coletadas aleatoriamente, quarteadas e homogeneizadas, à desinfecção em autoclave, que é o equipamento convencionalmente utilizado em desinfecções hospitalares. Nesse processo utilizou-se uma autoclave de laboratório, conforme Figura 3.3, para simular o processo industrial. Foram preparadas suas amostras de 1kg, cada uma submetida à temperatura de 90°C, pressão de 1atm, durante o período de uma hora. Outros testes foram feitos submetendo-se novas amostras a um forno rotativo. Nesse caso utilizou-se um protótipo, conforme Figura 3.4, para simular o processo industrial. Foram utilizadas quatro amostras de 1kg, cada uma submetida à temperatura de 140°C, também durante o período de uma hora.

3.1.3 – Análise e Caracterização da Areia

Duas amostras de areia de 1kg cada uma, lavadas e levadas à desinfecção térmica conforme descrito, pelo período de uma hora, alternativamente, uma em autoclave a 90°C e outra em forno rotativo a 140°C, foram fracionadas conforme mostrado Figuras 3.5 a 3.7. Essas amostras foram submetidas a ensaios de verificação de coliformes totais, coliformes termotolerantes, pH e teor de matéria orgânica, além de avaliação microbiológica. Os resultados são apresentados respectivamente nos Anexos II e VIII e transcritos para análise no Capítulo 4.

Foram, também, elaborados ensaios em frações de amostras dessa areia para obtenção de sua classificação como resíduo sólido, inclusive mediante obtenção de extratos lixiviado e solubilizado, conforme NBR's 10004; 10005; 10006 e 10007 (ABNT), cujos resultados são apresentados no Anexo III e analisados no próximo capítulo.

A título de verificação, duas amostras de 1kg de areia bruta, isto é, não lavada, mas somente desinfectada no forno, também foram submetidas aos ensaios supracitados. Os resultados também constam do Anexo III.

Duas amostras da areia foram submetidas a ensaios de análise granulométrica, de acordo com a NBR NM 248 (ABNT), haja vista que, presume-se que a granulometria seja mais fina, devido à lapidação sofrida no transporte (Anexo IV).

Para verificação final da viabilidade de aproveitamento desse material, foram produzidos corpos-de-prova de blocos para alvenaria estrutural 19cm x 39cm x 14cm, com substituição parcial do agregado pela areia da ETE, considerando-se que seria a forma mais representativa de sua provável utilização final e favorável à granulometria mais fina da areia, por empregar massa de consistência seca e moldagem por prensagem. Todos os resultados encontram-se transcritos e analisados no Capítulo 4.



Figura 3.3 – Autoclave de laboratório utilizada no experimento



Figura 3.4 – Protótipo de forno utilizado na pesquisa



Figura 3.5 – Aspecto visual da areia desinfetada no forno



Figura 3.6 – Amostragem da areia desinfectada no protótipo de forno



Figura 3.7 – Determinação da quantidade de areia a ser analisada

3.2 – TRATAMENTO PROPOSTO PARA O LODO

3.2.1 – Desidratação do Lodo

Como dito, o lodo é retirado do filtro-prensa com cerca de 30% de sólidos. Diante desse parâmetro, foi proposta a instalação de leitos de desidratação otimizados mediante a introdução de sistema drenante e cobertura vinílica translúcida (tipo estufa agrícola), além de aberturas horizontais para ventilação cruzada, conforme Figura 3.8.



Figura 3.8 – Leito de secagem drenante com cobertura vinílica translúcida proposto para desidratação do lodo

O leito de desidratação otimizado constitui-se de um sistema que prima pela simplicidade e também pela economia energética, pois utiliza apenas energia solar e ação eólica, além da drenagem, para promover a desidratação do material. É pouco utilizado, porém sua eficácia é patente, haja vista que as experiências práticas anteriores deste autor demonstraram que foram obtidas reduções de umidade para algo em torno de 10%, em apenas quinze dias de exposição (vide Figura 3.9).



Figura 3.9 – Aspecto visual do lodo dessecado

3.2.2 – Desinfecção do Lodo

Para desinfecção do lodo, como dito, não foram, neste trabalho, propostos procedimentos químicos, mas somente processos térmicos.

Semelhantemente à areia, duas amostras de 1kg de lodo cada uma foram submetidas a tratamento termo-pressurizado, em autoclave, a 90°C, sob pressão de 1atm, pelo período de uma hora (semelhantemente ao mostrado na Figura 3.3); outras duas amostras de 1kg cada uma foram passadas em forno rotativo a 140°, pelo período de uma hora (semelhantemente ao mostrado na Figura 3.4) e, finalmente, outras duas amostras de 1kg foram submetidas à temperatura de 1.000°C, em forno industrial até sua calcinação, conforme Figuras 3.13 a 3.15.

Os procedimentos de amostragem e desinfecção das amostras de lodo encontram-se representados nas Figuras 3.10 a 3.12.



Figura 3.10 – Separação de amostra de lodo *in natura*



Figura 3.11 – Determinação da quantidade de amostra de lodo *in natura* a ser submetida ao forno



Figura 3.12 – Submissão do lodo ao forno industrial



Figura 3.13 – Forno industrial utilizado no estudo



Figura 3.14 – Forno industrial utilizado no estudo

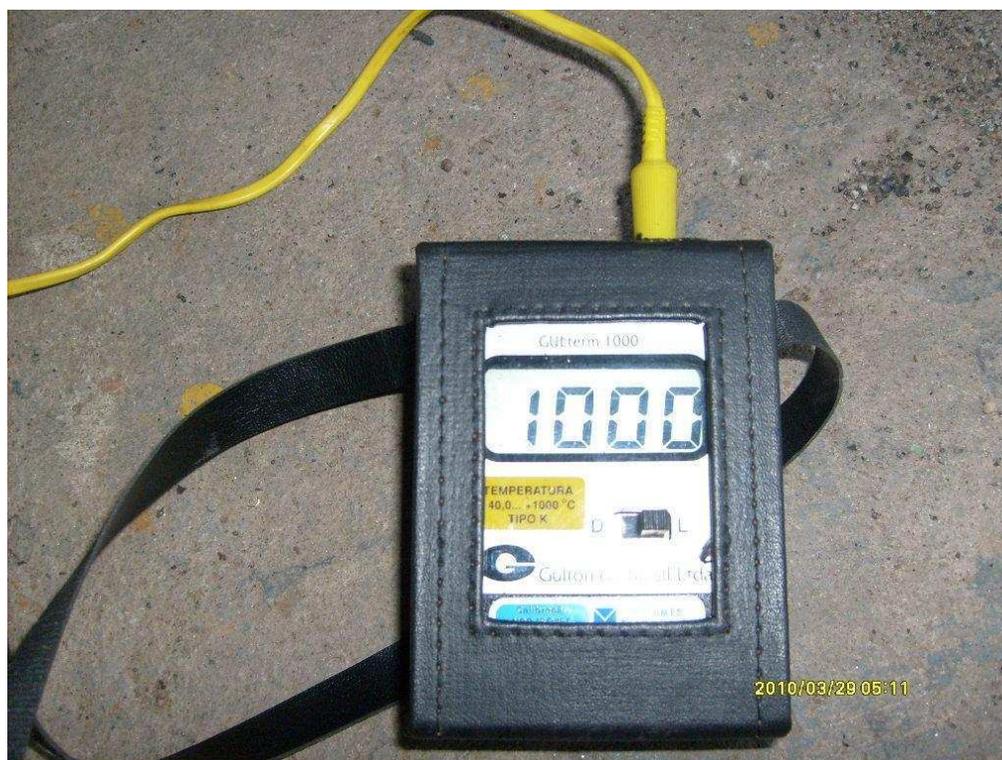


Figura 3.15 – Verificação da temperatura do forno industrial



Figura 3.16 – Lodo calcinado retirado do forno industrial

3.2.3 – Análise e Caracterização do Lodo

Foram feitas amostras de lodo coletadas aleatoriamente, quarteadas e homogeneizadas; dessecadas e, conforme descrito, submetidas à desinfecção térmica, alternativamente, em autoclave a 90°C e em forno rotativo (protótipo) a 140°C, além de amostras calcinadas em forno industrial a 1.000°C.

Uma amostra de 1kg do material passado em autoclave a 90°C e outra passada em forno rotativo a 140°C foram submetidas a ensaios de verificação de coliformes totais, coliformes termotolerantes, pH e teor de matéria orgânica (vide Anexo II).

Foram elaborados ensaios do material desinfectado, para avaliação microbiológica, cujos resultados são apresentados no Anexo VIII.

Frações da amostra de lodo calcinado foram submetidas a ensaios de granulometria a *laser*. Foi também verificada a finura desse material, através da área específica com auxílio do Permeabilímetro de Blaine e com base na NBR NM 76 e a massa específica, através do frasco de Chapman, conforme NBR NM 52.

O material calcinado foi, ainda, observado em microscópio óptico, microscópio eletrônico de varredura com acoplamento do *Energie Dispersive Scan* (EDS) para análises pontuais e também foram obtidos espectros por difração de raios X, os quais foram analisados em conjunto com análises químicas.

Foram também consultadas análises químicas do lodo, conforme Anexo X.

A verificação da atividade pozolânica do material foi feita com base no procedimento recomendado pela norma NBR 5752.

Para verificação final da viabilidade de aproveitamento do material, foram produzidos corpos-de-prova de blocos para alvenaria estrutural 19cm x 39cm x 14cm, elaborados com concreto com adição de lodo desinfectado.

Essa escolha se deu por considerar-se que seria a forma mais representativa da provável utilização final desses resíduos e favorável a esse tipo de adição, uma vez que emprega massa de consistência seca e a moldagem é feita por prensagem.

Os resultados encontram-se transcritos e analisados no Capítulo 4.

3.3 – CORPOS-DE-PROVA E ENSAIOS

Para moldagem dos corpos-de-prova, foi adotado o traço convencionalmente utilizado de 1:6 cimento/agregado (em massa) e relação água/cimento próxima de 0,45, que além de ser de uso regular, é um dos traços mais econômicos empregados na produção industrial. A mistura foi feita manualmente, conforme Figura 3.16.

Para fins de verificação, foi também feita análise granulométrica do agregado convencional (pó-de-pedra). Os resultados constam do Anexo V.

Foi, experimentalmente, feita substituição do agregado tradicionalmente utilizado pela areia (tratada) da ETE, nos teores de 0%, 10% e 50%. Foram, também, feitos experimentos, com adição de lodo autoclavado a 90°C ou passado no forno rotativo a 140°C, na proporção de 0%, 10% e 15%.

Os corpos-de-prova foram moldados em máquina de vibro-prensagem com pressão nominal de aproximadamente 70kPa, conferida por pistão pneumático, conforme informação do fabricante do equipamento (vide Figuras 3.17 e 3.18) e levados

à cura, em câmara úmida, pelo período de 28 dias, depois do que foram transferidos para câmara seca e destinados aos ensaios (Figuras 3.19 e 3.20).

Inicialmente, três corpos-de-prova de cada condição foram submetidos a ensaios de caracterização para verificação de absorção de água, conforme NBR 12118.

Um total de seis corpos-de-prova, escolhidos aleatoriamente, passaram por análise dimensional, segundo a norma NBR 12118. Por fim, seis corpos-de-prova de cada condição foram submetidos a ensaio de resistência à compressão, de acordo com a norma NBR 12118.



Figura 3.17 – Mistura dos materiais



Figura 3.18 – Moldagem de corpos-de-prova



Figura 3.19 – Corpos-de-prova moldados



Figura 3.20 – Cura dos corpos-de-prova

4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 – RESULTADOS DE ENSAIOS COM UTILIZAÇÃO DE AREIA DA ETE

Os resultados dos ensaios de granulometria da areia, realizados de acordo com a NBR NM 248, conduziram ao módulo de finura de 1,3; a curva granulométrica é apresentada na Figura 4.1, através da qual se verifica que a distribuição granulométrica, assim como o módulo de finura, tangem os limites inferiores da faixa considerada utilizável para concretos, conforme parâmetros da NBR 7211/2009. Como esperado, trata-se de uma areia de granulometria fina, característica justificada pela lapidação sofrida no peculiar sistema de transporte; no entanto, sua utilização pode ser considerada viável, mediante esse parâmetro, desde que adequado o traço, podendo, inclusive, conduzir à obtenção de concretos com microestruturas mais compactas e, conseqüentemente, mais resistentes, conforme observado em experiências anteriores. Com o emprego de agregados mais finos e, conseqüentemente, com maior área específica, há que se considerar a necessidade de maior quantidade de água de amassamento, no entanto, isso corrobora para a aplicação proposta, que envolve compactação por prensagem utilizando concreto com consistência de farofa, na qual essa preocupação se dissipa.

Os ensaios de verificação de: coliformes totais, coliformes termotolerantes, pH e teor de matéria orgânica, conduziram aos resultados apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2, transcritas do Anexo II. Não existem limites desses parâmetros, definidos para a

utilização ora proposta, por ser absolutamente inovadora, mas, somente a título de ilustração, foram compilados os parâmetros da Resolução CONAMA n.º 375, que trata de Critérios para Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. Note-se que, exceto no que se refere ao índice de acidez, o material poderia atender a essa utilização que, teoricamente, seria mais restritivo do que o uso proposto. No entanto, vale lembrar que a hidratação do cimento (prevista na aplicação proposta) libera hidróxido de cálcio, material comumente utilizado para correção do pH, o que corrobora com a presente propositura. Esses resultados, bem como a avaliação microbiológica, apresentaram, portanto, resultados plenamente satisfatórios

Os ensaios de caracterização da areia, como resíduo sólido, sejam: amostragem; obtenção de extrato lixiviado e obtenção de extrato solubilizado e classificação, conforme NBR's 10007; 10005; 10006 e 10004 resultaram nos dados constantes do Anexo III e determinam sua classificação como material não perigoso, que pode ser processado, indo exatamente ao encontro da propositura do presente trabalho.

Esses resultados indicam que, no que se refere à desinfecção térmica, ambos os métodos adotados mostraram-se promissores; no entanto, a autoclave tem funcionamento por energia elétrica, o que ensejaria a necessidade de um gerador termoelétrico para viabilizar o aproveitamento do biogás, enquanto que o forno pode ser alimentado diretamente pelo gás produzido no digestor da ETE. A propositura prática se firmou, então, na opção por um forno rotativo, constituído de um cilindro em aço inoxidável com eixo provido de hastes para injeção de calor, originados pela combustão de biogás, gerado na própria ETE-Barueri. A areia deverá permanecer no cilindro rotativo pelo espaço de uma hora, sob uma temperatura de 140°C. O equipamento poderá ser alimentado por uma esteira e o processo será desenvolvido por bateladas, com volume de até oito toneladas por ciclo.

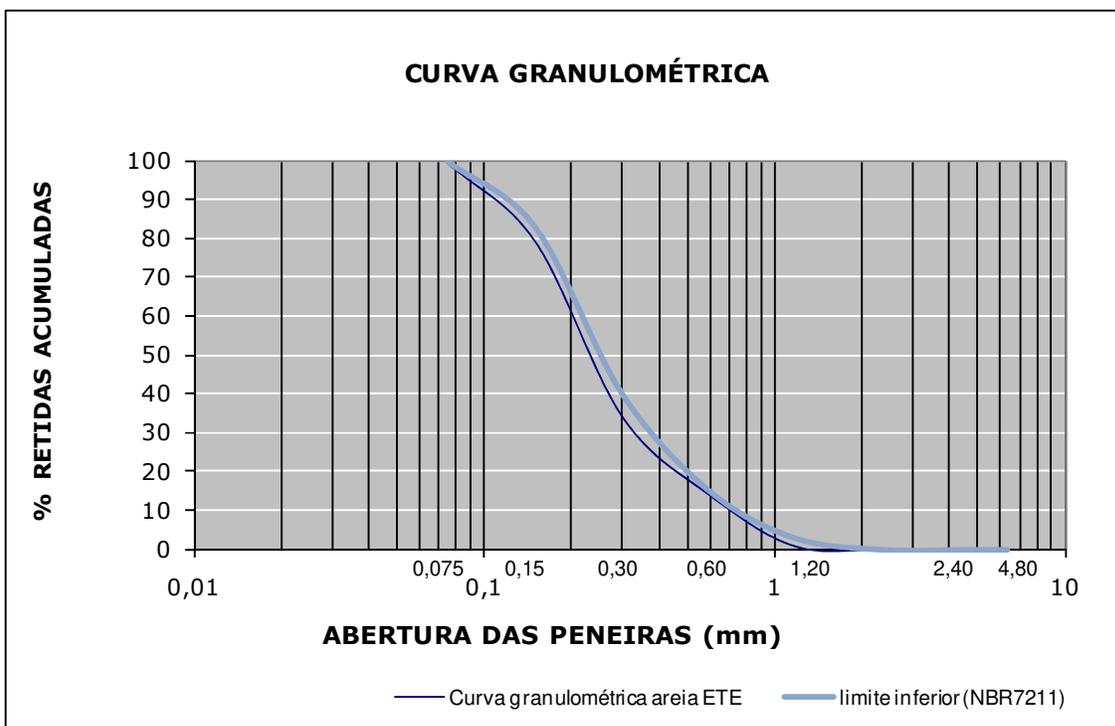


Figura 4.1 – Resultado dos ensaios de granulometria da areia da ETE

Tabela 4.1 – Resultados de ensaios de coliformes totais, coliformes termotolerantes, umidade, pH e teor de matéria orgânica para amostras de areia passada em autoclave a 90°C

Código da Amostra	Data	Tipo de amostra	Parâmetro	Método Empregado	Valor Encontrado	Conama 375	Unidade
Areia Autoclavada nº 01	29/3/2010	Coleta simples	Coliformes Totais	IT-ES0230	< 10 ³	< 10 ³	NMP/g ST
			Coliformes Termotolerantes	IT-ES0230	< 10 ³	< 10 ³	NMP/g ST
			Umidade	IT-ES0252	22,76	< 10	%
			pH	IT-ES0246	5,89	> 7	---
			Matéria Orgânica	IT-ES0238	4,58	-	%

Tabela 4.2 – Resultados de ensaios de coliformes totais, coliformes termotolerantes, umidade, pH e teor de matéria orgânica para amostras de areia passada em forno rotativo a 140°C

Código da Amostra	Data	Tipo de amostra	Parâmetro	Método Empregado	Valor Encontrado	Conama 375	Unidade
Areia Forno	29/3/2010	Coleta simples	Coliformes Totais	IT-ES0230	< 1	< 10 ³	NMP/g ST
			Coliformes Termotolerantes	IT-ES0230	< 1	< 10 ³	NMP/g ST
			Umidade	IT-ES0252	0,40	< 10	%
			pH	IT-ES0246	5,43	> 7	---
			Matéria Orgânica	IT-ES0238	2,80	-	%

Os corpos-de-prova, depois de caracterizados, resultaram na completa isenção de microorganismos patogênicos (vide Anexo VIII) e submetidos à análise dimensional, segundo as normas NBR 12118 e NBR 6136, conduziram aos resultados constantes do Anexo VII, que indicam valores plenamente satisfatórios, dada a ínfima variabilidade de tamanho.

Os corpos-de-prova submetidos a ensaios de caracterização, para verificação de absorção total de água, apresentaram resultados conforme dados constantes do Anexo VI, ora transcritos na Figura 4.2.

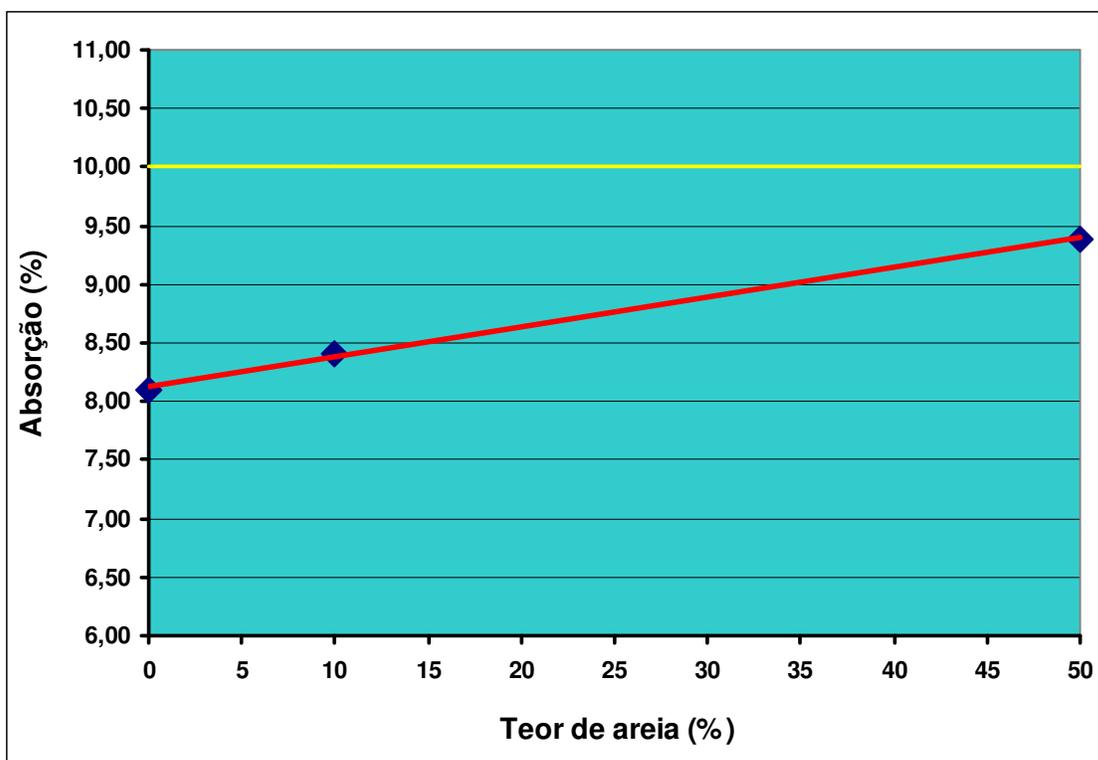


Figura 4.2 – Resultados dos ensaios de absorção de água para blocos moldados com uso de areia da ETE

Nota-se, da análise da Figura 4.2 que, quanto maior o teor de areia, maior foi a absorção, ao contrário do que se esperava, mas que pode ser explicado pela morfologia arredondada dos grãos de areia, que favorecem a percolação de umidade no interior da peça, em contraposição ao pó de pedra que, por ser mais anguloso, pode coibir a movimentação interna de água. Os resultados, no entanto, foram inferiores ao limite estabelecido pela norma NBR 6136, de 10%, satisfazendo assim a esse requisito.

Por fim, os corpos-de-prova que foram submetidos a ensaio de resistência à compressão, de acordo com a norma NBR 12118. Os resultados constam do Anexo IX e estão representados graficamente nas Figuras 4.3, 4.4 e 4.5, através das quais se verifica que foram atingidos valores superiores ao exigido pela norma NBR 6136, para blocos estruturais, que é de 3,0MPa.

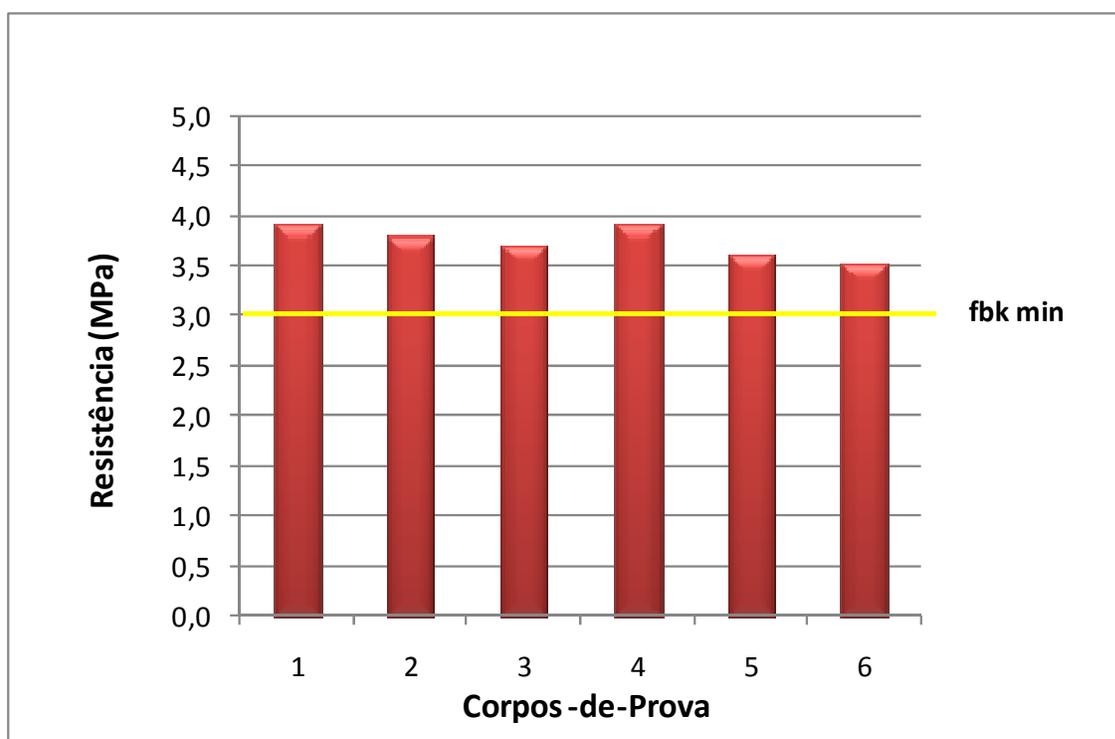


Figura 4.3 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com uso de agregado convencional (pó-de-pedra)

Observa-se, ainda, o aumento dos níveis de resistência, com o aumento do teor de areia no traço, o que pode ser provavelmente justificado pelo aumento do fator de empacotamento, favorecido pela morfologia e granulometria da areia, no adensamento por prensagem.

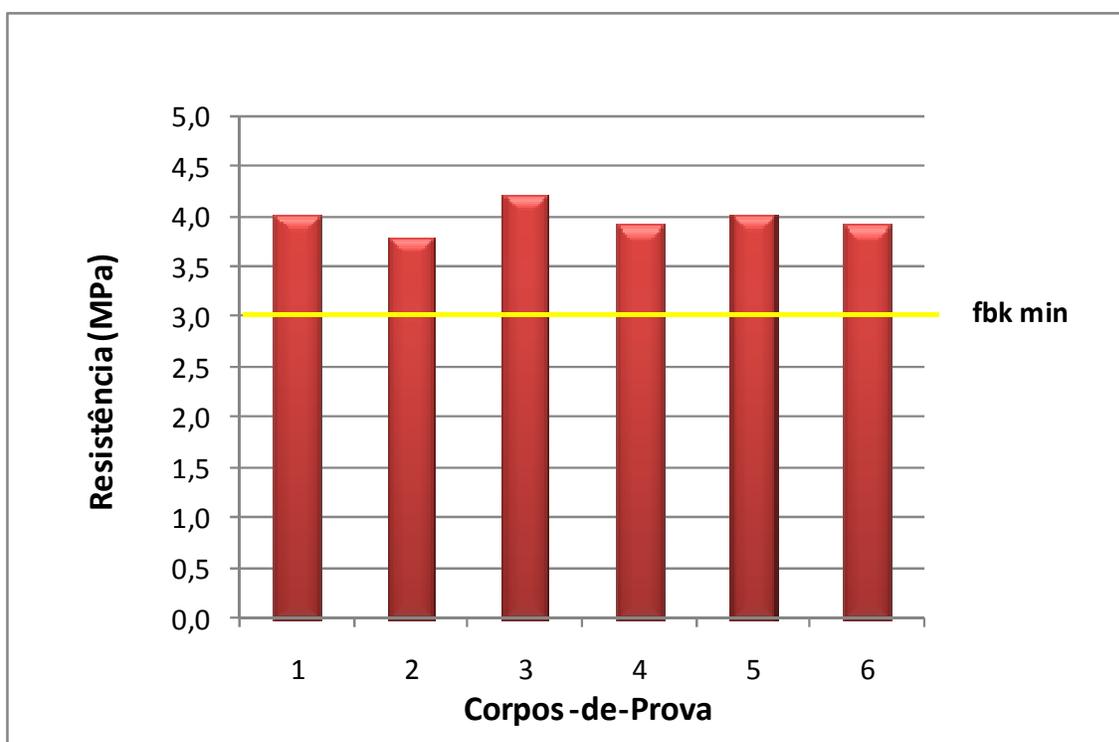


Figura 4.4 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com substituição de 10% do agregado convencional pela areia da ETE

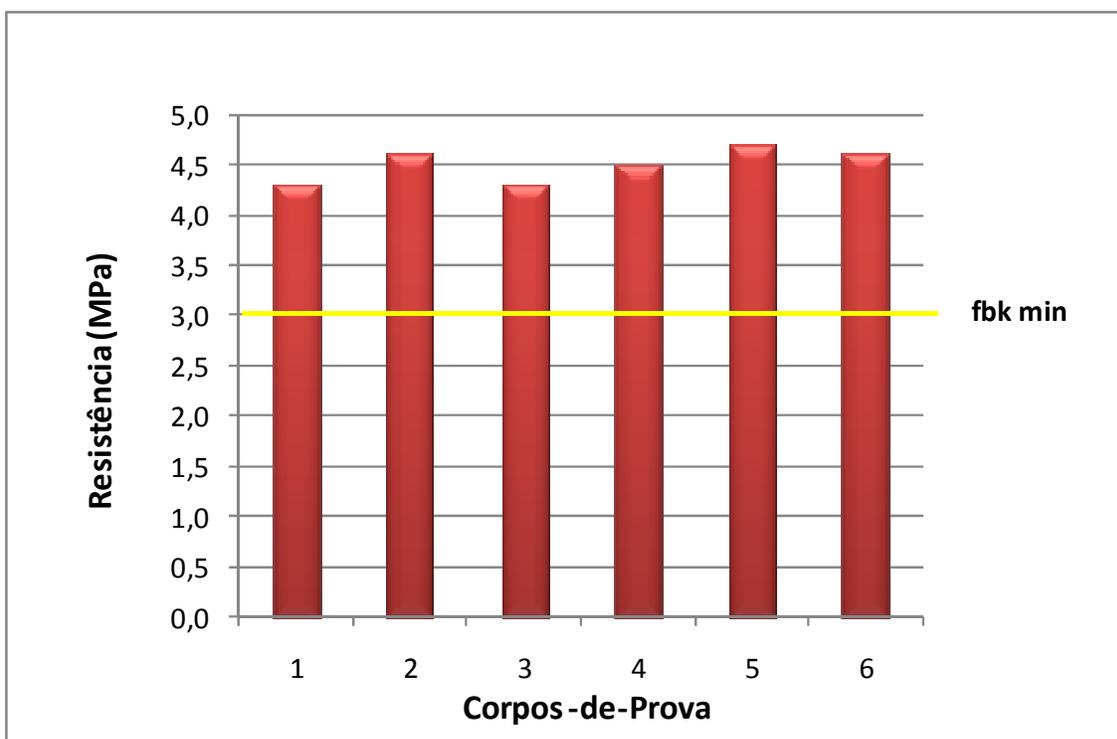


Figura 4.5 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com substituição de 50% do agregado convencional por areia da ETE

4.2 – RESULTADOS DE ENSAIOS COM UTILIZAÇÃO DE LODO DA ETE

As amostras do material passadas em autoclave a 90°C e as outras, passadas no forno rotativo a 140°C, foram submetidas a ensaios de verificação de: coliformes totais, coliformes termotolerantes, pH e teor de matéria orgânica, que conduziram a resultados conforme apresentado nas Tabelas 4.3 e 4.4, transcritas do Anexo II. Como dito, não existem limites desses parâmetros, definidos para a utilização ora proposta, por ser inovadora e, somente a título de ilustração, foram compilados os parâmetros da Resolução CONAMA n.º 375, que trata de Critérios para Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. Note-se que, exceto no que se refere ao índice de acidez do lodo passado no forno, o material poderia atender a essa utilização que, teoricamente, seria mais restritivo do que o uso proposto. No entanto, a hidratação do cimento que ocorrerá na

confeção dos blocos para alvenaria, liberará hidróxido de cálcio, que elevará o pH da mistura, corroborando a vantagem da presente propositura.

Os ensaios do material, como resíduo sólido, sejam: amostragem; obtenção de extrato lixiviado e obtenção de extrato solubilizado e classificação, conforme NBR's 10007; 10005; 10006 e 10004, resultaram nos dados constantes do Anexo III e determinam a classificação material como não perigoso e que pode ser processado, indo exatamente ao encontro da propositura do presente trabalho.

As amostras de lodo calcinado, submetidas a ensaios de granulometria a *laser*, apresentaram resultados conforme indicado na Figura 4.6, através do qual se verifica que a distribuição granulométrica é relativamente aberta e o diâmetro médio encontrado foi de 33,5 μ m. Verificada a finura desse material, através da área específica medida com o permeabilímetro de Blaine, resultou em 263,8m²/kg e a massa específica, através do frasco de Chapman em 2,63kg/l. Ora, o valor da massa específica encontrado está mais próximo dos agregados miúdos do que das adições finas, semelhantemente ao contemplado por Geyer (2001). Esses parâmetros conduzem à dedução de que ainda há areia na composição desse material, além da matéria orgânica ora calcinada.

O lodo calcinado foi, ainda, observado em microscópio óptico, microscópio eletrônico de varredura com acoplamento do *Energie Dispersive Scan* (EDS) para análises pontuais. Os resultados obtidos são apresentados a seguir, através das Figuras 4.7 a 4.13.

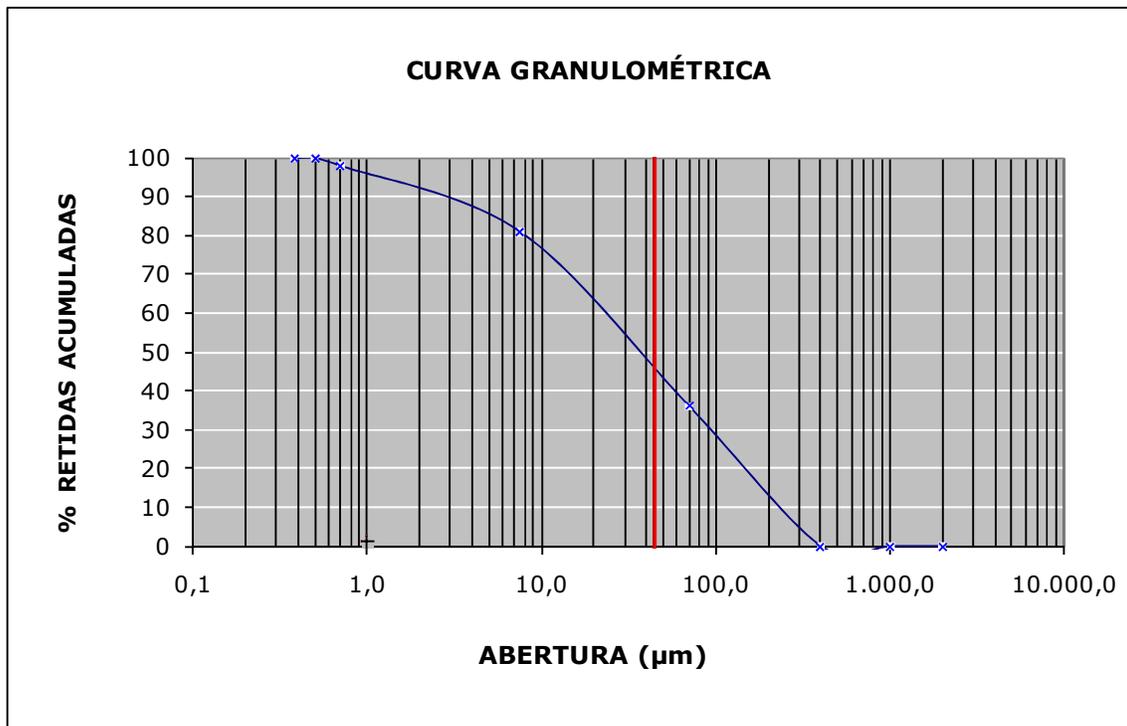


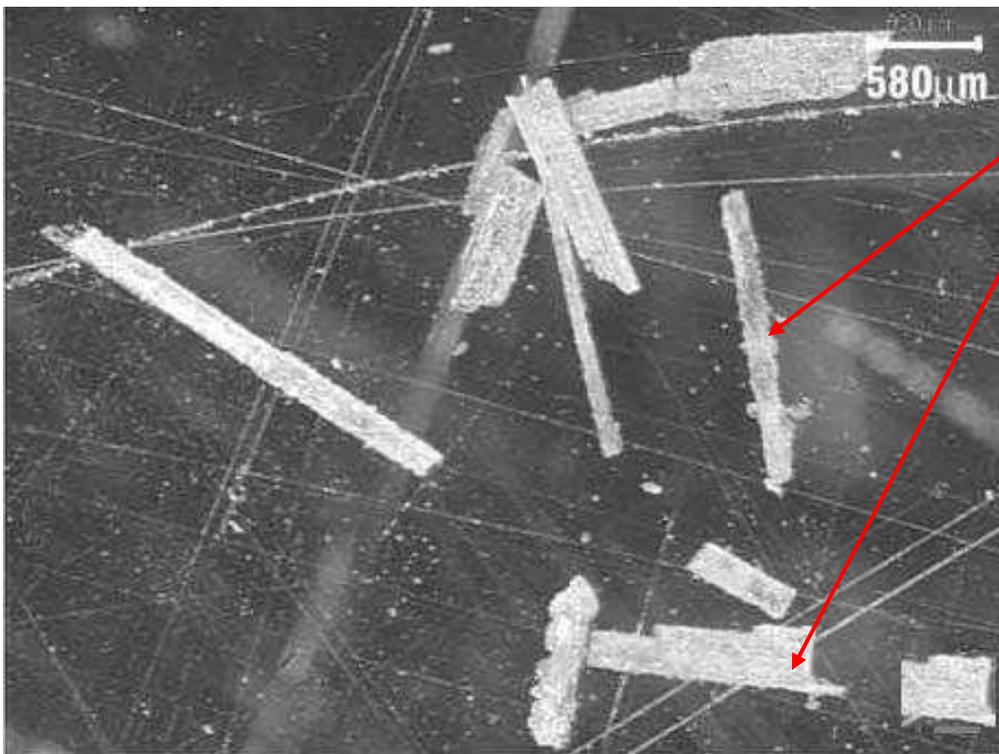
Figura 4.6 – Resultado dos ensaios de granulometria do lodo

Tabela 4.3 – Resultados de ensaios de coliformes totais, coliformes termotolerantes, umidade, pH e teor de matéria orgânica para o lodo passado em autoclave a 90°C

Código da Amostra	Data	Tipo de amostra	Parâmetro	Método Empregado	Valor Encontrado	Conama 375	Unidade
Lodo Autoclavado nº 16	31/3/2010	Coleta simples	Coliformes Totais	IT-ES0230	< 10 ³	< 10 ³	NMP/g ST
			Coliformes Termotolerantes	IT-ES0230	< 10 ³	< 10 ³	NMP/g ST
			Umidade	IT-ES0252	80,62	< 10	%
			pH	IT-ES0246	7,84	> 7	---
			Matéria Orgânica	IT-ES0238	35,32	-	%

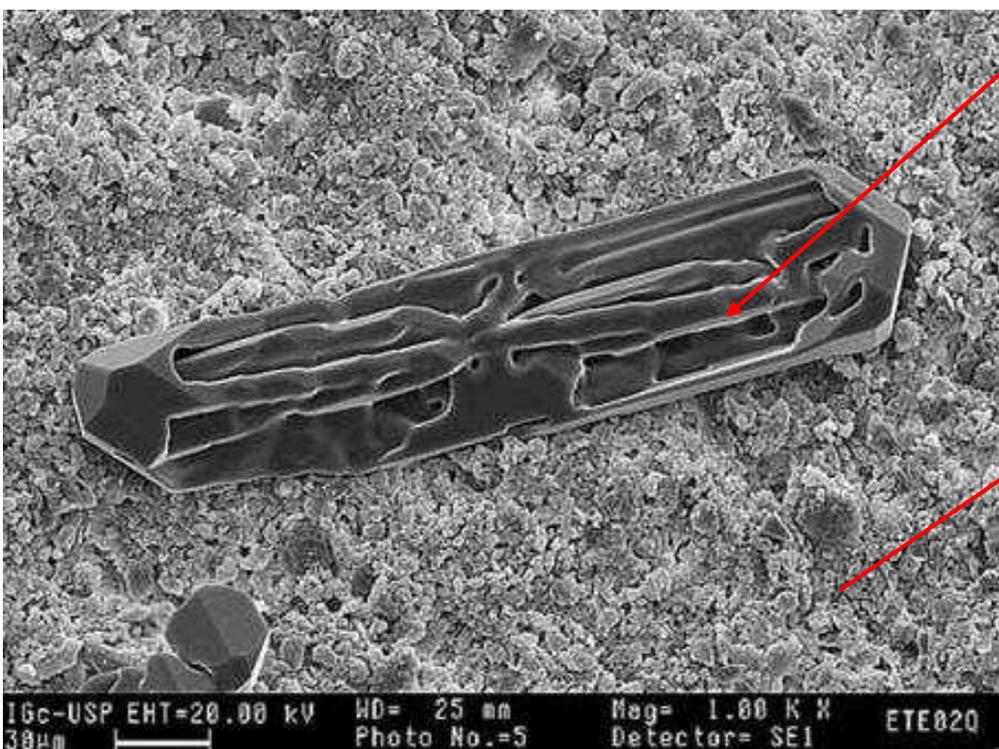
Tabela 4.4 – Resultados de ensaios de coliformes totais, coliformes termotolerantes, umidade, pH e teor de matéria orgânica para o lodo passado em forno rotativo a 140°C

Código da Amostra	Data	Tipo de amostra	Parâmetro	Método Empregado	Valor Encontrado	Conama 375	Unidade
Lodo Forno	31/3/2010	Coleta simples	Coliformes Totais	IT-ES0230	10,1	< 10 ³	NMP/g ST
			Coliformes Termotolerantes	IT-ES0230	< 1	< 10 ³	NMP/g ST
			Umidade	IT-ES0252	1,32	< 10	%
			pH	IT-ES0246	6,37	> 7	---
			Matéria Orgânica	IT-ES0238	7,91	-	%



cristais

Figura 4.7 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio óptico



cristal

cinzas

Figura 4.8 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio eletrônico de varredura

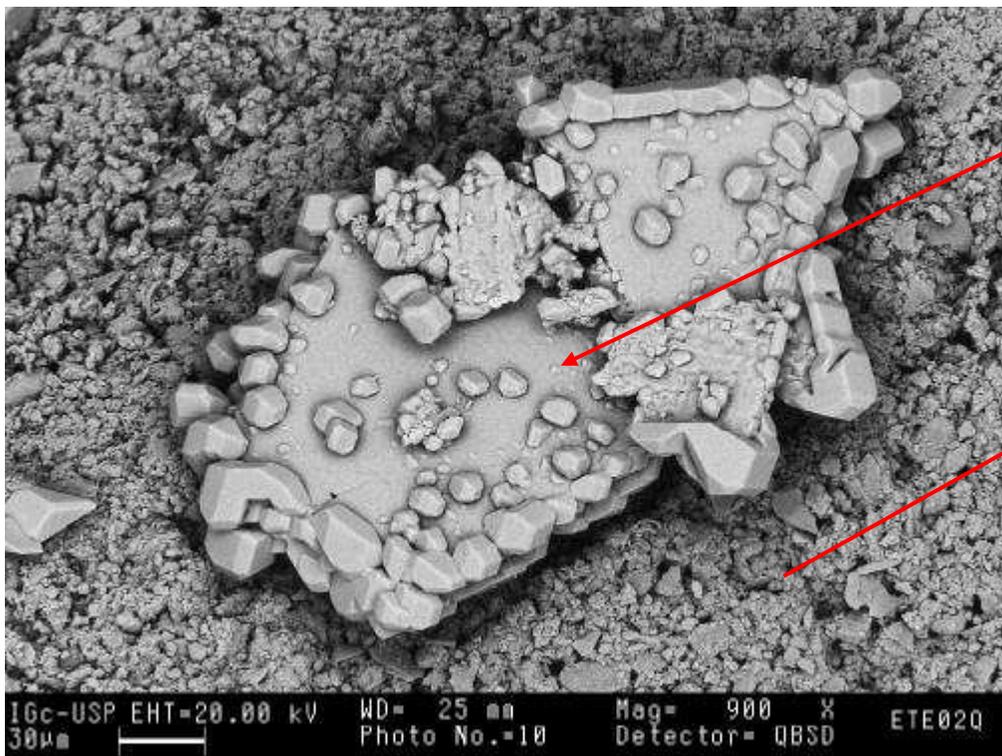


Figura 4.9 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio eletrônico de varredura

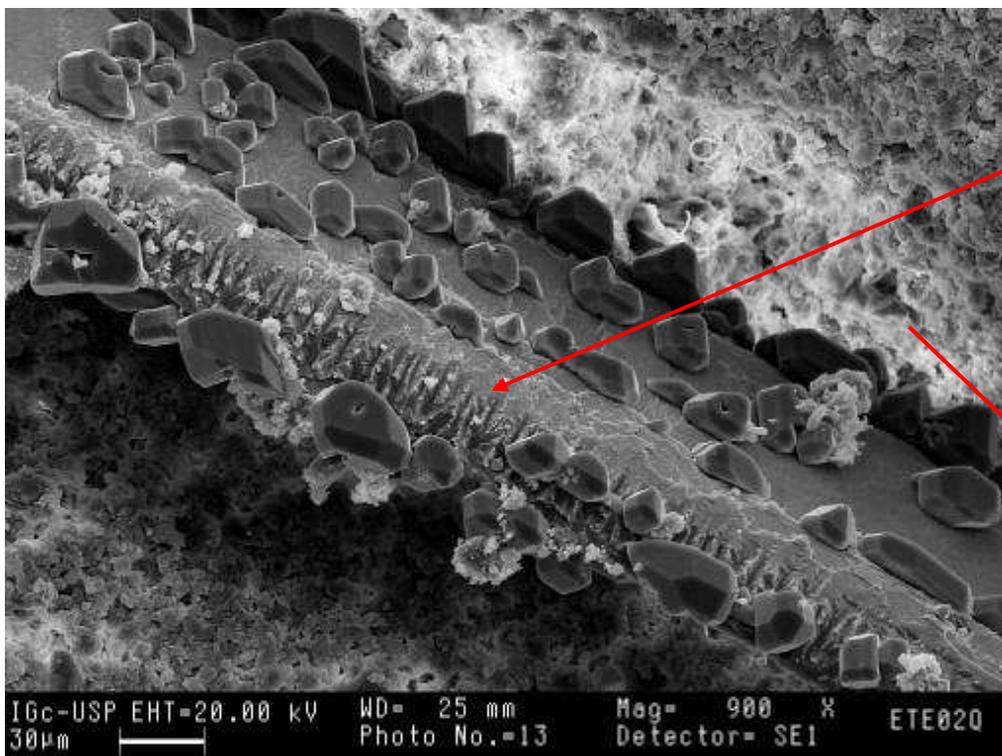


Figura 4.10 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio eletrônico de varredura

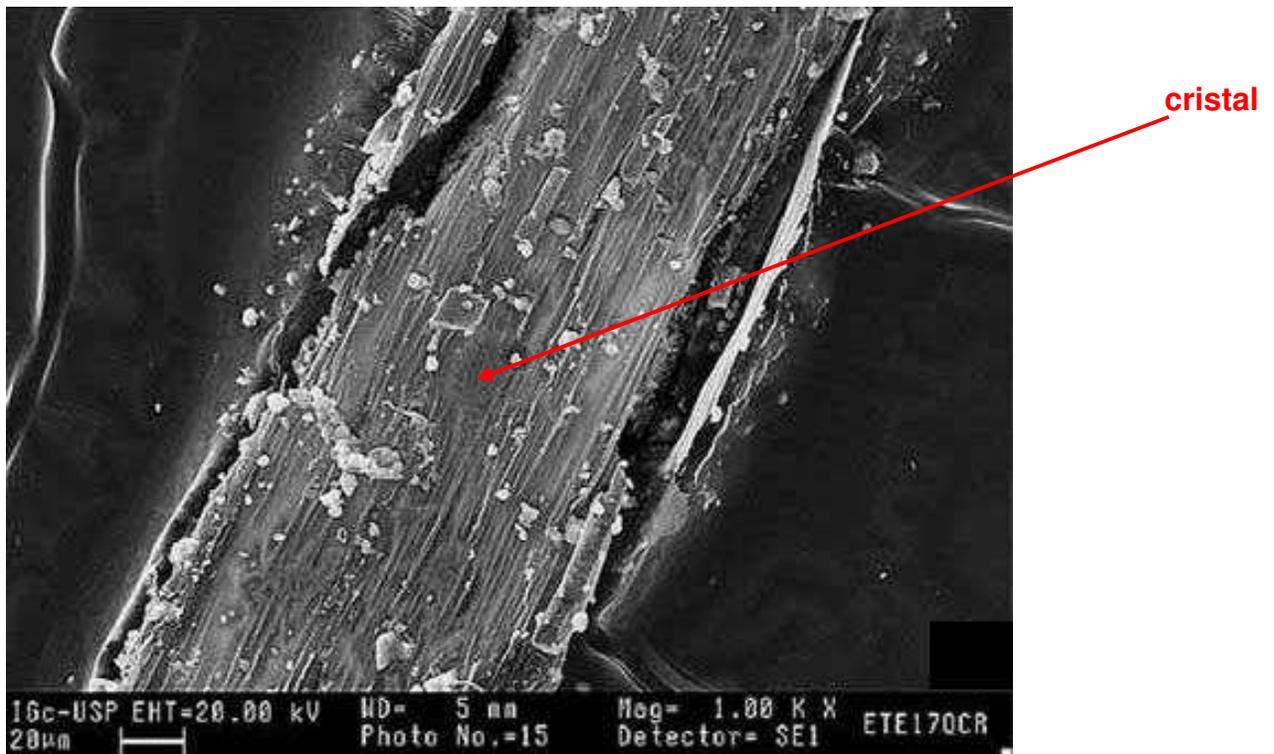


Figura 4.11 – Imagem do lodo calcinado obtida através da observação em microscópio eletrônico de varredura

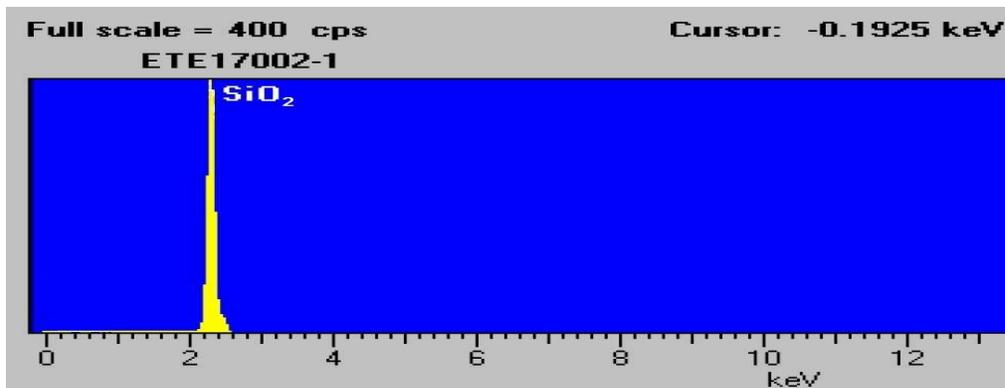


Figura 4.12 – Espectro EDS dos cristais

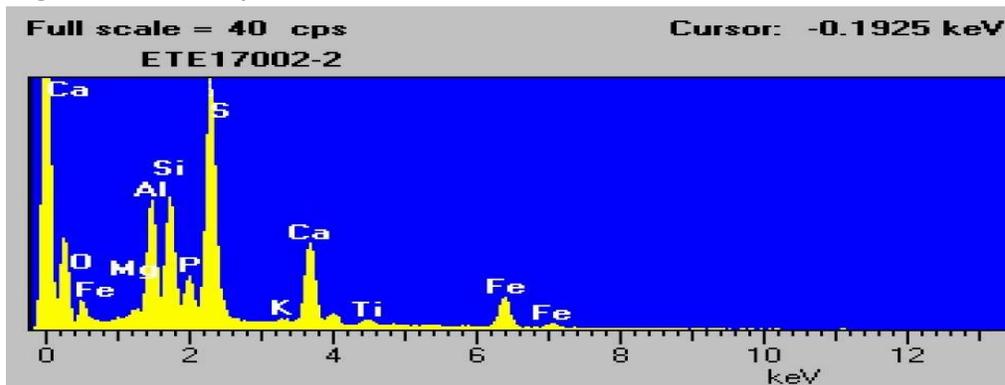


Figura 4.13 – Espectro EDS do restante do material

Da análise dos parâmetros encontrados, verifica-se a clara distinção entre dois materiais existentes na composição das amostras do lodo. Essas observações confirmaram o que sugeriam os ensaios de granulometria e massa específica e, também, o que se previa com base na observação tátil-visual efetuada no preparo das amostras. Trata-se de partículas de maior tamanho, entre as cinzas do lodo.

Geyer (2001), estudando o produto da calcinação de lodo de esgotos a 800°C, já havia observado a presença de grãos maiores que se destacavam do conjunto. A composição desses grãos consiste, exclusivamente, de dióxido de silício (SiO_2) e apresentam-se na forma de cristais. Dessa feita, conclui-se que se trata de grãos de areia, introduzidos no sistema de esgotos durante o transporte e que, em função da limitada capacidade do tratamento de esgotos em separá-los da matéria orgânica, resistiram a todo o processo. Essa condição é confirmada por observações do sensível aumento de SiO_2 no lodo, durante períodos chuvosos; uma vez que a areia é proveniente, como dito inicialmente, principalmente de ligações clandestinas de águas pluviais ao sistema.

É sabido que a sílica pode propiciar atividade pozolânica, desde que encontrada na condição amorfa, o que não é o caso das observações que indicam a forma tipicamente cristalina, ou seja, essa areia não terá atividade pozolânica.

Nessa condição não se pode contar com atividade desse material, porém, como a areia também é um componente dos concretos, propôs-se rever a dosagem, descontando a quantidade de SiO_2 do teor de adição e computando-a na quantidade de areia.

Para tanto, propôs-se estimar a quantidade de areia presente no lodo calcinado com base na análise granulométrica e também nos teores observados nas análises químicas apresentadas no Anexo X.

A NBR 12653 estabelece que um material, para ser classificado como pozolânico, deve ter percentual retido acumulado na peneira de 45µm inferior ou igual a 34%, enquanto que o material estudado, conforme se verifica na Figura 4.6, apresentou 48%, ou seja, 14% a mais.

As análises químicas (Anexo X) indicaram a presença de SiO₂, em teores de 14 a 16%. Baseado nesses dados, considerou tratar-se de um material composto, dos quais, aproximadamente 15% seria areia. Foi proposta, então, a verificação da atividade pozolânica do material, com base no procedimento recomendado pela norma NBR 5752, com as devidas correções de traço, ou seja, 15% da massa foram considerados agregados e descontados da massa de areia da mistura, enquanto que o restante foi utilizado em substituição ao aglomerante. Os resultados obtidos constam da Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Resultados de ensaios de reatividade pozolânica

CORPO-DE-PROVA	ATIVIDADE POZOLÂNICA (%)
1	80
2	82
3	79

Como a referida norma prescreve, a atividade pozolânica é considerada quando atingido índices iguais ou superiores a 75%. Em face dos resultados obtidos, pode-se inferir que o conceito adotado está bem próximo da realidade e que atividade pozolânica do material é considerável.

Em termos práticos, porém, não se considera justificável a incineração do lodo exclusivamente para produção de material de adição a concretos. No entanto, a combustão do lodo oferece potencial energético, que pode ser aproveitado para alimentar as instalações do sistema. Nesse caso o lodo calcinado resultaria, por conseqüência, como subproduto então aproveitável para esse fim.

Há que se considerar, então, a importância do efeito *microfiller*, que não necessita propriamente da calcinação do material, mas pode ser obtido com o material *in natura*, requerendo apenas a desinfecção para manuseio.

Segundo Isaia et al. (2003), a importância do efeito das adições sobre a microestrutura da pasta depende não só das reações pozolânicas, mas também do efeito físico das pequenas partículas, cuja ação se traduz em uma pasta mais densa e mais compacta, resultando em um concreto com microestrutura mais homogênea e uniforme.

Goldman e Bentur (1993) afirmam que o assim chamado: efeito *microfiller* das adições é tão ou mais importante que o efeito pozolânico, na melhoria dos resultados de resistência à compressão dos concretos.

A redução do tamanho médio dos componentes resulta em melhorias na microestrutura da pasta de cimento hidratada, mediante acomodação dos grãos mais finos entre os grãos de cimento, resultando no aumento da compactidade da pasta e na conseqüente redução do volume dos poros capilares e ocorre, ainda, a nucleação dos produtos de hidratação pelas partículas de menor dimensão (MEHTA; MONTEIRO, 1994), que adsorvem moléculas de água impedindo sua movimentação e devido ao aumento total da área específica, garantindo melhor hidratação (MEHTA; AÏTCIN, 1990).

Em face do exposto, pode-se considerar que o aproveitamento mais prático do lodo da ETE se faria mediante a desinfecção térmica, que, apesar de consumir energia, poderia aproveitar a energia do gás produzido pela digestão do próprio lodo, através de um ciclo interno, anulando, assim, os custos. Nesse processo, praticamente não se pode considerar o efeito pozolânico da adição, mas sim o efeito *microfiller* que, como visto, é suficiente para melhorar as propriedades do produto.

A calcinação do lodo, no entanto, não está descartada, pois garante o efeito pozolânico da adição. Considera-se, porém, que esta seria mais vantajosa se obtida mediante a incineração do lodo com a finalidade de geração ou, ao menos, co-geração de energia para o sistema. Este processo, em contraposição ao outro, gera, ao invés de consumir energia e seria, também, importante que essa energia fosse aproveitada.

Os corpos-de-prova submetidos à análise dimensional, segundo as normas NBR 12118 e NBR 6136, resultaram nos parâmetros constantes do Anexo VII, que indicam valores bastante satisfatórios.

Os corpos-de-prova submetidos a ensaios de caracterização para verificação de absorção total de água apresentaram resultados conforme dados constantes do Anexo VI, ora transcritos na Figura 4.14.

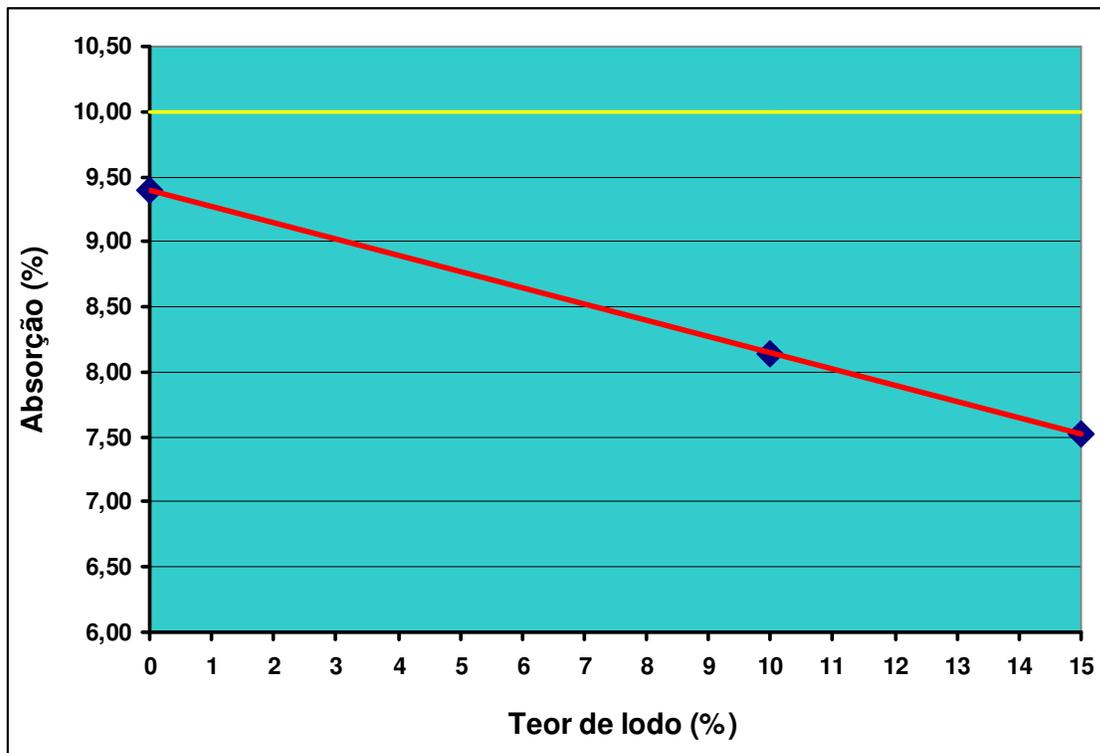


Figura 4.14 – Resultados dos ensaios de absorção de água para blocos moldados com uso de areia e lodo da ETE

Por fim, os corpos-de-prova que foram submetidos a ensaio de resistência à compressão, de acordo com a norma NBR 12118. Os resultados constam do Anexo IX e estão transcritos nas Figuras 4.15 e 4.16, através das quais se verifica que foram atingidos valores superiores aos exigidos pela NBR 6136.

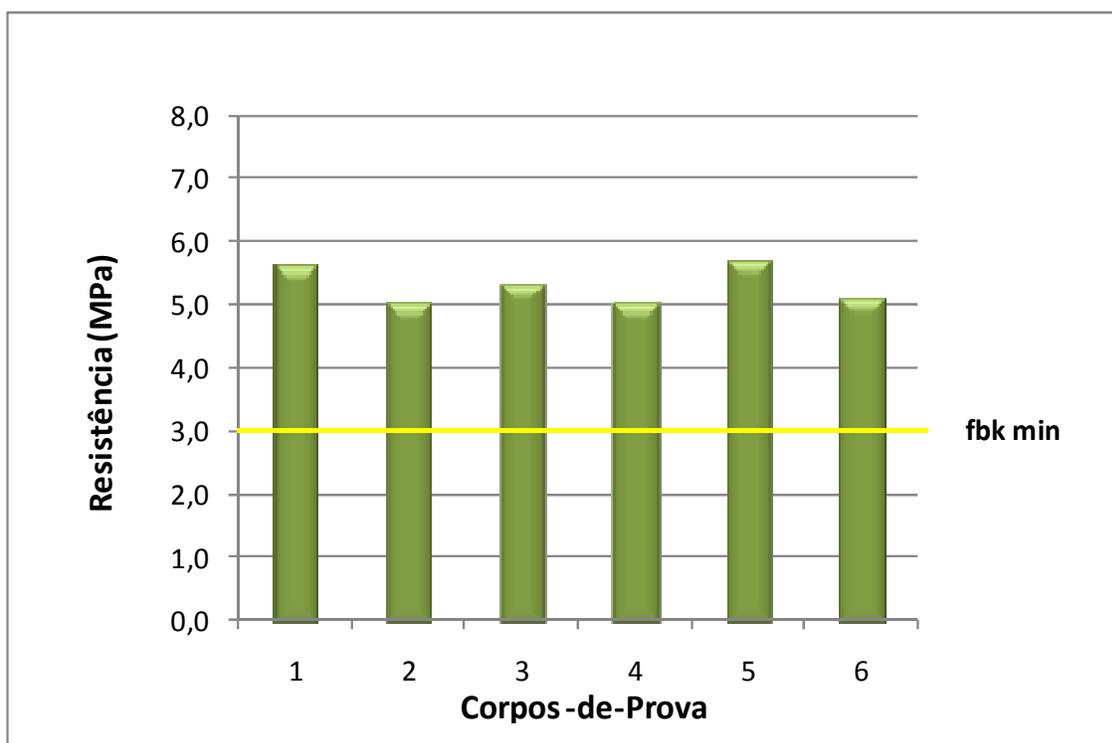


Figura 4.15 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com substituição de 50% do agregado convencional por areia da ETE e adição de 10% de lodo

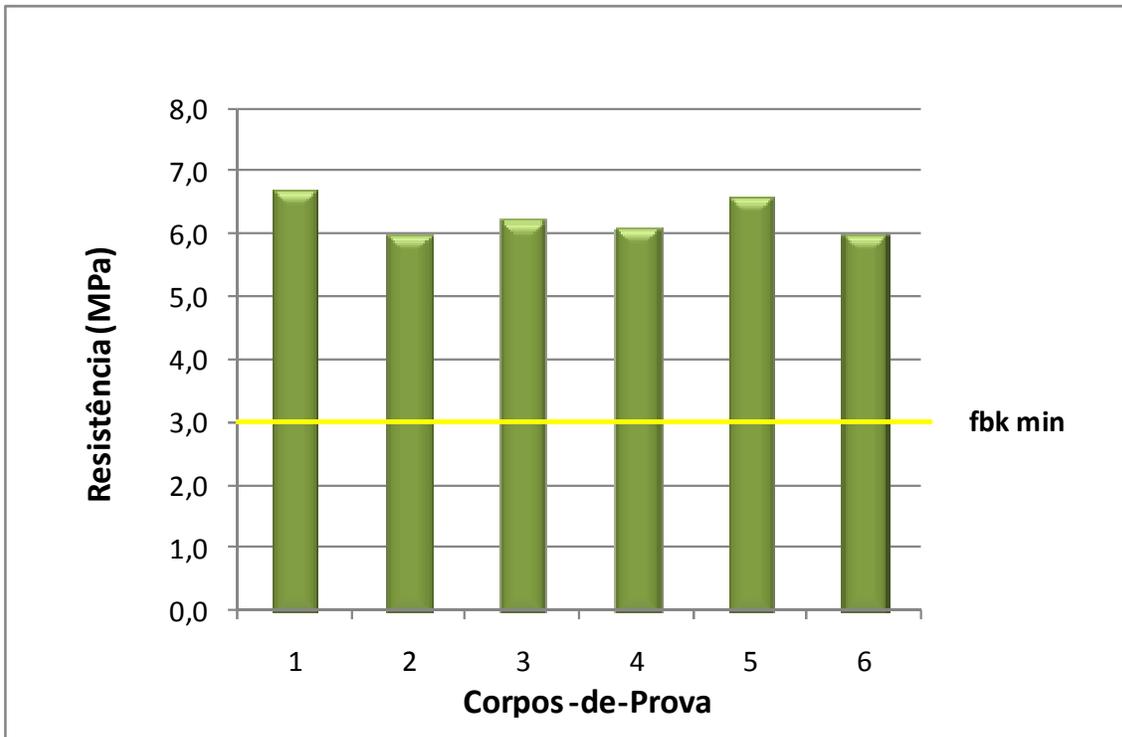


Figura 4.16 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão de blocos moldados com substituição de 50% do agregado convencional por areia da ETE e adição de 15% de lodo

5 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Verificada a viabilidade técnica da confecção do produto, foram computados os custos para verificação da viabilidade econômica do empreendimento.

Foi proposta uma planta do processo de reciclagem de areia e lodo de esgotos (Figura 5.5), que deverá ser instalada em galpão, atualmente desativado, de propriedade da SABESP, localizado num terreno anexo à ETE-Barueri (vide figuras 5.1 a 5.4). A localização se mostra adequada de acordo com o art 8º, I, da Res. CONAMA de n. 237/97. A escolha desse local em detrimento de outras possibilidades deve-se a:

- Empreendimento dentro de uma instalação já existente, atendendo aos conceitos de “Reduzir” (transporte, emissões, área para construção numa região saturada) e “Reutilizar” (reforma do que já existe);
- Gerenciamento de risco ao não se transportar em vias públicas o resíduo, também atendendo aos conceitos de “Reduzir” (possibilidade de acidentes);
- As atividades realizadas na ETE-Barueri não são consideradas como fonte de potencial de poluição atmosférica e os odores resultantes não incomodam a população do entorno.

O processo produtivo dos materiais tem início na remoção de areia das caixas de retenção e é seguido pelas fases de lavagem, desinfecção, produção dos artefatos e controle do produto final, como demonstra o fluxograma representado nas Figuras 5.1, 5.6 e 5.7.

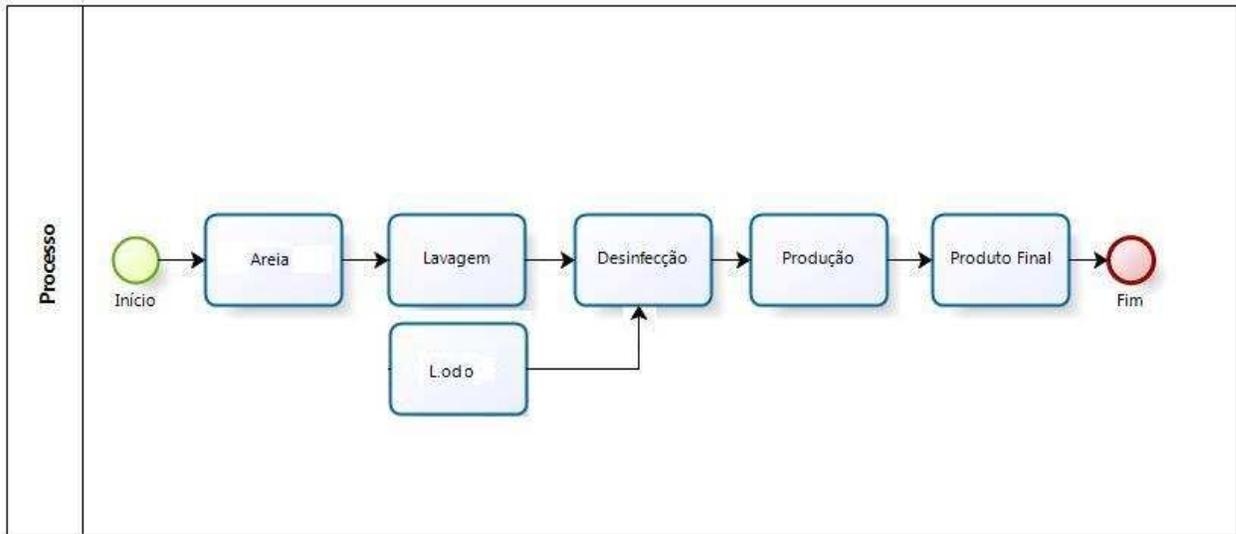


Figura 5.1 - Fluxograma geral do processo de produção



Figura 5.2 – Local identificado, com potencial para abrigar a produção



Figura 5.3 – Galpão passível de aproveitamento para abrigar a fábrica



Figura 5.4 – Interior do galpão destinado a abrigar a fábrica

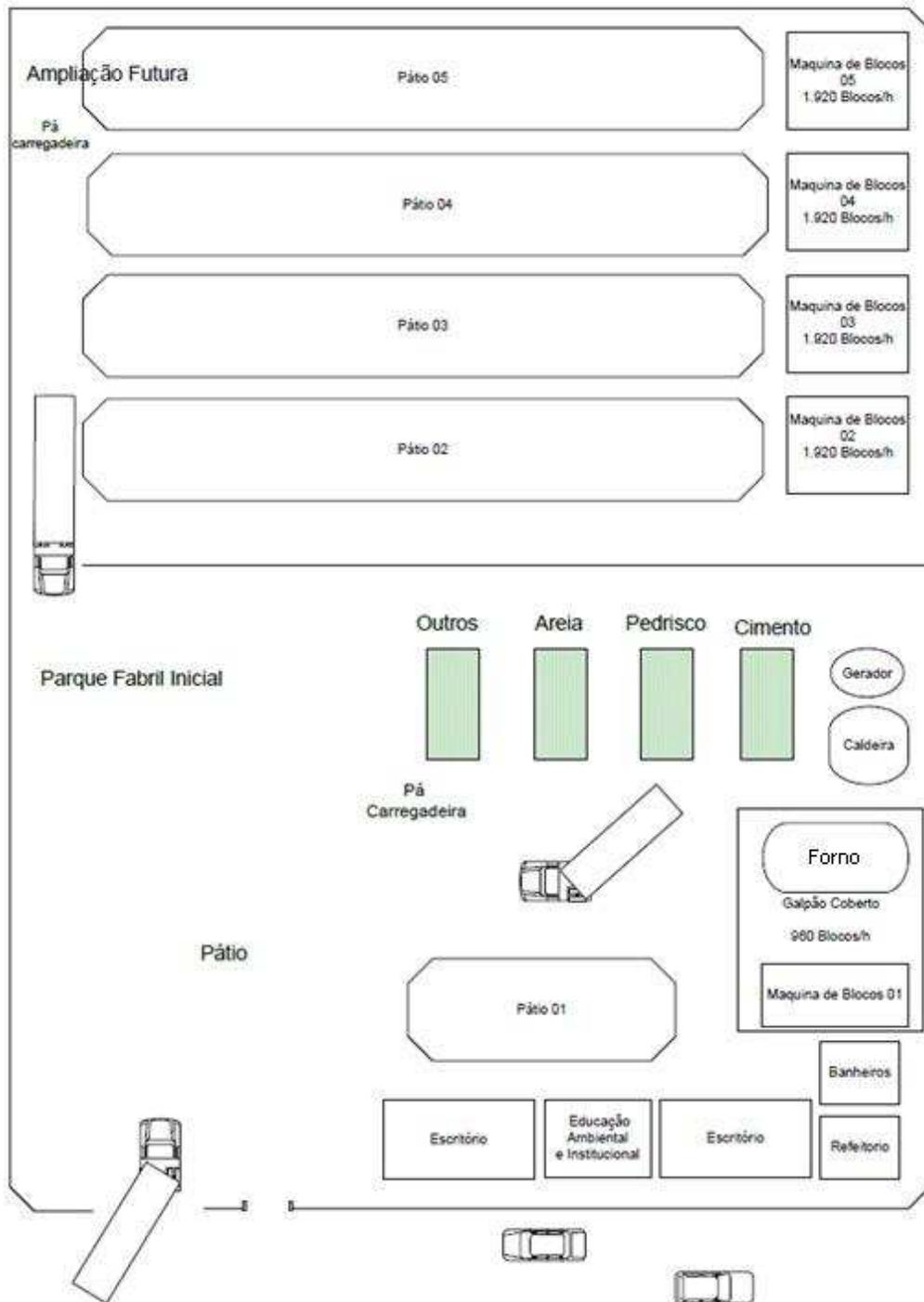


Figura 5.5 – Lay-out proposto

5.1 - INVESTIMENTOS

Para verificação da viabilidade econômica do empreendimento, foram inicialmente elencados e quantificados os componentes relativos aos investimentos fixos, tais como: projetos, reformas construções, equipamentos, mobiliário e capital de giro. Esses custos, estimados com base em médias de cotações no mercado, são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Investimentos fixos

ITEM	INVESTIMENTO (R\$)
PROJETOS	
Projetos	80.000,00
	80.000,00
ADEQUAÇÕES	
Obras Cíveis	100.000,00
	100.000,00
ENERGIA	
Compressor	10.000,00
Cilindros	2.000,00
Gerador	50.000,00
	62.000,00
LAVAGEM	
Pátio (construção)	280.000,00
Rede Água Reúso	100.000,00
Conjunto Motor-Bomba	90.000,00
Pá-Carregadeira	150.000,00
	620.000,00
DESINFECÇÃO	
Forno	180.000,00
Veículo p/ transporte interno	100.000,00
	280.000,00
PRODUÇÃO	
Silo/Dosador	20.000,00
Misturador	21.000,00
Esteira	10.000,00
Prensa	60.000,00
Bases de Madeira	25.000,00
Compressor	10.000,00
Caminhão	60.000,00
Empilhadeira	20.000,00
Veículo Leve	25.000,00
	251.000,00
ESCRITÓRIO	
Escrivaninhas	4.000,00
Cadeiras	2.000,00
Microcomputadores	10.000,00
Armários	300,00
Arquivos	500,00
Telefones	500,00
	17.300,00
CAPITAL DE GIRO	
Reserva p/ 60 dias	600.000,00
	600.000,00
TOTAL	2.010.300,00

FLUXOGRAMA DE PROCESSO

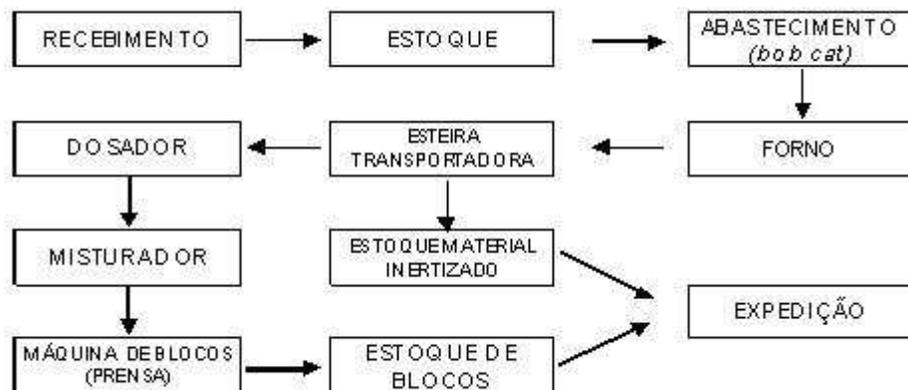


Figura 5.6 – Fluxograma previsto para processo fabril

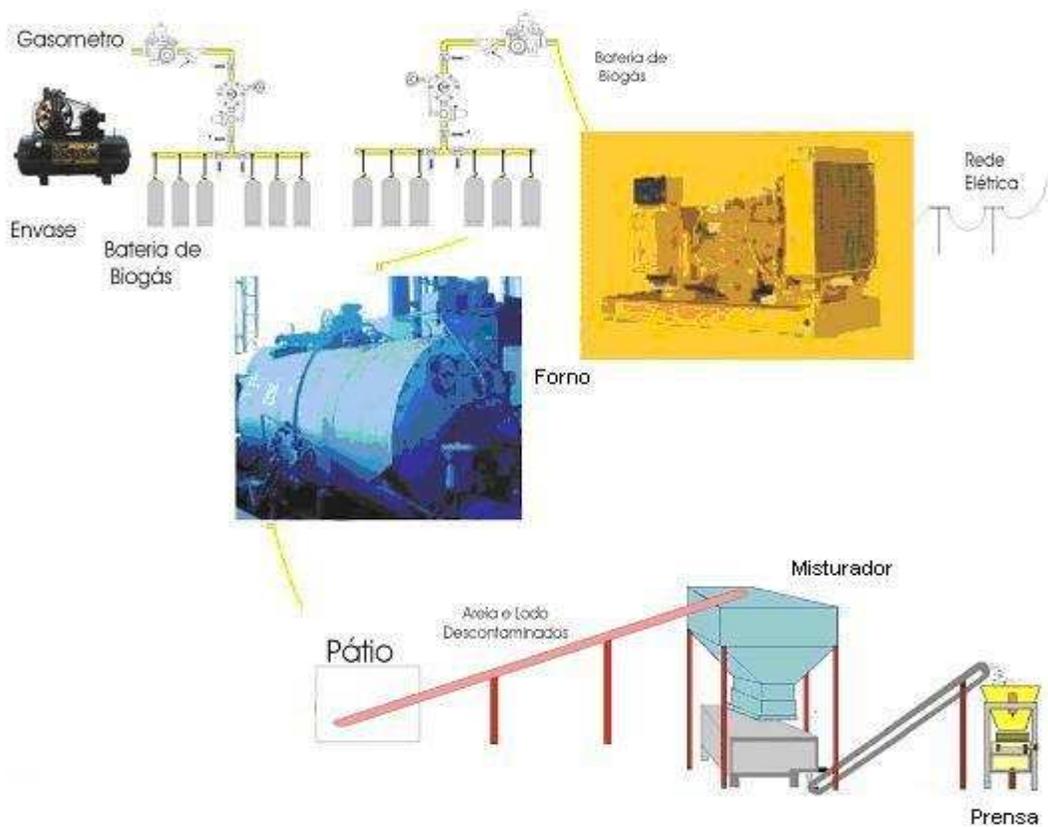


Figura 5.7 – Esquema ilustrativo do processo produtivo



Figura 5.8 – Forno rotativo sugerido para o processo

5.2 - ADMINISTRAÇÃO

Na seqüência foram estimados os custos fixos referentes a despesas administrativas. Esses custos estão apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Custos fixos

ITEM	CUSTO (R\$)
Despesas Administrativas	
Aluguel (2.000m ²)	1.000,00
Telefone	200,00
Água	200,00
Internet	300,00
Correios	100,00
Material de Escritório	150,00
Energia Elétrica	150,00
Outros	1.000,00
Salários (administrativos)	32.104,00
	35.204,00
Marketing/Vendas	
Marketing	5.000,00
Vendas	2.000,00
	7.000,00
Despesas Financeiras	
Movimentações	1.000,00
	1.000,00

5.3 – MÃO-DE-OBRA

A equipe de trabalho foi dimensionada com base em uma previsão de demanda e, posteriormente, foram relacionados: quantidade de funcionários, cargos, salários e encargos sociais esperados.

Nesta fase, foram definidas as responsabilidades e qualificações de cada empregado, inicialmente com base em um organograma fictício do empreendimento, definindo as funções e linhas hierárquicas e os profissionais necessários a cada etapa do processo.

Demonstrou-se importante definir: a quantidade de pessoas, seus cargos, funções, responsabilidades e também a qualificação exigida para realização do trabalho, para que seja identificado, de acordo com o mercado, o profissional adequado às necessidades do empreendimento e correlacionado aos recursos previstos.

As despesas com pessoal, conforme demonstrado na Tabela 5.3, foram também estimadas com base em valores médios cotados no mercado e alocadas em três turnos de trabalho, sendo que, no mês de implantação está previsto apenas um turno, no mês subsequente dois turnos e três turnos a partir do 3.^o mês.

Tabela 5.3 – Despesas com pessoal

QUADRO DE PESSOAL	1º turno	2º turno	3º turno	Salário (R\$)*
LAVAGEM DE AREIA				
Operador	1	1	-	3.272,00
Ajudante	1	1	-	1.380,00
	2	2	-	4.652,00
DESINFECÇÃO				
Encarregado	1	1	-	4.200,00
Operador	1	1	-	3.272,00
Ajudantes	4	4	-	5.520,00
	6	6	-	12.992,00
PRODUÇÃO				
Encarregado	1	1	1	4.200,00
Operador	2	2	2	6.544,00
Ajudante	5	5	5	6.900,00
	8	8	8	17.644,00
SUPERVISÃO/CONTROLE				
Gerente	1	-	-	18.000,00
Supervisor	1	-	-	4.800,00
Motorista	1	-	-	3.272,00
Motorista Interno	1	-	-	3.272,00
Ajudante	1	-	-	1.380,00
Operador	1	-	-	3.272,00
	6	-	-	33.996,00
ADMINISTRAÇÃO/COMERCIALIZAÇÃO				
Gerente	1	-	-	18.000,00
Supervisor	1	-	-	4.800,00
Técnico Contábil	2	-	-	2.760,00
Técnico Comercial	2	-	-	6.544,00
	6	-	-	32.104,00
TOTAL	28	16	8	101.388,00

*inclusive encargos sociais

5.4 – PRODUÇÃO

É prevista a produção de seis milheiros de blocos por turno de trabalho e com base nessa previsão e considerando o valor unitário de venda do produto em torno de 50% da média dos valores praticados no mercado, obteve-se a estimativa de receita constante da Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Receitas previstas

PRODUÇÃO (unidades/dia)	6.000	12.000	18.000
RECEITAS (R\$)	Um Turno	Dois Turnos	Três Turnos
Preço unitário	1,40	1,40	1,40
Receita Bruta Anual	3.024.000,00	6.048.000,00	9.072.000,00
Receita Bruta Mensal	252.000,00	504.000,00	756.000,00
Receita Bruta Diária	8.400,00	16.800,00	25.200,00
Deduções (15%)	1.260,00	2.520,00	3.780,00
Comissões (5%)	420,00	840,00	1.260,00
Impostos (10%)	840,00	1.680,00	2.520,00
Receita Líquida Diária	7.140,00	14.280,00	21.420,00
Receita Líquida Mensal	214.200,00	428.400,00	642.600,00
Receita Líquida Anual	2.570.400,00	5.140.800,00	7.711.200,00

5.5 – RESULTADOS

O principal fornecedor de cimento foi identificado devido a sua localização bastante favorável, na Zona Oeste da Capital paulista. O cimento será adquirido em sacos com 50kg por um preço de R\$ 17,50 por saco, em lotes mínimos de 1.000 sacos. Estima-se um consumo de 7.700 sacos por mês

Outro fornecedor de matéria-prima identificado é uma pedreira, localizada no próprio município de Barueri. A empresa fornecerá pedrisco ou pó de pedra para a

composição do bloco. O material será fornecido a R\$ 89,70/m³. O volume de consumo previsto é de 1.540m³ por mês.

Uma vez que não haverá gastos com energia, os custos com materiais acrescidos aos custos operacionais, correspondentes essencialmente aos custos de mão de obra apresentados na Tabela 5.3, além de pequenos gastos com outros combustíveis conduziram a um custo de produção de R\$0,70/un.

Os juros sobre os investimentos, correspondentes aos praticados por instituições financeiras de grande porte para linhas de crédito a micro ou pequenas empresas, foram computados a base de 0,8737% ao mês, com amortização dos investimentos prevista para um prazo de 48 meses, a partir do que, o valor das prestações poderiam compor os rendimentos ou poderiam ser feitos novos investimentos de porte similar.

Os resultados previstos podem ser observados na Tabela 5.5.

Obs.: Valores referentes à média cotada no mercado para data base setembro de 2009.

RESULTADOS (R\$)	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês	5º mês	6º mês	7º mês	8º mês	9º mês	10º mês	11º mês	12º mês
Receita Líquida	214.200,00	428.400,00	642.600,00	642.600,00	642.600,00	642.600,00	642.600,00	642.600,00	642.600,00	642.600,00	642.600,00	642.600,00
Custo de Produção	171.742,00	277.384,00	374.276,00	374.276,00	374.276,00	374.276,00	374.276,00	374.276,00	374.276,00	374.276,00	374.276,00	374.276,00
Despesas	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00	43.204,00
Amortização	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41	51.455,41
Total Despesas	266.401,41	372.043,41	468.871,48	468.871,48	468.871,48	468.871,48	468.871,48	468.871,48	468.871,48	468.871,48	468.871,48	468.871,48
Resultados	-52.201,41	56.356,59	173.728,52	173.728,52	173.728,52	173.728,52	173.728,52	173.728,52	173.728,52	173.728,52	173.728,52	173.728,52
Impostos (35%)	0,00	19.724,81	60.804,98	60.804,98	60.804,98	60.804,98	60.804,98	60.804,98	60.804,98	60.804,98	60.804,98	60.804,98
Resultado Final	-52.201,41	36.631,78	112.923,54	112.923,54	112.923,54	112.923,54	112.923,54	112.923,54	112.923,54	112.923,54	112.923,54	112.923,54
Resultado Acumulado	-52.201,41	-15.569,63	97.353,91	210.277,45	323.200,99	436.124,53	549.048,06	661.971,60	774.895,14	887.818,68	1.000.742,22	1.113.665,75

Tabela 5.5 – Resultados esperados em 12 meses

Devido ao baixo custo (cerca de 50% do praticado no mercado) e boa qualidade, várias entidades apresentaram interesse pelo produto, inclusive cooperativas habitacionais e prefeituras dos municípios da região, que sinalizaram com a viabilidade de uma empresa dedicada.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÃO DE FUTURAS PESQUISAS

Em face dos resultados obtidos, pode-se concluir pela viabilidade técnica e econômica da produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural, mediante utilização, como agregado miúdo, de areia oriunda de estação de tratamento de esgotos, desde que devidamente lavada com água de reúso e desinfectada termicamente, mediante submissão a um forno alimentado por biogás gerado na própria estação.

Semelhantemente, concluiu-se, também, a viabilidade técnica e econômica da utilização do lodo de esgoto tratado na estação, como adição fina, desde que dessecado e, da mesma forma, desinfectado termicamente mediante submissão a um forno alimentado por biogás.

Ressalta-se a sustentabilidade da propositura, em face da desinfecção dos materiais, mediante utilização de energia produzida na própria estação de tratamento de esgotos, que já ocorre normalmente através da queima do biogás, ora não aproveitada.

Verificou-se, também, o potencial de efeito pozolânico deste último elemento, depois de calcinado. No entanto, não seria economicamente recomendada sua calcinação exclusivamente para esse uso, mas sim sua utilização como combustível

para geração de energia e aproveitamento das cinzas remanescentes como adição ao concreto.

Em todos os casos resulta, além da vantagem econômica de aproveitamento de resíduos e das vantagens técnicas decorrentes da obtenção de produtos com melhores propriedades, a vantagem ao meio, mediante redução de passivo ambiental.

Tais conclusões dizem respeito a este trabalho e eventuais extrapolações, no que se refere à escala, à fonte de energia, à origem e à composição da matéria prima, dentre outras, deverão ser objeto de novas verificações para comprovação específica da eficácia da propositura. Portanto, as instalações propostas, quando efetivadas, poderão estar sujeitas a eventuais ajustes.

O presente trabalho considerou a possibilidade de total aproveitamento da areia da ETE e, conseqüentemente, total eliminação de seu descarte. Considerou-se, porém, a possibilidade de aproveitamento de parte do lodo, mediante secagem e desinfecção, uma vez que a queima, que reduziria o volume e melhoraria suas propriedades para a finalidade determinada, ainda não é praticada.

Sugere-se que, em futuros estudos, se possa montar uma equação capaz de associar o máximo aproveitamento do lodo, combinado com o mínimo descarte. No entanto, entende-se que isso somente será possível quando a incineração do lodo for uma prática e, conseqüentemente, a quantidade de material resultante seja conhecida, uma vez que esse processo de queima reduzirá consideravelmente o volume desse resíduo.

Sugere-se, também, que se possa efetuar um estudo mais amplo, com intuito de determinar temperaturas e tempos de exposição mais econômicos, para a desinfecção desses resíduos.

Outro estudo plausível poderia ser feito mediante a substituição do agregado convencional (pó de pedra) por resíduos de construção, haja vista a similaridade de suas características (ZORDAN; PAULON).

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 76 – Cimento Portland – Determinação da finura pelo método da permeabilidade ao ar (Método de Blaine).** Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752 – Materiais pozolânicos — Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland — Índice de atividade pozolânica com cimento — Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 – Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007 – Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653 – Materiais pozolânicos – Especificação**. Rio de Janeiro, 2012.

ALVES, J. W. S. **Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos**. São Paulo: Universidade de São Paulo – Instituto de Eletrotécnica e Energia. Dissertação (Mestrado), 2000.

ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F.; DOMASZAK, S.C. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetro para normatização ambiental e sanitária**. Curitiba: SANEPAR, 1997.

ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Tese (Doutorado), 1999.

ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C.; CHERUBINI, C.; TELES C. R.; CARNEIRO C.; FERNADES F. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: ABES/RIMA, 2001.

ANDREOLI, C. V; HOPPEN, C.; PEGORINI, E. S e DALARMI, O. **A crise da água e os mananciais de abastecimento**, in: ANDREOLI, C. V. (org.). Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão – estudo de caso do Altíssimo Iguaçu, pp. 33-84. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2003.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto na agricultura: potencial de uso e problemas**. Belo Horizonte: Tecnologia Hoje (Boletim Técnico), p. 1-4, 2007.

BOLETIM ENFOQUE. **Biodigestor “PE”, fonte alternativa energética e de biofertilizantes**, Recife, 1999. disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2010/10/28/reajuste-de-tarifas-telefone-e-energia-pode-ser-menor-diz-copom>, pesquisa em 16/11/2010.

BÜTTENBENDER, S. E. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado), 2004.

CLASSEN, P. A. M; LIER, J. B.; STAMRS, A. J. M. **Utilization of biomass for supply of energy**. Berlin: *Applied microbiology and biotechnology*, v.52, p.741-755, 1999.

COELHO, S. T.; SILVA, O. C; VARKULYA, A. J. R.; AVELLAR, L. H. N.; FERLING, F. F. **Estado da arte do biogás**. São Paulo: CENBIO, 2001.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Relatório gerencial ETE Barueri**, São Paulo, SABESP, 2009.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Relatório gerencial ETE Barueri**, São Paulo, SABESP, 2010.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Relatório gerencial ETE Barueri**, São Paulo, SABESP, 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Utilização de minhocas na produção de composto orgânico**. São Paulo: CETESB, 1987.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares**. São Paulo: CETESB, 1998.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Aplicação de lodos: sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação**. São Paulo: CETESB, 1999.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares**. São Paulo: CETESB, 1999.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB.
Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares. São Paulo: CETESB, 2000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB;
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório técnico n.º 2.** São Paulo: SMA/MCT, 2003.

CONAMA. **Resolução n.º 375 - Critérios para Uso Agrícola do Lodo de Esgoto,** MMA, Brasília, 2006.

COSTA, D. F. **Geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento de esgoto.** São Paulo: Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Energia), 2006.

CRAVEIRO, A. M. **Considerações sobre projetos de plantas de biodigestão – Digestão anaeróbica e aspectos teóricos e práticos** in: I Simpósio Latino-Americano sobre Produção de Biogás a partir de Resíduos Orgânicos. São Paulo: SBM/IPT, 1982.

DIAS, V.C.F. **Estudo das emissões de biogás nos aterros sanitários de Içara e Tijuquinha.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Tecnológico. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), 2009.

FRASSON, A. C. **Escolha de alternativa tecnológica para tratamento e destino final de lodo gerado no tratamento de efluentes líquidos de agroindústrias com base no método AHP.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina. Dissertação (mestrado), 2011.

GEYER, A. L. B. **Contribuição ao estudo da disposição final e aproveitamento da cinza de lodo de estações de tratamento de esgotos sanitários**

como adição ao concreto. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese (doutorado), 2001.

GOLDMAN, A.; BENTUR, A. ***The influence of microfillers on enhancement of concrete strength.*** *Cement and Concrete Research*, v.23, p. 962-972, 1993.

GOUVÊA, L. C.; PEREIRA NETO, J. T. **Avaliação da distribuição de metais pesados durante o processo de compostagem de lodo de esgoto estritamente doméstico** In: Anais 19º Congresso Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Foz do Iguaçu: ABES, 1997.

GRYSCHKEK, J. M.; BELO, F. R. **Produção e uso do gás metano na agricultura e agroindústria.** Piracicaba: ESALQ, 1983.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. **Compostagem: a ciência e prática aplicadas à gestão de resíduos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2009.

ISAIA, G. C.; GASTALDINI, A. L. G.; MORAES, R. ***Physical and pozzolanic action of mineral additions on the mechanical strength of high-performance concrete.*** *Cement & Concrete Research*, v. 25, p. 69-76, 2003.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos** 4º ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.

LESSA, G. T. **Contribuição ao estudo da viabilidade da utilização do lodo de estação de tratamento biológico de esgoto misto na construção civil.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação (mestrado profissional), 2005

LUDUVICE, M. L. et al.; **Uso e disposição final de lodos de esgotos** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador: ABES, 1995.

MAGALHÃES, A. P. T. **Biogás: um projeto de saneamento urbano**. São Paulo: NOBEL, 1986.

MEHTA, P. K.; AİTCIN, P. C. **Microstructural basis of selection of materials and mix proportions for high strength concrete** *In: International Conference on Utilization of High Strength Concrete, 2nd ed.*, Berkeley, ACI, 1990.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

METCALF, L. e EDDY, H.P. **Wastewater engineer treatment disposal reuse** 4^aed. New York: MCGRAW- HILL, 2003.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**. Brasília, MCT, 2006.

MORAES, M. J. **Manual de instruções para o usuário do biogás**. Recife, Secretaria dos Transportes, Energia e Comunicação, 1980.

MORAES, R. C. **Efeitos físicos e pozolânico das adições minerais sobre a resistência mecânica do concreto**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Dissertação (mestrado), 2001.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: PINI, 1997.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão, a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986.

OLIVEIRA, L. R. P. **Biodigestor**. *In: VII Simpósio Goiano de Avicultura e II Simpósio Goiano de Suinocultura*. Goiânia: AVESUI, 2005.

OLIVEIRA, P. A. V. **Projeto de Biodigestor para Produção de Biogás em Sistema de Produção de Suínos**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2005.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA/CNPSA, 1993.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos de abatedouro e as possibilidades de mercado de carbono**. São Carlos: USP – Escola de Engenharia de São Carlos. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), 2009.

Organização das Nações Unidas – ONU, **Agenda 21** *in*: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD). Rio de Janeiro: 1992.

OUTWATER, A. B. **Reuse of sludge and minor wastewater residuals**. Boca Raton: LEWIS PUBLISHERS, 1994.

PARCHEN, C. A. P. **Algumas informações sobre manejo de esterco de bovinos e suínos**. EMATER, 1981.

PARCHEN, C. A. P. **Manual do Biogás**. Curitiba: EMATER, 1979.

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de caso**. São Paulo: USP-PIPGE. Dissertação (mestrado), 2006.

PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V.; SOUZA, M. L. P. **Produção e disposição final do lodo de esgoto na reciclagem agrícola da região metropolitana de Curitiba – PR** *In*: Simpósio sobre bio sólidos no âmbito MERCOSUL. São Paulo: 2003.

PEGORINI, E. S.; ANDREOLK, C. V.; SOUZA, M. L.; FERREIRA, A., **Qualidade do lodo de esgoto utilizado na reciclagem agrícola na região metropolitana de Curitiba – PR** *In: Simpósio Latino Americano de Biossólidos*. São Paulo: 2003.

PILOTTO, J. S. **Contribuições para modelagem matemática do comportamento dos tanques sépticos para remoção de matéria orgânica**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambientais), 2004.

PRATI, L. **Geração elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010.

ROSS, C. C.; DRAKE, T.J. ***The handbook of biogas utilization***. Muscle Shoals: U.S. Department of Energy Southeastern Regional Biomass Energy Program Tennessee Valley Authority, 1996.

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás**. Amadora: CCE/AGEEN, 2000.

SOSA, R.; CHAO, R.; Del RIO, J. ***Aspectos Bioquímicos y Tecnológicos del Tratamiento de Residuales Agrícolas con Producción de Biogás***, 2004.

Disponível em:

< www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev62/RCPP62art1.htm > acesso 12/10/2010.

SOUZA, S. N. M.; PEREIRA, W. C.; NOGUEIRA, C. E. C.; PAVAN, A. A.; SORDI, a. **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura**. Maringá: ACTA SCIENTIARUM, v.26, n. 2, p. 127-133, 2004.

TEIXEIRA, C. **Dinâmica de gases (CO₂, O₂ e CH₄) e da temperatura em compostagem estática com aeração natural no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro**. Florianópolis: Centro de Ciências Agrárias. Monografia de conclusão do curso de Agronomia, 2009.

TEIXEIRA, L. G. A. **Contabilidade Ambiental – A Busca da Eco-Eficiência**. Disponível em < <http://www.cfc.org.br> /> - Acesso em 08/03/2010.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; ESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J. MARQUES, W. J. **Biossólidos na agricultura**. 1^a ed. São Paulo: SABESP, 2001.

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES, J. L. M. **Uso de biossólidos em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes**. Viçosa: Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p. 747-758, 2002.

VILLELA, I. A. C.; SILVEIRA, J. L. - **Aspectos técnicos da produção de biogás em um laticínio**. Lorena: Revista Janus, V.2, p 97-105, 2005.

VILLEN, R. A.; LIMA, U. A; AQURONE, E; BORZANI, W.; SCHIMIDELL, W. **Tratamento biológico de efluentes**, São Paulo: Biotecnologia Industrial. V. 3, p. 513-546, Edgar Blucher, 2001.

WEREKO-BROBBY, C. Y.; HAGEN, E.B. **Biomass conversion and technology**. New York: UNESCO - Energy Engineering Series, 2000.

ZORDAN, S. E.; PAULON. V. A. **A Utilização do entulho como agregado para o concreto**. Disponível em < <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/apres1.htm> >

ANEXOS

ANEXO I - Parâmetros do Esgoto Tratado na ETE Barueri



Resumo Gerencial

RESUMO / INDICADORES														
mês	Vazões Afluentes			Carga de DQO removida (kg DQO/d)	Eficiência Remoção DBO (%)	Eficiência Remoção DQO (%)	Consumo energia elétrica/ m³ Tratado (kwh/m³)	Consumo energia elétrica/ carga DQO removida (kwh/kgDQO removida)	DQO (mg/l)		DBO (mg/l)		Índice de Produção de lodo (kg lodo/kg DQO removida)	Índice de Atendimento do Efluente Final à Legislação (%) ICEF
	m³/s	dias no mês	m³/mês						Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes		
Projeto	9,50				80%	>86%	=<0,259						<0,96	82,5
jan/09	10,48	31	28.061.061	406.433	79	78	0,212	0,47	578	129	342	71	0,41	83
fev/09	10,91	28	26.387.666	229.007	48	62	0,211	0,87	392	149	224	116	0,73	81
mar/09	10,67	31	28.588.438	271.842	60	63	0,246	0,83	468	173	271	109	0,74	78
abr/09	9,86	30	25.564.637	309.332	70	69	0,249	0,69	524	161	252	75	0,57	69
mai/09	9,28	31	24.860.641	260.636	79	66	0,246	0,76	490	165	336	70	0,68	76
jun/09	9,19	30	23.819.443	280.275	77	71	0,246	0,70	499	146	338	77	0,63	80
jul/09	10,15	31	27.188.438	308.720	83	77	0,218	0,62	460	108	358	60	0,56	88
ago/09	10,33	31	27.680.755	372.436	64	73	0,224	0,54	573	156	370	132	0,34	78
set/09	10,82	30	28.045.699	336.548	76	69	0,212	0,59	523	163	201	48	0,40	80
out/09	11,00	31	29.453.026	285.979	63	67	0,211	0,70	449	148	273	102	0,63	71
nov/09	11,36	30	29.442.269	359.616	73	74	0,205	0,56	498	131	353	96	0,46	67
dez/09	10,99	31	29.444.011	490.100	81	85	0,000	0,000	609	93	373	72	0,30	81
Média	10,42	30	27.378.007	325.910	71	71	0,207	0,67	505	144	308	86	0,54	78
	10.418	L/s												

Mês	Custo da ETE (tratamento) em R\$ com depreciação	R\$/kg DQO removida	Custo de Produtos Químicos Polímero (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos Cloreto Férrico (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos Indicador 5.146	Custo de Tratamento (R\$/ m³) ETE Barueri com depreciação	ST - Torta	CUSTO MÉDIO POR KG	
									Polímero	FeCl ₃
Meta 2009						80,00	0,0950	30%		
Projeto										
jan/09	2.042.845	0,16	10,86	13,57	24,43	102,20	0,0728	22,5	10,0800	0,6500
fev/09	2.380.167	0,37	12,99	12,72	25,72	91,00	0,0902	22,8	10,0800	0,6500
mar/09	2.673.019	0,32	12,88	15,09	27,98	98,80	0,0935	23,9	10,0801	0,6850
abr/09	2.750.755	0,30	55,52	15,03	70,55	102,30	0,1076	23,4	42,0534	0,6825
mai/09	2.336.900	0,29	17,47	15,62	33,08	104,10	0,0940	20,8	13,6146	0,6850
jun/09	3.039.361	0,36	21,45	12,13	33,58	97,46	0,1276	20,9	18,8998	0,6850
jul/09	2.311.017	0,24	13,47	12,45	25,91	105,30	0,0850	21,0	13,0200	0,6850
ago/09	2.549.398	0,22	13,63	13,10	26,72	105,04	0,0921	22,4	13,1800	0,6850
set/09	0	0,00	14,48	7,96	22,44	69,22		19,4	13,0200	0,6850
out/09	0	0,00	11,71	5,29	17,00	58,40		20,3	13,0200	0,6850
nov/09	0	0,00	11,89	6,04	17,93	62,10		19,9	13,0200	0,6850
dez/09	0	0,00	0,00	0,00	0,00			21,0		
Média	1.673.622	0,19	16,36	10,75	27,11	90,54	0,095	21,5	15,46	0,6784



Resumo Gerencial

RESUMO / INDICADORES														
mês	Vazões Afluentes			Carga de DQO removida (kg DQO/d)	Eficiência Remoção DBO (%)	Eficiência Remoção DQO (%)	Consumo energia elétrica/ m³ Tratado (kwh/m³)	Consumo energia elétrica/ carga DQO removida (kwh/kgDQO removida)	DQO (mg/l)		DBO (mg/l)		Índice de Produção de lodo (kg lodo/kg DQO removida)	Índice de Atendimento do Efluente Final à Legislação (%) ICEF
	m³/s	dias no mês	m³/mês						Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes		
Projeto	9,50				80%	>86%	=<0,279						<0,96	83
jan/10	11,79	31	31.572.167	269.891	84	75	0,185	0,70	354	89	271	43	0,44	89
fev/10	11,60	28	28.056.962	299.779	65	75	0,192	0,64	399	100	235	83	0,35	76
mar/10	9,73	31	26.050.967	207.147	60	60	0,225	0,91	408	162	201	79	0,37	71
abr/10	9,50	30	24.628.510	223.627	69	66	0,238	0,87	416	143	298	92	0,74	67
mai/10	8,34	31	22.342.972	188.834	57	60	0,249	0,95	434	172	206	88	0,91	71
jun/10	9,46	30	24.528.977	240.793	51	54	0,251	0,85	541	247	235	115	0,65	69
jul/10	9,84	31	26.346.349	298.216	55	66	0,251	0,72	535	184	222	99	0,51	74
ago/10	9,65	31	25.843.935	285.269	53	55	0,255	0,74	628	285	281	132	0,24	64
set/10	8,69	30	22.524.480	161.651	41	43	0,231	1,07	498	282	243	144	0,37	69
out/10	9,16	31	24.539.501	250.224	45	55	0,264	0,84	572	256	245	134	0,21	46
nov/10	9,34	30	24.203.837	272.132	65	61	0,246	0,73	553	216	297	105	0,31	61
dez/10	10,46	31	28.027.072	293.742	67	63	0,222	0,68	518	193	292	97	0,16	64
Média	9,80	30	25.722.144	249.275	59	61	0,234	0,81	488	194	252	101	0,44	68
	9.788	L/s												

Mês	Custo da ETE (tratamento) em R\$ com depreciação	R\$/kg DQO removida	Custo de Produtos Químicos Polímero (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos Cloreto Férrico (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos Indicador 5.146	Custo de Tratamento (R\$ / m³) ETE Barueri com depreciação	ST - Torta	CUSTO MÉDIO POR KG	
									Polímero	FeCl ₃
Meta 2009						80,00	0,0950	30%		
Projeto										
jan/10	0	0,00	10,66	5,93	16,59	75,02		19,6	13,0200	0,6964
fev/10	0	0,00	4,43	3,39	7,82	71,60		17,5	13,0200	0,7816
mar/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	11,70		19,0	18,8998	0,7050
abr/10	0	0,00	2,03	0,10	2,13	15,68		17,2	20,0758	0,7050
mai/10	0	0,00	5,67	1,56	7,23	78,84		18,4	20,0758	0,7054
jun/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	10,91		19,1	12,0204	0,7050
jul/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50		18,8	13,0200	0,7050
ago/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	14,30		19,9	13,0200	0,7050
set/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	16,20		20,0	13,0202	0,7050
out/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	14,70		20,0	13,0200	0,7050
nov/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	15,05		20,0	13,0200	0,7090
dez/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00			21,3		
Média	0	0,00	1,90	0,92	2,81	30,68	#DIV/0!	19,2	14,75	0,7116



Resumo Gerencial

RESUMO / INDICADORES

mês	Vazões Afluentes			Carga de DQO removida (kg DQO/d)	Eficiência Remoção DBO (%)	Eficiência Remoção DQO (%)	Consumo energia elétrica/ m³ Tratado (kwh/m³)	Consumo energia elétrica/ carga DQO removida (kwh/kgDQO removida)	DQO (mg/l)		DBO (mg/l)		Índice de Produção de lodo (kg lodo/kg DQO removida)	Índice de Atendimento do Efluente Final à Legislação (%) ICEF
	m³/s	dias no mês	m³/mês						Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes		
Projeto	9,50				80%	>86%	=<0,255						<0,96	83
jun/10	9,46	30	24.528.977	240.793	51	54	0,251	0,85	541	247	235	115	0,65	69
jul/10	9,84	31	26.346.349	298.216	55	66	0,251	0,72	535	184	222	99	0,51	74
ago/10	9,65	31	25.843.935	285.269	53	55	0,255	0,74	628	285	281	132	0,24	64
set/10	8,69	30	22.524.480	161.651	41	43	0,231	1,07	498	282	243	144	0,37	69
out/10	9,16	31	24.539.501	250.224	45	55	0,264	0,84	572	256	245	134	0,21	46
nov/10	9,34	30	24.203.837	272.132	65	61	0,246	0,73	553	216	297	105	0,31	61
dez/10	10,46	31	28.027.072	293.742	67	63	0,222	0,68	518	193	292	97	0,16	64
jan/11	10,55	31	28.263.165	229.752	63	62	0,215	0,67	406	154	284	104	0,04	55
fev/11	10,32	28	24.957.532	311.969	63	65	0,249	0,71	539	189	375	139	0,04	52
mar/11	10,12	31	27.108.086	336.665	65	73	0,209	0,54	528	143	296	103	0,10	62
abr/11	9,54	30	24.729.754	367.649	67	76	0,254	0,57	584	138	353	115	0,23	59
mai/11	9,30	31	24.900.978	445.005	77	78	0,264	0,48	712	158	401	91	0,32	69
Média	9,70	30	25.497.806	291.089	59	63	0,243	0,72	551	204	294	115	0,26	62
	9.702	L/s												

Mês	Custo da ETE (tratamento) em R\$ com depreciação	R\$/kg DQO removida	Custo de Produtos Químicos Polímero (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos Cloreto Férrico (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos (R\$/ton de Lodo Desidratado - base seca)	Custo de Produtos Químicos Indicador 5.146	Custo de Tratamento (R\$ / m³) ETE Barueri com depreciação	ST - Torta	CUSTO MÉDIO POR KG	
									Polímero	FeCl ₃
Meta 2011						95,00		30%		
Projeto										
jun/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	10,91		19,1	12,0204	0,7050
jul/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50		18,8	13,0200	0,7050
ago/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	14,30		19,9	13,0200	0,7050
set/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	16,20		20,0	13,0202	0,7050
out/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	14,70		20,0	13,0200	0,7050
nov/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	15,05		20,0	13,0200	0,7090
dez/10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	13,93		21,3	13,0202	0,7300
jan/11	0	0,00	0,00	0,00	0,00	11,50		22,5	13,0202	0,7300
fev/11	0	0,00	17,68	19,94	37,62	116,58		23,2	13,0202	0,7301
mar/11	0	0,00	13,72	7,39	21,11	89,60		27,9	13,0200	0,7300
abr/11	0	0,00	12,35	9,82	22,17	103,35		20,0	13,0200	0,7300
mai/11	0	0,00	0,00	0,00	0,00			19,6		
Média	0	0,00	3,65	3,10	6,74	38,15	#DIV/0!	21,0	12,93	0,7167

ANEXO II - Análise Microbiológica dos Resíduos



Tipo de Documento
Formulário-Tratamento de Esgoto

Título do Documento
Certificado de análise laboratorial

Nome e Versão do Documento
FO-ES0032 V.1

Fase
Vigente

Elaborado por
Vânia Pontes de O. Napolitano

Área
Franca

CERTIFICADO Nº: 26/2010

Solicitante: José Carlos Gasparim

Endereço ETE – Barueri - SABESP

Município: Barueri – SP

Local da Coleta: ETE – Barueri - SABESP

Tipo de Amostra: Lodo e Areia de Estação de Tratamento de Esgoto

Chuvas em 24 hs: Não

Coletor: José Carlos Gasparim

Código da Amostra	Data	Tipo de amostra	Parâmetro	Método Empregado	Valor Encontrado	Unidade
Lodo Autoclavado nº16	31/03/10	Coleta simples	Coliformes Totais	IT – ES0230	$< 10^3$	NMP/g ST
			Coliformes Termotolerantes	IT – ES0230	$< 10^3$	NMP/g ST
			Umidade	IT – ES0252	80,62	%
			pH	IT – ES0246	7,84	---
			Matéria Orgânica	IT – ES0238	35,32	%
Areia Autoclavada nº01	29/03/10	Coleta simples	Coliformes Totais	IT – ES0230	$< 10^3$	NMP/g ST
			Coliformes Termotolerantes	IT – ES0230	$< 10^3$	NMP/g ST
			Umidade	IT – ES0252	22,76	%
			pH	IT – ES0246	5,89	---
			Matéria Orgânica	IT – ES0238	4,58	%
Lodo Forno	SD	SD	Coliformes Totais	IT – ES0230	10,1	NMP/g ST
			Coliformes Termotolerantes	IT – ES0230	< 1	NMP/g ST
			Umidade	IT – ES0252	1,32	%
			pH	IT – ES0246	6,37	---
			Matéria Orgânica	IT – ES0238	7,91	%



Tipo de Documento
Formulário-Tratamento de Esgoto

Título do Documento
Certificado de análise laboratorial

Nome e Versão do Documento
FO-ES0032 V.1

Fase
Vigente

Elaborado por
Vânia Pontes de O. Napolitano

Área
Franca

Código da Amostra	Data	Tipo de amostra	Parâmetro	Método Empregado	Valor Encontrado	Unidade
Areia Forno	SD	SD	Coliformes Totais	IT – ES0230	< 1	NMP/g ST
			Coliformes Termotolerantes	IT – ES0230	< 1	NMP/g ST
			Umidade	IT – ES0252	0,40	%
			pH	IT – ES0246	5,43	---
			Matéria Orgânica	IT – ES0238	2,80	%

Legenda: SD – Sem Dados.

- Os métodos utilizados estão certificados pela ISO 9001-2000.
- Os resultados deste certificado se aplicam somente às amostras entregues no laboratório.
- É proibida a reprodução parcial ou completa deste certificado sem prévia autorização da SABESP.
- Em caso de dúvidas, entrar em contato pelo telefone (16) 3721-5199 – ramal 2709 ou Rod. Cândido Portinari, km 394,4 – Franca – SP (CEP: 14403-000).

Emissão: 26/04/2010

Técnica Responsável	Gerência
<p>_____ Téc. Vânia Pontes de Oliveira Napolitano CRQ – Reg. N° 004244340</p>	<p>_____ Quím. Rui César R. Bueno CRQ – Reg. N° 04220048</p>

ANEXO III - Caracterização do Resíduo: Areia

**RELATÓRIO DE
CARACTERIZAÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO
DENOMINADO**

***“AREIA DE ETE (BRUTA)”
BA.5101/2010-1.0***

da empresa

**CBTAG – TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO
DO GÁS LTDA.**

localizada à Travessa R, 400 – Butanta – São Paulo – SP.

DILCELLI SOARES
Maio/10

ÍNDICE

I - INTRODUÇÃO TEÓRICA.

**II- PROCEDIMENTOS DOS ENSAIOS SEGUNDO AS
NORMAS ABNT**

III -CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO SÓLIDO.

IV – CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO.

V - DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO.

VI - ANEXO

- ◆ **BOLETINS DE ANÁLISES**
- ◆ **CONTROLE DE CALIBRAÇÃO DOS
INSTRUMENTOS/EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS
ANÁLISES**
- ◆ **FORMULÁRIO DO PROCESSO GERADOR DE RESÍDUOS**

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Com a preocupação constante da redução dos níveis de poluição do ar e da água, a indústria tem gerado uma quantidade crescente de resíduos sólidos, tendo que ser dispostos em aterros industriais gerando um custo adicional para a empresa.

Num futuro muito próximo poderá haver dificuldades em dispor tais materiais, pois as áreas disponíveis para aterro podem não crescer na mesma proporção da geração dos resíduos industriais. Em países mais desenvolvidos este problema foi e está sendo solucionado através da reciclagem destes resíduos pela própria empresa ou por terceiros, onde o mesmo passa a ser tratado como matéria-prima.

Na transformação da matéria-prima em produtos industrializados, são gerados resíduos industriais divididos pela legislação brasileira em duas classes:

- RESÍDUOS CLASSE I - PERIGOSOS
- RESÍDUOS CLASSE II - NÃO PERIGOSOS

Os Resíduos Classe II – Não Perigosos, na NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação, versão 2004 é subdividida em duas classes, como segue ;

- Inerte
- Não-Inerte
- Classe II - B
- Classe II - A

RESÍDUO SÓLIDO – por definição

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem : industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e da varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

RESÍDUOS CLASSE II – NÃO PERIGOSOS

RESÍDUOS INERTES - CLASSE II - B

São resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007:2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme Norma da ABNT NBR 10.006:2004, não constituem solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme o anexo G.

RESÍDUOS NÃO-INERTES - CLASSE II - A

São classificados como não-inertes os resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - **PERIGOSOS** ou como resíduos classe II B –Inertes, nos termos da Norma ABNT - NBR 10004:2004. Os resíduos classe II A – Não Inertes podem ter propriedades, tais como : Biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

RESÍDUOS PERIGOSOS - CLASSE I

São classificados como perigosos os resíduos com características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, ou resíduos que por ventura venham causar risco à saúde pública, ou apresentar efeitos adversos do meio ambiente.

Estes tipos de resíduos podem ser encontrados nas listagem A e B da norma ABNT NBR 10004:2004, ou em ensaios de lixiviação, conforme norma ABNT NBR 10004:2004, que o extrato apresente parâmetros que ultrapassem os limites citados na Norma ABNT NBR 10004:2004.

Desta forma verifica-se que qualquer resíduo industrial disposto no meio ambiente gera danos ao eco-sistema. Baseado neste fato se faz necessário a minimização da geração dos resíduos sólidos , podendo esta se dar de duas formas :

- Redução na fonte
- Reciclagem

A redução na fonte implica na redução ou eliminação de geração de resíduo do processo, através de modificações como:

- Alteração na matérias-primas.
- Mudança de tecnologia.
- Aperfeiçoamento dos procedimentos operacionais .

Estas alterações implicam em modificações das rotas de produção, incluindo aí as atuais rotinas operacionais dos processos e os procedimentos organizacionais, obtendo como consequência uma redução no volume de resíduo gerado.

A reciclagem, implica no reaproveitamento do resíduo sólido dentro do processo gerador, ou em outro tipo de produto de maneira a não dispor no meio ambiente.

Desta forma com o reaproveitamento, dos resíduos gerados, a empresa geradora obtêm os seguintes benefícios :

- Minimiza o impacto ambiental
- Economiza recursos naturais
- Retorno econômico

Além destes benefícios qualquer resíduo industrial quando disposto em aterros, gera um custo adicional de transporte e acondicionamento, desta maneira a reciclagem é o melhor caminho a ser dado aos resíduos industriais.

II – PROCEDIMENTOS DOS ENSAIOS SEGUNDO AS NORMAS ABNT.

1- AMOSTRAGEM DE CAMPO

1.1 – Resíduo Sólido

Para avaliar, caracterizar e classificar um resíduo sólido, se faz necessário a amostragem estatística do material, com intuito de verificar a sua homogeneidade possibilitando assim um destino adequado do resíduo sólido com suas respectivas concentrações dos elementos a ser analisados.

Os tipos de equipamentos a serem aplicados dependem da característica do resíduo sólido e do tipo de acondicionamento. Nas amostragens de tambores é utilizado trado de 2” ou um amostrador de profundidade , dependendo da umidade do material.

É importante que estes amostradores sejam descontaminados entre uma e outra amostragem, pois isso pode mascarar os resultados analíticos.

As amostras devem ser armazenadas em recipientes adequados ao tipo de análises a ser realizadas e o período e tipo de transporte.

A Norma da ABNT NBR 10007:2004 – “Amostragem de Resíduos” prescreve as técnicas de coleta dos resíduos a serem caracterizados.

2 – ENSAIOS ANALÍTICOS

A Norma da ABNT NBR 10004:2004, estabelece alguns ensaios que forneceram dados para a classificação do resíduo sólido ou solo a ser analisado. Para a realização destes ensaios deve obedecer os critérios expostos nas Normas NBR 10005 e 10006, ambas de 2004, as quais tratam do ensaio de lixiviação e solubilização, respectivamente.

2.1 – Ensaio de Lixiviação

A Norma ABNT NBR 10005:2004, descreve todos os passos deste ensaio de maneira a proporcionar o efeito de percolação dos elementos contidos no resíduo sólido ou solo contaminado, e então analisando os elementos indicados ou impostos pela NBR 10004:2004.

2.2 – Ensaio de Solubilização

A Norma ABNT NBR 10006:2004, descreve todos os passos deste ensaio de maneira a proporcionar o efeito de solubilização dos elementos contidos no resíduo sólido ou solo contaminado, e então analisando os elementos indicados ou impostos pela NBR 10004:2004. Neste ensaio o critério para a seleção dos parâmetros, foi impacto a ser gerado no lençol freático, portanto os elementos analisados são os listados na legislação de potabilidade de águas.

III - CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO

O resíduo caracterizado é proveniente da empresa: CBTAG – TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS LTDA., localizada à Travessa R, 400 – Butanta – São Paulo – SP.

O resíduo é denominado : “AREIA DE ETE (BRUTA)” - Boletim de Analise BA. 5101/2010-1.0.

Este resíduo foi caracterizado conforme descreve a Norma ABNT NBR 10004:2004

CARACTERÍSTICAS:

Cor:	Preto
Aspecto:	Sólido Granulado
Umidade :	12,068
pH (Solução a 50%) :	4,65

No teste Point Filter não há líquidos livres, portanto não há percolado junto do resíduo.

O resíduo apresenta valores dos parâmetros inorgânicos analisados abaixo dos limites do Extrato do Lixiviado conforme especificados pela norma ABNT NBR 10004:2004.

O resíduo apresenta valores dos parâmetros inorgânicos analisados acima dos limites do Extrato Solubilizado conforme especificados pela norma ABNT NBR 10004:2004, a saber:

- Alumínio
- Cádmio
- Chumbo
- Fenóis
- Ferro
- Manganês
- Sulfato
- Zinco

Observa-se a presença de Sulfeto, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo Total, Cromo Hexavalente, Fenóis, Vanádio, Zinco e Níquel na Massa Bruta.

O resíduo em questão, é considerado NÃO PERIGOSO, pelos processo gerador do solo em questão e pelos resultados obtidos pela determinada e referida norma.

IV – CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO

De acordo com as características deste resíduo, o mesmo é classificado como solo **NÃO PERIGOSO - CLASSE II – A – NÃO INERTE**, conforme descreve ABNT NBR 10004:2004.

V – DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO

Devido as características deste solo **NÃO PERIGOSO – CLASSE II – A**, este material deve ser acondicionado e identificado adequadamente e destinado para co-processamento e ou aterro classe II.

DILCELLI SOARES
Gerente Qualidade

VI – ANEXOS

- **BOLETIM DE ANÁLISE**
- **CONTROLE DE CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS/EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES**
- **FORMULÁRIO DO PROCESSO GERADOR DE RESÍDUOS**

BOLETIM DE ANÁLISE N.º 5101/2010 - 1.0
Processo Comercial N.º 900/2010 - 2

DADOS DO CONTRATANTE

Contratante: CBTAG - Tecnologia e Automação do Gás Ltda.
CNPJ/CPF: 05.540.453/0001-24
Endereço: R, 400 - Butantã - São Paulo - SP CEP: 05.508-170
Contato: José Fernandes dos Santos Telefone: (11) 3654-0756

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: CBTAG - Tecnologia e Automação do Gás Ltda.	
CNPJ/CPF: 05.540.453/0001-24	
Endereço: Travessa R, 400 - Butanta - São Paulo - SP CEP: 05.508-170	
Identificação da amostra: Areia de ETE (Bruta)	
Responsável pela coleta: Marcel/Carlito	
Data da coleta: 22/04/2010	Horário da coleta: ---
Data de entrada da amostra: 22/04/2010 19:10:07	Data de emissão: 10/05/2010 09:05:31
Legislação ou norma: NBR 10004:2004	

DADOS OBTIDOS EM CAMPO

Temperatura Ambiente (°C)	27
Presença de chuva nas últimas 24hs?	Não
Tipo de Amostra	Resíduo

RESULTADOS ANALÍTICOS

Resíduo NBR - Características Gerais

Características Gerais do Resíduo							
Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	V.M.P.(*)	Data	M
Aspecto	---	---	---	Sólido Granulado	----	23/04/10	36
Cor	----	----	----	preto	----	23/04/10	103
Sólidos Secos (100±20°C)	%	0,050	0,100	87,932	----	26/04/10	125
Presença de Líquidos livres?	----	----	----	Não	----	23/04/10	120
Umidade (Substâncias Voláteis à 105°C)	%	0,050	0,100	12,068	----	26/04/10	125
pH (solução a 50%)	---	0,1	0,1	4,65	2,0-12,5 (b)	23/04/10	30

Resíduo NBR - Massa Bruta

NBR 10004:2004 - Massa Bruta

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	V.M.P.(*)	Data	M
Ponto de Fulgor	°C	20	25	>300	60 (a,d)	07/05/10	73
Sólidos Secos (100±20°C)	%	0,050	0,100	87,932	----	26/04/10	125
Sulfeto	mg/Kg	1,0000	5,0000	13,9840	----	07/05/10	66
Cianeto (como HCN)	mg/Kg	0,005	0,010	0,165	250 (c)	07/05/10	37

NBR 10004 - Massa Bruta (Complemento)

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	V.M.P.(*)	Data	M
Óleos e Graxas	%	1	5	< 1	----	07/05/10	46
Arsênio	mg/Kg	0,10	0,50	9,54	----	10/05/10	47
Berílio	mg/Kg	0,10	0,50	< 0,10	----	10/05/10	47
Cádmio	mg/Kg	0,10	0,50	0,99	----	10/05/10	47
Chumbo	mg/Kg	0,10	0,50	10,64	----	10/05/10	47
Cianeto	mg/kg	0,005	0,010	0,159	----	07/05/10	37
Cobre	mg/Kg	0,10	0,50	30,81	----	10/05/10	47
Cromo Total	mg/Kg	0,100	0,500	43314,000	----	07/05/10	47
Cromo Hexavalente	mg/Kg	0,01	0,05	0,76	----	07/05/10	68
Fenóis (Índice de Fenóis)	mg/kg	0,01	0,05	0,6	----	07/05/10	48
Vanádio	mg/Kg	0,10	0,50	188,60	----	10/05/10	47
Mercúrio	mg/Kg	0,00005	0,00010	< 0,00005	----	07/05/10	106
Zinco	mg/Kg	0,10	0,50	16,65	----	10/05/10	47
Selênio	mg/Kg	0,10	0,25	< 0,10	----	10/05/10	47
Níquel	mg/Kg	0,10	0,50	6,04	----	10/05/10	47

Resíduo NBR - Lixiviado

NBR 10005:2004 - Lixiviado

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
pH (solução a 5%)	---	0,1	0,1	5,02	----	23/04/10	30
Quantidade Amostra Lixiviada	g	----	----	15	----	07/05/10	26

NBR 10005:2004 - Lixiviado

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
Volume da Solução Extratora	mL	----	----	300	----	07/05/10	26
Tempo Total de Lixiviação	h	----	----	18	16-20	07/05/10	26
pH Final do Extrato do Lixiviado	---	----	----	5	----	07/05/10	26

NBR 10005:2004 - Lixiviado - Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
Arsênio	mg/L	0,0010	0,0030	< 0,0010	1,0	10/05/10	47
Bário	mg/L	0,0100	0,0500	0,1651	70,0	10/05/10	47
Cádmio	mg/L	0,0005	0,0010	0,0184	0,5	10/05/10	47
Chumbo	mg/L	0,0010	0,0050	0,0550	1,0	10/05/10	47
Cromo Total	mg/L	0,0010	0,0500	0,0695	5,0	10/05/10	47
Fluoreto	mg/L	0,050	0,100	< 0,050	150	07/05/10	55
Mercurio	mg/L	0,00005	0,00010	< 0,00005	0,1	10/05/10	106
Prata	mg/L	0,0100	0,0500	0,0230	5,0	10/05/10	47
Selênio	mg/L	0,0010	0,0050	0,0085	1,0	10/05/10	47

Resíduo NBR - Solubilizado**NBR 10006: 2004 - Solubilizado - Parâmetros Inorgânicos**

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
Alumínio	mg/L	0,0100	0,0500	0,8317	0,2	10/05/10	47
Arsênio	mg/L	0,0010	0,0030	0,0025	0,01	10/05/10	47
Bário	mg/L	0,0100	0,0500	0,0555	0,7	10/05/10	47
Cádmio	mg/L	0,0005	0,0010	0,0026	0,005	10/05/10	47
Chumbo	mg/L	0,0010	0,0050	0,0193	0,01	10/05/10	47
Cianeto	mg/L	0,001	0,005	< 0,001	0,07	07/05/10	37
Cloreto	mg/L	1,0	5,0	5,1	250	06/05/10	35
Cobre	mg/L	0,0010	0,0500	0,0223	2	10/05/10	47
Cromo Total	mg/L	0,0010	0,0500	0,0300	0,05	10/05/10	47
Fenóis (Índice de Fenóis)	mg/L	0,0005	0,001	0,035	0,01	07/05/10	48
Ferro	mg/L	0,0100	0,0500	97,0700	0,3	10/05/10	47
Fluoreto	mg/L	0,050	0,100	0,558	1,5	06/05/10	35

NBR 10006: 2004 - Solubilizado - Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
Manganês	mg/L	0,0100	0,0200	4,8270	0,1	10/05/10	47
Mercurio	mg/L	0,00005	0,00010	< 0,00005	0,01	10/05/10	106
Nitrato (como N)	mg/L	0,050	0,100	< 0,050	10	06/05/10	35
Prata	mg/L	0,0100	0,0500	< 0,0100	0,05	10/05/10	47
Selênio	mg/L	0,0010	0,0050	< 0,0010	0,01	10/05/10	47
Sódio	mg/L	0,1000	0,5000	12,5400	200	10/05/10	47
Sulfato	mg/L	1,0	5,0	863,1	250	06/05/10	35
Surfactantes	mg/L	0,05	0,10	0,42	0,5	07/05/10	72
Zinco	mg/L	0,0100	0,0500	14,8700	5	10/05/10	47

NBR 10006:2004 - Solubilizado

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
pH Final do Extrato Solubilizado	----	----	----	5,38	----	07/05/10	27

RECUPERAÇÃO DOS SURROGATES**5101/2010 - 3.0 - Areia de ETE (Bruta)**

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultado
Ítrio	%	0,01	0,05	118,50

5101/2010 - 2.0 - Areia de ETE (Bruta)

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultado
Ítrio	%	0,10	0,50	98,08

5101/2010 - 4.0 - Areia de ETE (Bruta)

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultado
Ítrio	%	0,01	0,05	112,90

L.D – Limite de Detecção

L.Q – Limite de Quantificação

(<) Abaixo do Limite de Detecção

V.M.P.(*) Valores Máximos obtidos no Ensaio de Massa Bruta

Observações:

(a) = Avaliação da Inflamabilidade - Item "a" do tópico 4.2.1.1 da NBR 10004: 2004- (d) = Valor Máximo para Resíduos Líquidos

(b)= Avaliação da Corrosividade -Item "a" do tópico 4.2.1.2 da NBR 10004:2004.

(c) = Avaliação da Reatividade - Item "e" do tópico 4.2.1.3 da NBR 10004:2004.

Notas:

- (1) Os resultados referem-se somente a amostra analisada.
- (2) Plano de Amostragem / identificação dos pontos a serem amostrados é de responsabilidade do cliente.
- (3) Todas as análises foram realizadas dentro dos prazos de validade, conforme Guia de Coleta e Preservação de Amostras da OPERATOR.
- (4) Os dados brutos obtidos na execução das análises e estão à disposição, podendo ser solicitado a qualquer momento.

M Métodos de Referência

26	ABNT NBR 10005:2005 - Procedimentos para obtenção do extrato lixiviado de resíduos sólidos - Metodologia Não Acreditada
27	ABNT NBR 10006:2005 - Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos - Metodologia Não Acreditada
30	pH: SMEWW 4500 - H+ - B - Eletrometric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
35	Ânions: USEPA SW 846 - Method 300.1 - Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
36	Aspecto: SMEWW 2570 - A - Asbestos - Metodologia Não Acreditada
37	Cianeto: SMEWW 4500 - CN- C - Total Cyanide after Distillation - SMEWW 4500 - CN- E - Colorimetric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
46	Óleos e Graxas: SMEWW 5520 - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
47	Metais: SMEWW 3120 B Inductively Coupled Plasma (ICP) Method
48	Fenóis (Índice): SWEWW 5530 D - Direct Photometric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
55	Fluoreto: SMEWW 4500 - F- -- C - Ion-Selective Electrode Method - Metodologia Não Acreditada
66	Sulfeto: 4500 - SO-2 - Iodometric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
68	Cromo Hexavalente: SWEMM 3500 - Cr - Colorimetric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
72	Surfactante: SMEWW 5540 C - Anionic Surfactants as MBAS - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
73	ABNT NBR 5765-P-MB-889 - Determinação de Ponto de Fulgor de Asfaltos Diluídos - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
103	Cor: SMEWW 2120 C - Spectrophotometric Method - Single-Wavelength Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
106	Mercúrio: SWEMM 3500 - Mercury - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação
120	Presença Líquidos Livres: ABNT NBR 12988:1993 - Líquidos Livres - Metodologia Não Acreditada
125	Sólidos Secos, Umidades e Cinzas: SMEWW 2540 - Solids - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação

Dilcelli Soares
C.R.Q. N° 04161246 - IV Região
Gerente da Qualidade

**RELATÓRIO DE
CARACTERIZAÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO
DENOMINADO
“AREIA DE ETE (LAVADA)”
*BA.5100/2010-1.0***

da empresa

**CBTAG – TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO
DO GÁS LTDA.**

localizada à Travessa R, 400 – Butanta – São Paulo – SP.

DILCELLI SOARES
Maio/10

ÍNDICE

I - INTRODUÇÃO TEÓRICA.

**II- PROCEDIMENTOS DOS ENSAIOS SEGUNDO AS
NORMAS ABNT**

III -CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO SÓLIDO.

IV – CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO.

V - DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO.

VI - ANEXO

- ◆ **BOLETINS DE ANÁLISES**
- ◆ **CONTROLE DE CALIBRAÇÃO DOS
INSTRUMENTOS/EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS
ANÁLISES**
- ◆ **FORMULÁRIO DO PROCESSO GERADOR DE RESÍDUOS**

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Com a preocupação constante da redução dos níveis de poluição do ar e da água , a indústria tem gerado uma quantidade crescente de resíduos sólidos, tendo que ser dispostos em aterros industriais gerando um custo adicional para a empresa.

Num futuro muito próximo poderá haver dificuldades em dispor tais materiais, pois as áreas disponíveis para aterro podem não crescer na mesma proporção da geração dos resíduos industriais. Em países mais desenvolvidos este problema foi e está sendo solucionado através da reciclagem destes resíduos pela própria empresa ou por terceiros, onde o mesmo passa a ser tratado como matéria-prima.

Na transformação da matéria-prima em produtos industrializados, são gerados resíduos industriais divididos pela legislação brasileira em duas classes:

- RESÍDUOS CLASSE I - PERIGOSOS
- RESÍDUOS CLASSE II - NÃO PERIGOSOS

Os Resíduos Classe II – Não Perigosos, na NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação, versão 2004 é subdividida em duas classes, como segue ;

- Inerte
- Não-Inerte
- Classe II - B
- Classe II - A

RESÍDUO SÓLIDO – por definição

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem : industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

RESÍDUOS CLASSE II – NÃO PERIGOSOS

RESÍDUOS INERTES - CLASSE II - B

São resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007:2004, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme Norma da ABNT NBR 10.006:2004, não constituem solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme o anexo G.

RESÍDUOS NÃO-INERTES - CLASSE II - A

São classificados como não-inertes os resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - **PERIGOSOS** ou como resíduos classe II B –Inertes, nos termos da Norma ABNT - NBR 10004:2004. Os resíduos classe II A – Não Inertes podem ter propriedades, tais como : Biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

RESÍDUOS PERIGOSOS - CLASSE I

São classificados como perigosos os resíduos com características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, ou resíduos que por ventura venham causar risco à saúde pública, ou apresentar efeitos adversos do meio ambiente.

Estes tipos de resíduos podem ser encontrados nas listagem A e B da norma ABNT NBR 10004:2004, ou em ensaios de lixiviação, conforme norma ABNT NBR 10004:2004, que o extrato apresente parâmetros que ultrapassem os limites citados na Norma ABNT NBR 10004:2004.

Desta forma verifica-se que qualquer resíduo industrial disposto no meio ambiente gera danos ao eco-sistema. Baseado neste fato se faz necessário a minimização da geração dos resíduos sólidos , podendo esta se dar de duas formas :

- Redução na fonte
- Reciclagem

A redução na fonte implica na redução ou eliminação de geração de resíduo do processo, através de modificações como:

- Alteração na matérias-primas.
- Mudança de tecnologia.
- Aperfeiçoamento dos procedimentos operacionais .

Estas alterações implicam em modificações das rotas de produção, incluindo aí as atuais rotinas operacionais dos processos e os procedimentos organizacionais, obtendo como consequência uma redução no volume de resíduo gerado.

A reciclagem, implica no reaproveitamento do resíduo sólido dentro do processo gerador, ou em outro tipo de produto de maneira a não dispor no meio ambiente.

Desta forma com o reaproveitamento, dos resíduos gerados, a empresa geradora obtêm os seguintes benefícios :

- Minimiza o impacto ambiental
- Economiza recursos naturais
- Retorno econômico

Além destes benefícios qualquer resíduo industrial quando disposto em aterros, gera um custo adicional de transporte e acondicionamento, desta maneira a reciclagem é o melhor caminho a ser dado aos resíduos industriais.

II – PROCEDIMENTOS DOS ENSAIOS SEGUNDO AS NORMAS ABNT.

1- AMOSTRAGEM DE CAMPO

1.1 – Resíduo Sólido

Para avaliar, caracterizar e classificar um resíduo sólido, se faz necessário a amostragem estatística do material, com intuito de verificar a sua homogeneidade possibilitando assim um destino adequado do resíduo sólido com suas respectivas concentrações dos elementos a ser analisados.

Os tipos de equipamentos a serem aplicados dependem da característica do resíduo sólido e do tipo de acondicionamento. Nas amostragens de tambores é utilizado trado de 2” ou um amostrador de profundidade , dependendo da umidade do material.

É importante que estes amostradores sejam descontaminados entre uma e outra amostragem, pois isso pode mascarar os resultados analíticos.

As amostras devem ser armazenadas em recipientes adequados ao tipo de análises a ser realizadas e o período e tipo de transporte.

A Norma da ABNT NBR 10007:2004 – “Amostragem de Resíduos” prescreve as técnicas de coleta dos resíduos a serem caracterizados.

2 – ENSAIOS ANALÍTICOS

A Norma da ABNT NBR 10004:2004, estabelece alguns ensaios que forneceram dados para a classificação do resíduo sólido ou solo a ser analisado. Para a realização destes ensaios deve obedecer os critérios expostos nas Normas NBR 10005 e 10006, ambas de 2004, as quais tratam do ensaio de lixiviação e solubilização, respectivamente.

2.1 – Ensaio de Lixiviação

A Norma ABNT NBR 10005:2004, descreve todos os passos deste ensaio de maneira a proporcionar o efeito de percolação dos elementos contidos no resíduo sólido ou solo contaminado, e então analisando os elementos indicados ou impostos pela NBR 10004:2004.

2.2 – Ensaio de Solubilização

A Norma ABNT NBR 10006:2004, descreve todos os passos deste ensaio de maneira a proporcionar o efeito de solubilização dos elementos contidos no resíduo sólido ou solo contaminado, e então analisando os elementos indicados ou impostos pela NBR 10004:2004. Neste ensaio o critério para a seleção dos parâmetros, foi impacto a ser gerado no lençol freático, portanto os elementos analisados são os listados na legislação de potabilidade de águas.

III - CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO

O resíduo caracterizado é proveniente da empresa: CBTAG – TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS LTDA., localizada à Travessa R, 400 – Butantã – São Paulo – SP.

O resíduo é denominado : “AREIA DE ETE (LAVADA)” - Boletim de Análise BA. 5100/2010-1.0.

Este resíduo foi caracterizado conforme descreve a Norma ABNT NBR 10004:2004

CARACTERÍSTICAS:

Cor:	Preto
Aspecto:	Sólido Granulado
Umidade :	19,481
pH (Solução a 50%) :	6,48

No teste Point Filter não há líquidos livres, portanto não há percolado junto do resíduo.

O resíduo apresenta valores dos parâmetros inorgânicos analisados abaixo dos limites do Extrato do Lixiviado conforme especificados pela norma ABNT NBR 10004:2004.

O resíduo apresenta valores dos parâmetros inorgânicos analisados acima dos limites do Extrato Solubilizado conforme especificados pela norma ABNT NBR 10004:2004, a saber:

- Alumínio
- Fenóis
- Manganês
- Surfactantes

Observa-se a presença de Sulfeto, Berílio, Cádmio, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cromo Total, Cromo Hexavalente, Fenóis, Vanádio, Zinco e Níquel na Massa Bruta.

O resíduo em questão, é considerado **NÃO PERIGOSO**, pelos processo gerador do solo em questão e pelos resultados obtidos pela determinada e referida norma.

IV – CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO

De acordo com as características deste resíduo, o mesmo é classificado como solo **NÃO PERIGOSO - CLASSE II – A – NÃO INERTE**, conforme descreve ABNT NBR 10004:2004.

V – DISPOSIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO

Devido as características deste solo **NÃO PERIGOSO – CLASSE II – A**, este material deve ser acondicionado e identificado adequadamente e destinado para co-processamento e ou aterro classe II.

DILCELLI SOARES
Gerente Qualidade

VI – ANEXOS

- **BOLETIM DE ANÁLISE**

- **CONTROLE DE CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS/EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES**

- **FORMULÁRIO DO PROCESSO GERADOR DE RESÍDUOS**

BOLETIM DE ANÁLISE N.º 5100/2010 - 1.0
Processo Comercial N.º 900/2010 - 2

DADOS DO CONTRATANTE

Contratante: CBTAG - Tecnologia e Automação do Gás Ltda.
CNPJ/CPF: 05.540.453/0001-24
Endereço: R, 400 - Butantã - São Paulo - SP CEP: 05.508-170
Contato: José Fernandes dos Santos Telefone: (11) 3654-0756

DADOS DO SOLICITANTE

Solicitante: CBTAG - Tecnologia e Automação do Gás Ltda.	
CNPJ/CPF: 05.540.453/0001-24	
Endereço: Travessa R, 400 - Butantã - São Paulo - SP CEP: 05.508-170	
Identificação da amostra: Areia de ETE (Lavada)	
Responsável pela coleta: Marcel/Carlito	
Data da coleta: 22/04/2010	Horário da coleta: ---
Data de entrada da amostra: 22/04/2010 19:05:28	Data de emissão: 10/05/2010 09:08:17
Legislação ou norma: NBR 10004:2004	

DADOS OBTIDOS EM CAMPO

Temperatura Ambiente (°C)	27
Presença de chuva nas últimas 24hs?	Não
Tipo de Amostra	Resíduo

RESULTADOS ANALÍTICOS

Resíduo NBR - Características Gerais

Características Gerais do Resíduo							
Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	V.M.P.(*)	Data	M
Aspecto	---	---	---	Sólido Granulado	----	23/04/10	36
Cor	----	----	----	preto	----	23/04/10	103
Sólidos Secos (100±20°C)	%	0,050	0,100	80,519	----	26/04/10	125
Presença de Líquidos livres?	----	----	----	Não	----	23/04/10	120
Umidade (Substâncias Voláteis à 105°C)	%	0,050	0,100	19,481	----	26/04/10	125
pH (solução a 50%)	---	0,1	0,1	6,48	2,0-12,5 (b)	23/04/10	30

Resíduo NBR - Massa Bruta

NBR 10004:2004 - Massa Bruta

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	V.M.P.(*)	Data	M
Ponto de Fulgor	°C	20	25	>300	60 (a,d)	07/05/10	73
Sólidos Secos (100±20°C)	%	0,050	0,100	80,519	----	26/04/10	125
Sulfeto	mg/Kg	1,0000	5,0000	21,6256	----	07/05/10	66
Cianeto (como HCN)	mg/Kg	0,005	0,010	0,139	250 (c)	07/05/10	37

NBR 10004 - Massa Bruta (Complemento)

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	V.M.P.(*)	Data	M
Óleos e Graxas	%	1	5	< 1	----	07/05/10	46
Arsênio	mg/Kg	0,10	0,50	< 0,10	----	07/05/10	47
Berílio	mg/Kg	0,10	0,50	0,13	----	07/05/10	47
Cádmio	mg/Kg	0,10	0,50	1,55	----	07/05/10	47
Chumbo	mg/Kg	0,10	0,50	28,59	----	07/05/10	47
Cianeto	mg/kg	0,005	0,010	0,134	----	07/05/10	37
Cobre	mg/Kg	0,10	0,50	528,20	----	07/05/10	47
Cromo Total	mg/Kg	0,100	0,500	126,600	----	07/05/10	47
Cromo Hexavalente	mg/Kg	0,01	0,05	0,86	----	07/05/10	68
Fenóis (Índice de Fenóis)	mg/kg	0,01	0,05	1,7	----	07/05/10	48
Vanádio	mg/Kg	0,10	0,50	19,60	----	07/05/10	47
Mercúrio	mg/Kg	0,00005	0,00010	< 0,00005	----	07/05/10	106
Zinco	mg/Kg	0,10	0,50	543,10	----	07/05/10	47
Selênio	mg/Kg	0,10	0,25	< 0,10	----	07/05/10	47
Níquel	mg/Kg	0,10	0,50	267,20	----	07/05/10	47

Resíduo NBR - Lixiviado

NBR 10005:2004 - Lixiviado

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
pH (solução a 5%)	---	0,1	0,1	6,68	----	23/04/10	30
Quantidade Amostra Lixiviada	g	----	----	15	----	07/05/10	26

NBR 10005:2004 - Lixiviado

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
Volume da Solução Extratora	mL	----	----	300	----	07/05/10	26
Tempo Total de Lixiviação	h	----	----	18	16-20	07/05/10	26
pH Final do Extrato do Lixiviado	---	----	----	5,03	----	07/05/10	26

NBR 10005:2004 - Lixiviado - Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
Arsênio	mg/L	0,0010	0,0030	0,0028	1,0	10/05/10	47
Bário	mg/L	0,0100	0,0500	0,1996	70,0	10/05/10	47
Cádmio	mg/L	0,0005	0,0010	0,0166	0,5	10/05/10	47
Chumbo	mg/L	0,0010	0,0050	0,0190	1,0	10/05/10	47
Cromo Total	mg/L	0,0010	0,0500	0,0442	5,0	10/05/10	47
Fluoreto	mg/L	0,050	0,100	0,142	150	07/05/10	55
Mercúrio	mg/L	0,00005	0,00010	< 0,00005	0,1	10/05/10	106
Prata	mg/L	0,0100	0,0500	0,0662	5,0	10/05/10	47
Selênio	mg/L	0,0010	0,0050	0,0199	1,0	10/05/10	47

Resíduo NBR - Solubilizado**NBR 10006: 2004 - Solubilizado - Parâmetros Inorgânicos**

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
Alumínio	mg/L	0,0100	0,0500	0,3786	0,2	10/05/10	47
Arsênio	mg/L	0,0010	0,0030	< 0,0010	0,01	10/05/10	47
Bário	mg/L	0,0100	0,0500	0,0727	0,7	10/05/10	47
Cádmio	mg/L	0,0005	0,0010	< 0,0005	0,005	10/05/10	47
Chumbo	mg/L	0,0010	0,0050	0,0033	0,01	10/05/10	47
Cianeto	mg/L	0,001	0,005	< 0,001	0,07	07/05/10	37
Cloreto	mg/L	1,0	5,0	8,1	250	06/05/10	35
Cobre	mg/L	0,0010	0,0500	0,0022	2	10/05/10	47
Cromo Total	mg/L	0,0010	0,0500	0,0225	0,05	10/05/10	47
Fenóis (Índice de Fenóis)	mg/L	0,0005	0,001	0,016	0,01	07/05/10	48
Ferro	mg/L	0,0100	0,0500	0,1610	0,3	10/05/10	47
Fluoreto	mg/L	0,050	0,100	0,938	1,5	06/05/10	35

NBR 10006: 2004 - Solubilizado - Parâmetros Inorgânicos

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
Manganês	mg/L	0,0100	0,0200	1,6730	0,1	10/05/10	47
Mercurio	mg/L	0,00005	0,00010	< 0,00005	0,01	10/05/10	106
Nitrato (como N)	mg/L	0,050	0,100	0,829	10	06/05/10	35
Prata	mg/L	0,0100	0,0500	0,0418	0,05	10/05/10	47
Selênio	mg/L	0,0010	0,0050	0,0057	0,01	10/05/10	47
Sódio	mg/L	0,1000	0,5000	17,6600	200	10/05/10	47
Sulfato	mg/L	1,0	5,0	226,5	250	06/05/10	35
Surfactantes	mg/L	0,05	0,10	0,55	0,5	07/05/10	72
Zinco	mg/L	0,0100	0,0500	0,8415	5	10/05/10	47

NBR 10006:2004 - Solubilizado

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	(*) Limites Máximos	Data	M
pH Final do Extrato Solubilizado	----	----	----	5,57	----	06/05/10	27

RECUPERAÇÃO DOS SURROGATES**5100/2010 - 3.0 - Areia de ETE (Lavada)**

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultado
Ítrio	%	0,01	0,05	113,70

5100/2010 - 2.0 - Areia de ETE (Lavada)

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultado
Ítrio	%	0,10	0,50	110,00

5100/2010 - 4.0 - Areia de ETE (Lavada)

Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultado
Ítrio	%	0,01	0,05	114,80

L.D – Limite de Detecção

L.Q – Limite de Quantificação

(<) Abaixo do Limite de Detecção

V.M.P.(*) Valores Máximos obtidos no Ensaio de Massa Bruta

Observações:

(a) = Avaliação da Inflamabilidade - Item "a" do tópico 4.2.1.1 da NBR 10004: 2004- (d) = Valor Máximo para Resíduos Líquidos

(b)= Avaliação da Corrosividade -Item "a" do tópico 4.2.1.2 da NBR 10004:2004.

(c) = Avaliação da Reatividade - Item "e" do tópico 4.2.1.3 da NBR 10004:2004.

Notas:

- (1) Os resultados referem-se somente a amostra analisada.
- (2) Plano de Amostragem / identificação dos pontos a serem amostrados é de responsabilidade do cliente.
- (3) Todas as análises foram realizadas dentro dos prazos de validade, conforme Guia de Coleta e Preservação de Amostras da OPERATOR.
- (4) Os dados brutos obtidos na execução das análises e estão à disposição, podendo ser solicitado a qualquer momento.

M Métodos de Referência

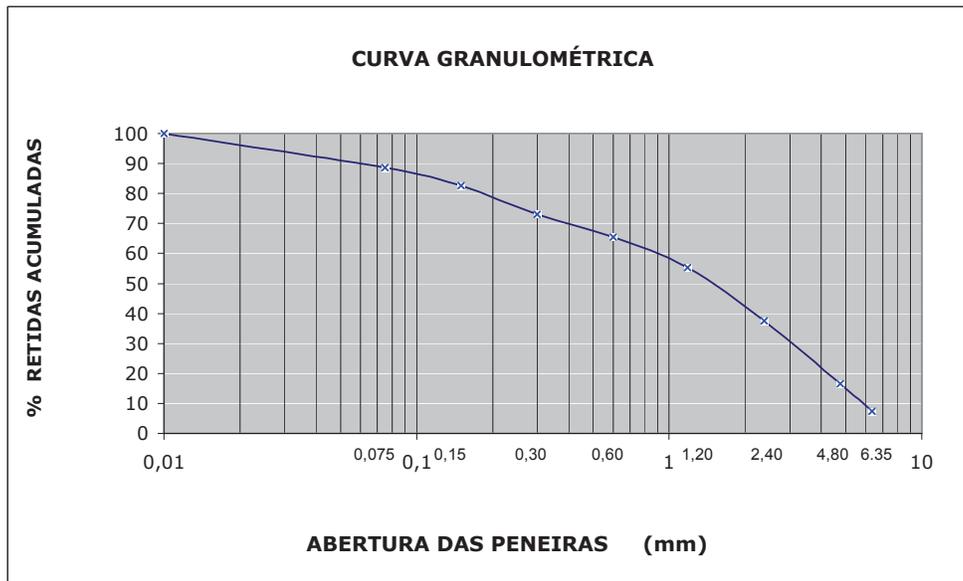
- | | |
|-----|---|
| 26 | ABNT NBR 10005:2005 - Procedimentos para obtenção do extrato lixiviado de resíduos sólidos - Metodologia Não Acreditada |
| 27 | ABNT NBR 10006:2005 - Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos - Metodologia Não Acreditada |
| 30 | pH: SMEWW 4500 - H+ - B - Eletrometric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 35 | Ânions: USEPA SW 846 - Method 300.1 - Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography |
| 36 | Aspecto: SMEWW 2570 - A - Asbestos - Metodologia Não Acreditada |
| 37 | Cianeto: SMEWW 4500 - CN- C - Total Cyanide after Distillation - SMEWW 4500 - CN- E - Colorimetric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 46 | Óleos e Graxas: SMEWW 5520 - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 47 | Metais: SMEWW 3120 B Inductively Coupled Plasma (ICP) Method |
| 48 | Fenóis (Índice): SWEWW 5530 D - Direct Photometric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 55 | Fluoreto: SMEWW 4500 - F- -- C - Ion-Selective Electrode Method - Metodologia Não Acreditada |
| 66 | Sulfeto: 4500 - SO-2 - Iodometric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 68 | Cromo Hexavalente: SWEMM 3500 - Cr - Colorimetric Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 72 | Surfactante: SMEWW 5540 C - Anionic Surfactants as MBAS - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 73 | ABNT NBR 5765-P-MB-889 - Determinação de Ponto de Fulgor de Asfaltos Diluídos - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 103 | Cor: SMEWW 2120 C - Spectrophotometric Method - Single-Wavelength Method - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 106 | Mercúrio: SWEMM 3500 - Mercury - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |
| 120 | Presença Líquidos Livres: ABNT NBR 12988:1993 - Líquidos Livres - Metodologia Não Acreditada |
| 125 | Sólidos Secos, Umidades e Cinzas: SMEWW 2540 - Solids - Metodologia Não Acreditada - Em Fase de Acreditação |

Dilcelli Soares
C.R.Q. Nº 04161246 - IV Região
Gerente da Qualidade

ANEXO IV - Análise Granulométrica da Areia da ETE

ANEXO V – Análise Granulométrica do Agregado Convencional

ENSAIOS FÍSICOS DE AGREGADOS						
		LABMATC - Laboratório de Materiais de Construção - CCC				
		Análise granulométrica NBR NM 248				
Turma:				Material:	Pó de pedra	
Prof.:	Gasparim	Técnico:	Victor Hugo J.	Local:		
Amostra(g):	800	Data coleta:		Análise:	01/06/10	
Abertura das peneiras		Massa retida (g)		Média retida (g)	Média da massa retida (%)	Massa ret. acumulada (%)
(Nº)	Ø (mm)	ENSAIO A	ENSAIO B			
1/4"	6,35	58,19	60,35	59,3	7,4	7,4
4	4,75	74,76	72,62	73,7	9,2	16,6
8	2,38	164,28	169,35	166,8	20,9	37,5
16	1,18	144,54	141,89	143,2	17,9	55,4
30	0,60	82,19	79,98	81,1	10,1	65,5
50	0,3	60,07	61,52	60,8	7,6	73,1
100	0,15	76,98	75,95	76,5	9,6	82,7
200	0,075	47,41	48,89	48,2	6,0	88,7
	0,01	91,58	89,44	90,5	11,3	100,0
	Σ TOTAL (g)	800	799,99	800,0	100,0	
				DMC = 6.35mm	MF=	3,3
Obs.:						
<p>DMC = abertura da peneira na qual apresenta % retida acumulada < 5%</p> <p>MF = Σ% ret. acumuladas nas peneiras da série normal/100</p>						



ANEXO VI - Ensaio de Absorção

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/176.246/09

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

INTERESSADO: **CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO**
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82 - Liberdade
01503-001 - São Paulo - SP
Ref.: (53.357)

1. AMOSTRA ENSAIADA:

03 (três) blocos de concreto, entregues pelo interessado na L.A. Falcão Bauer, identificados conforme quadro a seguir

Dados fornecidos pelo interessado		Identificação da L.A. Falcão Bauer	
		O.S.	Data de recebimento
Identificação:	BLOCO DE CONCRETO	176.246	20/3/2009
fb _x :	-		
Classe:	-		
Fornecedor:	CBTAG		
Data de fabricação	-		
Lote:	-		
Nota Fiscal:	-		
Local de aplicação:	-		

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 6136:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos

NBR 12118:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio

3. CLASSIFICAÇÃO DA AMOSTRA ENSAIADA:

Classificação da amostra			
Familia do bloco			Classe do bloco
Designação	módulo	M-15	
Dimensões (mm)	largura	140	
	altura	190	
	comprimento	390	

4. **RESULTADOS OBTIDOS:**

Corpo-de-prova nº	Área líquida (mm²)	Absorção (%)	
01	29.934,5	8,03	
02	29.855,0	8,18	
03	29.550,0	8,09	
Média		8,10	
Parâmetros estabelecidos pela NBR 6136:2006	Classe	Agregado leve	Agregado normal
	A	< 13,0 (valor médio)	≤ 10,0
	B		
	C	< 16,0 (valor individual)	
	D		

5. **DATA DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO:**

Ensaio realizado em 25/03/2009.

São Paulo, 25 de março de 2009.

ALB

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/176.244/09

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

INTERESSADO: **CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO**
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82 - Liberdade
01503-001 - São Paulo - SP
Ref.: (53.357)

1. AMOSTRA ENSAIADA:

03 (três) blocos de concreto, entregues pelo interessado na L.A. Falcão Bauer, identificados conforme quadro a seguir

Dados fornecidos pelo interessado		Identificação da L.A. Falcão Bauer	
		O.S.	Data de recebimento
Identificação:	BLOCO DE CONCRETO		
fb _k :	-		
Classe:	-		
Fornecedor:	CBTAG		
Data de fabricação	-	176.244	20/3/2009
Lote:	-		
Nota Fiscal:	-		
Local de aplicação:	-		

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 6136:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos

NBR 12118:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio

3. CLASSIFICAÇÃO DA AMOSTRA ENSAIADA:

Classificação da amostra			
Família do bloco			Classe do bloco
Designação	módulo	M-15	
Dimensões (mm)	largura	140	
	altura	190	
	comprimento	390	

4. **RESULTADOS OBTIDOS:**

Corpo-de-prova nº	Área líquida (mm ²)	Absorção (%)	
01	29.934,5	8,23	
02	29.855,0	8,58	
03	29.550,0	8,40	
Média		8,40	
Parâmetros estabelecidos pela NBR 6136:2006	Classe	Agregado leve	Agregado normal
	A	≤ 13,0 (valor médio)	≤ 10,0
	B		
	C	< 16,0 (valor individual)	
	D		

5. **DATA DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO:**

Ensaio realizado em 25/03/2009.

São Paulo, 25 de março de 2009

ALB

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/176.241/09

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

INTERESSADO: **CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO**
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82 - Liberdade
01503-001 - São Paulo - SP
Ref.: (53.357)

1. AMOSTRA ENSAIADA:

03 (três) blocos de concreto, entregues pelo interessado na L.A. Falcão Bauer, identificados conforme quadro a seguir

Dados fornecidos pelo interessado		Identificação da L.A. Falcão Bauer	
		O.S.	Data de recebimento
Identificação:	BLOCO DE CONCRETO	176.241	20/3/2009
fb _h :	-		
Classe:	-		
Fornecedor:	CBTAG		
Data de fabricação	-		
Lote:	-		
Nota Fiscal:	-		
Local de aplicação:	-		

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 6136:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos
NBR 12118:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio

3. CLASSIFICAÇÃO DA AMOSTRA ENSAIADA:

Classificação da amostra			
Família do bloco			Classe do bloco
Designação	módulo	M-15	
Dimensões (mm)	largura	140	
	altura	190	
	comprimento	390	

4. **RESULTADOS OBTIDOS:**

Corpo-de-prova nº	Área líquida (mm²)	Absorção (%)
01	29.910,6	9,47
02	29.816,2	9,56
03	29.560,8	9,13
Média		9,39

Parâmetros estabelecidos pela NBR 6136:2006	Classe	Agregado leve	Agregado normal
	A	≤ 13,0 (valor médio)	≤ 10,0
	B		
	C	< 16,0 (valor individual)	
D			

5. **DATA DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO:**

Ensaio realizado em 25/03/2009.

São Paulo, 25 de março de 2009.

ALB

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/176.242/09

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

INTERESSADO: **CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO**
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82 - Liberdade
01503-001 - São Paulo - SP
Ref.: (53 357)

1. AMOSTRA ENSAIADA:

03 (três) blocos de concreto, entregues pelo interessado na L.A. Falcão Bauer, identificados conforme quadro a seguir

Dados fornecidos pelo interessado		Identificação da L.A. Falcão Bauer	
		O.S.	Data de recebimento
Identificação:	BLOCO DE CONCRETO	176.242	20/3/2009
fb _x :	-		
Classe:	-		
Fornecedor:	CBTAG		
Data de fabricação	-		
Lote:	-		
Nota Fiscal:	-		
Local de aplicação:	-		

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 6136:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos

NBR 12118:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio

3. CLASSIFICAÇÃO DA AMOSTRA ENSAIADA:

Classificação da amostra			
Familia do bloco			Classe do bloco
Designação	módulo		
Dimensões (mm)	largura	140	
	altura	190	
	comprimento	390	

4. **RESULTADOS OBTIDOS:**

Corpo-de-prova nº	Área líquida (mm²)	Absorção (%)	
01	29.343.5	8.52	
02	29.858.0	8.04	
03	29.435.5	7.86	
Média		8.14	
Parâmetros estabelecidos pela NBR 6136:2006	Classe	Agregado leve	Agregado normal
	A	≤ 13.0 (valor médio)	≤ 10.0
	B		
	C	< 16.0 (valor individual)	
D			

5. **DATA DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO:**

Ensaio realizado em 25/03/2009

São Paulo, 25 de março de 2009

4/4

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/176.243/09

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES

DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

INTERESSADO: **CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO**
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82 - Liberdade
01503-001 - São Paulo - SP
Ref.: (53.357)

1. AMOSTRA ENSAIADA:

03 (três) blocos de concreto, entregues pelo interessado na L.A. Falcão Bauer, identificados conforme quadro seguir

Dados fornecidos pelo interessado		Identificação da L.A. Falcão Bauer	
		O.S.	Data de recebimento
Identificação:	BLOCO DE CONCRETO		
fb _k :	-		
Classe:	-		
Fornecedor:	CBTAG		
Data de fabricação	-	176.243	20/3/2009
Lote:	-		
Nota Fiscal:	-		
Local de aplicação:	-		

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 6136:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos
NBR 12118:2006 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio

3. CLASSIFICAÇÃO DA AMOSTRA ENSAIADA:

Classificação da amostra			
Família do bloco			Classe do bloco
Designação	módulo	M-15	
Dimensões (mm)	largura	140	
	altura	190	
	comprimento	390	

4. **RESULTADOS OBTIDOS:**

Corpo-de-prova nº	Área líquida (mm ²)	Absorção (%)	
01	29.913,9	8,26	
02	29.885,1	6,74	
03	29.340,0	7,56	
Média		7,52	
Parâmetros estabelecidos pela NBR 6136:2006	Classe	Agregado leve	Agregado normal
	A	< 13,0 (valor médio)	≤ 10,0
	B		
	C	< 16,0 (valor individual)	
D			

5. **DATA DE REALIZAÇÃO DO ENSAIO:**

Ensaio realizado em 25/03/2009

São Paulo, 25 de março de 2009

A/B

ANEXO VII - Análise Dimensional

Laboratório de Ensaio Acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 sob o nº CRL – 003.
O INMETRO é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo do ILAC – International Laboratory Accreditation
Cooperation

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/170.839-02/08

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO COM RESIDUO SÓLIDO DE E.T.E

ANÁLISE DIMENSIONAL

INTERESSADO: **CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS S/A.**
Av. Liberdade, 843 - Cj.82, 600 – Laguna.
01503 - 001 – Liberdade - SP

REFERÊNCIA: (53.357)

1. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS:

06 (seis) exemplares de blocos de concreto com resíduo sólido de E.T.E, amostrados e coletados pelo interessado, recebidos nesse laboratório em 19/11/2008.

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 12118/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio – Análise Dimensional

NORMA DE ESPECIFICAÇÃO(*)

NBR 6136/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Requisitos.

(*) A título ilustrativo, por se tratar de especificação para blocos de concreto com agregados convencionais.

Laboratório de Ensaio Acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 sob o nº CRL – 003.
 O INMETRO é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo do ILAC – International Laboratory Accreditation
 Cooperation

3. RESULTADOS OBTIDOS:

Corpo de Prova nº	Dimensões Médias (mm)			Área bruta média (mm ²)	Espessura média das paredes			Menor dimensão do furo (mm)	Raio das mísulas (mm)			
	Compr.	Largura	Altura		Longit. Média (mm)	Transv. Média (mm)	Espessura Equivalente (mm/m)		Raio 1	Raio 2	Raio 3	Raio 4
01	390	141	192	54.990	26	25	192	81	45	45	---	---
02	390	140	193	54.564	26	25	192	81	45	44	---	---
03	390	140	191	54.600	25	25	192	82	45	43	---	---
04	390	141	189	54.834	25	25	195	82	45	45	---	---
05	390	140	191	54.522	25	24	185	84	45	45	---	---
06	390	140	189	54.717	25	25	192	81	45	45	---	---

Data de realização do ensaio: 24/11/2008.

Nota: A título ilustrativo, segue paramento especificado pela NBR 12118/2006 para blocos de concreto de designação M-15:

Parâmetros estabelecidos pela NBR 6136/2006 – M15												
	Dimensões Médias (mm)			Área bruta média (mm ²)	Espessura média das paredes			Menor dimensão do furo (mm)	Raio das mísulas (mm)			
	Compr.	Largura	Altura		Longit. Média (mm)	Transv. Média (mm)	Espessura Equivalente (mm/m)		Raio 1	Raio 2	Raio 3	Raio 4
Tolerância	390 ± 3mm	140 ± 2mm	190 ± 3mm	---	≥ 25 mm	≥ 25 mm	≥ 188 mm	≥ 70 mm	≥ 40 mm			

Laboratório de Ensaio Acreditado pela Cgcre/Inmetro de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 sob o nº CRL – 003.
O INMETRO é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo do ILAC – International Laboratory Accreditation
Cooperation

5. OBSERVAÇÕES:

Os resultados da resistência à compressão constam no relatório CON/170.839-01/08.

São Paulo, 26 de novembro de 2008.

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
Centro Tecnológico de Controle da Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

DANIEL FRANCO DA SILVA
Tecnólogo
CREA nº 5476-01

L.A. FALCÃO BAUER LTDA
Centro Tecnológico de Controle da Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

LUIS ALBERTO BORIN
Gerente do Lab. Concreto
CREA n.º 685022620

ANEXO VIII - Avaliação Microbiológica da Matéria-Prima



Instituto de Pesquisas Tecnológicas

RELATÓRIO TÉCNICO N°107 700-205

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E
PESQUISA DE MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS EM AMOSTRAS DE
LODO DE ETE**

**CENTRO DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E PRODUTOS
LABORATÓRIO DE BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL**

CLIENTE: CBTAG (CIA BRASILEIRA DE TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS)

Dezembro/2008

RESUMO

Foram realizados ensaios microbiológicos para a contagem de bactérias aeróbias totais, bolores e levedura e pesquisa de microrganismos patogênicos (*Pseudomonas aeruginosa sp*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp*, *Shigella sp*, *Candida albicans*, *Escherichia coli* e coliformes totais) em duas amostras de lodo de estação de tratamento de esgoto identificadas pelo cliente como Lodo de ETE de Bloco tipo 1: Areia Fina e Lodo de ETE de Bloco tipo 2: Areia Grossa com componentes para o Bloco e cadastrada no laboratório como LBI 282/08 e LBI 283/08, respectivamente. Os resultados da avaliação microbiológica mostraram ausência de microrganismos patogênicos nas duas amostras de lodo analisadas. Apenas a amostra LBI 282/08 apresentou contaminação por microrganismos aeróbios totais.

PALAVRAS-CHAVE

Lodo; Bolores, Leveduras, Bactérias Aeróbias Totais; Pesquisa de Patógenos; Coliformes Totais; *Escherichia coli*; *Salmonella sp*; *Shigella sp*; *Staphylococcus aureus*; *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*.

RELATÓRIO TÉCNICO N°107 700-205**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E
PESQUISA DE MICRORGANISMOS PATOGENICOS EM AMOSTRAS DE
LODO DE ETE**

REFERÊNCIA: Orçamento CTPP/LBI 120/08

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho foi realizada a contagem de bactérias aeróbias totais, bolores, leveduras e a pesquisa de microrganismos patogênicos (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Shigella sp*, *Salomonella sp* e *Candida albicans*) em duas amostras de lodo de estação de tratamento de esgoto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS**2.1 Amostras**

Foram recebidas duas amostras secas de lodo de estação de tratamento de esgoto em frascos de vidro que receberam um número de identificação no Laboratório de Biotecnologia Industrial. A identificação e as informações de cada amostra estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Identificação e descrição das amostras de lodo.

Identificação no LBI	Descrição da Amostra
282/08	Lodo de ETE de Bloco tipo 1: Areia Fina
283/08	Lodo de ETE de Bloco tipo 2: Areia Grossa com componentes para o Bloco

2.2 Teste

Para determinação de bactérias aeróbias totais foi utilizado o meio de cultura "Tryptic Soy Agar" (Oxoid CM 129). O meio de cultura "Potato Dextrose Agar" (Merck 1.10130) foi usado para a determinação de bolores e leveduras. A pesquisa de patógenos foi determinada após enriquecimento da amostra em meios TSB (Oxoid CM 0129), MacConkey (Mikrobiologie 500V39296391) e Rapaport (Oxoid CM 66) e utilizando os meios especificados na Tabela 2. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 2: Meios de cultura utilizados na pesquisa.

Microrganismo	Meio de cultura
<i>Escherichia coli</i>	MacConkey Agar nº 3 (Oxoid CM115), Chromocult® (Mikrobiologie 1.10426)
<i>Pseudomonas sp</i>	Cetrimid Agar (Mikrobiologie 1.05206)
<i>Staphylococcus aureus</i>	Baird-Parker Agar (Mikrobiologie 1.05284)
<i>Shigella sp e Salmonella sp</i>	Hectoen Agar (Oxoid CM 4), SS (Oxoid CM 99)
<i>Candida albicans</i>	Biggy (Oxoid CM 0589)

3 RESULTADOS

Na Tabela 3 e 4 estão apresentados respectivamente, os resultados obtidos na contagem de microrganismos (bactérias aeróbias totais e bolores/levedura) e na pesquisa de microrganismo patogênicos. Apenas a amostra LBI 282/08 foi analisada antes e após a esterilização.

Tabela 3: Contagem de microrganismos aeróbios totais

Amostra (LBI)	Bactérias Aeróbias Totais UFC/g	Bolores e Leveduras UFC/g
282/08	$6,1 \times 10^2$	$1,1 \times 10^3$
283/08	ND	ND
282/08 pós-esterilização	ND	ND

UFC/g: unidade formadora de colônias por grama de amostra
ND: não detectado

Tabela 4: Pesquisa de patogênicos nas amostras de lodo analisadas.

Microrganismo	Amostra LBI	
	282/08	283/08
<i>S. aureus</i>	ND	ND
<i>Pseudomonas sp</i>	ND	ND
<i>Pseudomonas aeruginosa sp</i>	ND	ND
<i>Coliformes totais</i>	ND	ND
<i>Escherichia coli (coliformes fecais)</i>	ND	ND
<i>Candida albicans</i>	ND	ND
<i>Salmonella sp</i>	ND	ND
<i>Shigella sp</i>	ND	ND

ND = Não detectado

4 CONCLUSÃO

Nas duas amostras de lodo analisadas não foram detectados nenhum dos microrganismos patogênicos pesquisados. Na amostra LBI 283/08 não houve crescimento de microrganismos aeróbios totais. O número de unidades formadoras de colônias na amostra LBI 282/08 foi de $6,1 \times 10^2$ UFC/g para bactérias aeróbias totais e de $1,1 \times 10^3$ UFC/g para bolores e leveduras. Após a esterilização desta amostra não foram mais detectados microrganismos aeróbios totais.

São Paulo, 02 de dezembro de 2008.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E PRODUTOS
Laboratório de Biotecnologia Industrial



Bióloga Dra. Patricia Léo
Pesquisadora Responsável
CRB nº 10987/01 - RE nº 8502

CENTRO DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E PRODUTOS
Laboratório de Biotecnologia Industrial



Farm. Bioq. Doutora Maria Filomena de A. Rodrigues
Responsável pelo Laboratório
CRF-SP nº 14.365 - RE nº 7590

CENTRO DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E PRODUTOS



Engº Químico Modesto Danese
Diretor Interino do Centro
CREA-SP Nº 0600961520 - RE Nº 4426

PL/FFG

EQUIPE TÉCNICA

Responsável Técnico: Patrícia Léo - Bióloga

Antonio Fernando Montemor – Técnico

Maria Alice Wada - Técnica

Apoio Administrativo

Fabiula Ferreira Gonçalves - Auxiliar Administrativo

ANEXO IX - Ensaio de Resistência à Compressão

Laboratório de Ensaio Acreditado pela Cgnet/Inmetro de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 sob o nº CR. 003.
O INMETRO é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo do ILAC – International Laboratory Accreditation
Cooperation.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CONV/170.836-01/08

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO COM RESÍDUO SÓLIDO DE E.T.E

DETERMINAÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

INTERESSADO: CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS S/A.
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82, 600 – Laguna,
01503 - 001 – Liberdade - SP.

REFERÊNCIA: (53.357)

1. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS:

06 (seis) exemplares de blocos de concreto com resíduo sólido de E.T.E, amostrados e coletados pelo interessado, recebidos nesse laboratório em 19/11/2008.

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 12118/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio – Análise Dimensional

NORMA DE ESPECIFICAÇÃO(*)

NBR 6136/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Requisitos.

(*) A título informativo, por se tratar de especificação para blocos de concreto com agregados convencionais

3. RESULTADOS OBTIDOS:

Corpo de Prova nº	Dimensões (mm)		Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (MPa)
	Compr. Médio	Largura Média		
01	390	141	212.920	3,9
02	390	140	209.140	3,8
03	390	140	204.000	3,7
04	390	141	214.390	3,9
05	390	139	195.130	3,6
06	390	140	191.200	3,5
Média				3,7
Resistência característica à compressão ($f_{Rk,calc}$)				3,4

Data de realização do ensaio: 24/11/2008

Nota: A título ilustrativo, segue parâmetro especificado pela NBR 12118/2006 para blocos de concreto de classe C:

Classe	Resistência característica à compressão $f_{Rk,calc}$ (MPa)
Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.	3,0

4. OBSERVAÇÕES:

Os resultados da análise dimensional constam no relatório CON/170.836-02/08.

São Paulo, 26 de novembro de 2008.

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
 Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

DANIEL FRANCO DA SILVA
 Tecnólogo
 CREA nº 5476-01

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
 Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

LUIS ALBERTO BORIN
 Gerente do Lab. Concreto
 CREA n.º 688022620

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CONV/170.837-01/08

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO COM RESÍDUO SÓLIDO DE E.T.E

DETERMINAÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

INTERESSADO: CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS S/A.
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82, 600 – Laguna.
01503 - 001 – Liberdade - SP.

REFERÊNCIA: (53.357)

1. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS:

06 (seis) exemplares de blocos de concreto com resíduo sólido de E.T.E, amostrados e coletados pelo interessado, recebidos nesse laboratório em 19/11/2008.

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 12118/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio – Análise Dimensional

NORMA DE ESPECIFICAÇÃO(*)

NBR 6136/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Requisitos.

(*) A título informativo, por se tratar de especificação para blocos de concreto com agregados convencionais

3. RESULTADOS OBTIDOS:

Corpo de Prova nº	Dimensões (mm)		Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (MPa)
	Compr. Médio	Largura Média		
01	390	141	219.930	4,0
02	390	141	209.120	3,8
03	390	139	227.630	4,2
04	390	141	214.390	3,9
05	390	139	217.140	4,0
06	390	140	212.930	3,9
Média				4,0
Resistência característica à compressão ($f_{Rk,med}$)				3,8

Data de realização do ensaio: 24/11/2008

Nota: A título ilustrativo, segue parâmetro especificado pela NBR 12118/2006 para blocos de concreto de classe C:

Classe	Resistência característica à compressão $f_{Rk,med}$ (MPa)
Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.	3,0

4. OBSERVAÇÕES:

Os resultados da análise dimensional constam no relatório CON/170.837-02/08.

São Paulo, 26 de novembro de 2008.

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
 Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

DANIEL FRANCO DA SILVA
 Tecnólogo
 CREA nº 5476-01

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
 Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

LUIS ALBERTO BORIN
 Gerente do Lab. Concreto
 CREA n.º 688022620

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/170.838-01/08

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO COM RESÍDUO SÓLIDO DE E.T.E

DETERMINAÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

INTERESSADO: CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS S/A.
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82, 600 – Laguna.
01503 - 001 – Liberdade - SP.

REFERÊNCIA: (53.357)

1. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS:

06 (seis) exemplares de blocos de concreto com resíduo sólido de E.T.E, amostrados e coletados pelo interessado, recebidos nesse laboratório em 19/11/2008.

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 12118/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio – Análise Dimensional

NORMA DE ESPECIFICAÇÃO(*)

NBR 6136/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Requisitos.

(*) A título indicativo, por se tratar de especificação para blocos de concreto com segregação convencional.

3. RESULTADOS OBTIDOS:

Corpo de Prova n.º	Dimensões (mm)		Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (MPa)
	Compr. Médio	Largura Média		
01	390	141	369.226	4,3
02	390	139	325.630	4,6
03	390	140	339.930	4,3
04	390	141	335.920	4,5
05	390	140	361.180	4,7
06	390	140	325.646	4,6
Média				4,5
Resistência característica à compressão ($f_{Rk,comp}$)				4,1

Data de realização do ensaio: 24/11/2008

Nota: A título ilustrativo, segue parâmetro especificado pela NBR 12118/2006 para blocos de concreto de classe C:

Classe	Resistência característica à compressão $f_{Rk,comp}$ (MPa)
Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.	3,0

4. OBSERVAÇÕES:

Os resultados da análise dimensional constam no relatório CON/170.638-02/08.

São Paulo, 26 de novembro de 2008.

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
 Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

DANIEL FRANCO DA SILVA
 Tecnólogo
 CREA n.º 5476-01

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
 Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

LUIS ALBERTO BORIN
 Gerente do Lab. Concreto
 CREA n.º 686022620

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/170.840-01/08

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO COM RESÍDUO SÓLIDO DE E.T.E

DETERMINAÇÃO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

INTERESSADO: CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS S/A.
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82, 600 - Laguna.
01503 - 001 - Liberdade - SP

REFERÊNCIA: (53.357)

1. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS:

D5 (seis) exemplares de blocos de concreto com resíduo sólido de E.T.E. amostrados e coletados pelo interessado, recebidos nesse laboratório em 19/11/2008.

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 12116/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de Ensaio – Análise Dimensional.

NORMA DE ESPECIFICAÇÃO(*)

NBR 6136/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos.

(*) A título ilustrativo, por se tratar de especificação para blocos de concreto com agregados convencionais.

3. RESULTADOS OBTIDOS:

Corpo de Prova nº	Dimensões (mm)		Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (MPa)
	Compr. Médio	Largura Média		
01	390	139	303.630	5,6
02	390	141	275.930	5,0
03	390	140	289.180	5,3
04	390	141	275.920	5,0
05	390	140	310.646	5,7
06	390	140	280.120	5,1
Média				5,3
Resistência característica à compressão ($f_{Rk,comp}$)				4,9

Data de realização do ensaio: 24/11/2008

Nota: A título ilustrativo, segue parâmetro especificado pela NBR 12118/2006 para blocos de concreto de classe C:

Classe	Resistência característica à compressão $f_{Rk,comp}$ (MPa)
Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.	3,0

4. OBSERVAÇÕES:

Os resultados da análise dimensional constam no relatório CON/170.640-02/08.

São Paulo, 26 de novembro de 2008.

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

ORIGINAL ASSINADO

DANIEL FRANCO DA SILVA
 Tecnólogo
 CREA nº 5476-01

LUIS ALBERTO BORIN
 Gerente do Lab. Concreto
 CREA nº 688022620

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº CON/170.838-01/08

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO COM RESÍDUO SÓLIDO DE E.T.E

DETERMINAÇÃO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

INTERESSADO: CBTAG TECNOLOGIA E AUTOMAÇÃO DO GÁS S/A.
Av. Liberdade, 843 - Cj. 82, 600 - Laguna.
01503 - 001 - Liberdade - SP

REFERÊNCIA: (S3.357)

1. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS:

06 (seis) exemplares de blocos de concreto com resíduo sólido de E.T.E, amostrados e coletados pelo interessado, recebidos nesse laboratório em 19/11/2008.

2. METODOLOGIA UTILIZADA:

NBR 12118/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Métodos de Ensaio - Análise Dimensional

NORMA DE ESPECIFICAÇÃO(*)

NBR 6136/2006 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Requisitos.

(*) A título ilustrativo, por se tratar de especificação para blocos de concreto com agregados convencionais

3. RESULTADOS OBTIDOS:

Corpo de Prova nº	Dimensões (mm)		Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (MPa)
	Compr. Médio	Largura Média		
01	390	141	369.226	6,7
02	390	139	325.630	6,0
03	390	140	339.930	6,2
04	390	141	335.920	6,1
05	390	140	361.180	6,6
06	390	140	325.646	6,0
Média				6,3
Resistência característica à compressão ($f_{Rk,comp}$)				5,9

Data de realização do ensaio: 24/11/2008

Nota: A título ilustrativo, segue parâmetro especificado pela NBR 12118/2006 para blocos de concreto de classe C:

Classe	Resistência característica à compressão $f_{Rk,comp}$ (MPa)
Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.	3,0

4. OBSERVAÇÕES:

Os resultados da análise dimensional constam no relatório CON/170.639-02/08.

São Paulo, 26 de novembro de 2008.

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
 Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

DANIEL FRANCO DA SILVA
 Tecnólogo
 CREA nº 5476-01

L.A. FALCÃO BAUER LTDA.
 Centro Tecnológico de Controle de Qualidade

ORIGINAL ASSINADO

LUIS ALBERTO BORIN
 Gerente do Lab. Concreto
 CREA nº 688022620

ANEXO X - Resultados de Ensaio Químicos do Lodo

Análises químicas do lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri coletado no período de menor precipitação pluviométrica (seco) e amostra de Lodo Jagua, determinadas em base de matéria seca. P.F. = perda ao fogo. LD = limite de detecção. LQ = limite de quantificação.

Data	2008														LD	LQ
	17/jun	26/jun	1/jul	12/jul	15/jul	5/ago	15/ago	21/ago	30/ago	4/set	18/set	23/set	3/out	12/out		
N. Campo	ETE 01IQ	ETE 02IQ	ETE 03IQ	ETE 04IQ	ETE 05IQ	ETE 06IQ	ETE 07IQ	ETE 08IQ	ETE 09IQ	ETE 10IQ	ETE 11IQ	ETE 12IQ	ETE 13IQ	ETE 14IQ		
%SiO ₂	13,69	13,85	13,78	13,88	13,94	14,09	13,90	13,34	14,36	15,76	17,19	26,74	16,26	15,87	0,01	0,03
%Al ₂ O ₃	7,57	7,75	7,67	7,59	7,52	7,44	7,40	7,15	7,18	7,50	7,71	6,14	7,04	6,80	0,01	0,03
%Fe ₂ O ₃	6,25	5,67	6,05	6,16	6,06	5,80	6,05	5,88	5,60	5,77	5,71	5,07	5,82	6,35	0,002	0,007
%MgO	0,75	0,81	0,87	0,88	0,88	0,91	0,91	0,85	0,95	0,93	0,99	0,79	0,99	0,86	0,01	0,03
%CaO	3,03	3,44	3,58	3,50	3,52	3,51	3,67	3,48	3,77	3,73	3,83	2,74	3,57	3,44	0,01	0,03
%Na ₂ O	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,10	0,12	0,14	0,12	0,11	0,15	0,13	0,15	0,02	0,007
%K ₂ O	0,44	0,47	0,47	0,49	0,52	0,52	0,50	0,47	0,52	0,53	0,55	0,64	0,54	0,55	0,01	0,03
%P ₂ O ₅	4,31	4,09	4,31	4,20	4,36	4,55	4,85	4,62	4,42	4,69	4,21	3,28	4,27	4,51	0,007	0,023
%MnO	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,003	0,01
%TiO ₂	0,68	0,70	0,71	0,69	0,69	0,67	0,68	0,64	0,65	0,69	0,69	0,55	0,65	0,64	0,01	0,03
%P.F.	61,54	61,42	60,92	61,22	60,96	61,37	61,41	62,23	60,31	60,14	58,25	50,17	59,97	59,93	0,01	0,03
%Total	98,41	98,34	98,52	98,78	98,66	99,03	99,52	98,82	97,95	99,90	99,26	96,31	99,29	99,14		
Ba mg/kg	719	687	714	688	698	663	678	677	697	721	715	650	717	717	17	56
Cr mg/kg	1046	1046	1079	1029	968	924	943	952	949	944	856	667	869	874	2	7
Cu mg/kg	677	661	684	667	653	626	621	667	994	1002	923	708	888	661	2	7
Ni mg/kg	366	383	387	376	363	344	393	398	400	398	405	382	395	370	2	7
Pb mg/kg	159	165	169	170	171	159	169	170	176	178	187	162	180	189	5	17
Rb mg/kg	20	20	20	20	20	20	20	19	20	22	22	24	20	21	2	7
S mg/kg	16800	19600	17767	16800	16600	17000	17400	16550	16800	17300	16200	11800	15500	16850	7	21
Sr mg/kg	121	123	126	124	126	125	130	126	132	133	136	115	131	136	1	3
Zn mg/kg	2915	3209	3327	3375	3504	3270	3416	3207	3417	3483	3550	2452	3065	2794	1	3
Zr mg/kg	165	168	158	159	159	152	142	170	231	237	235	204	192	185	3	10

Análises químicas do lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri coletado no período de maior precipitação pluviométrica (chuvoso), determinadas em base de matéria seca. P.F = perda ao fogo. LD = limite de detecção. LQ = limite de quantificação.

Data	2008				2009												LD	LQ
	29/nov	6/dez	16/dez	23/dez	3/jan	10/jan	17/jan	23/jan	30/jan	6/fev	20/fev	27/fev	6/mar	14/mar	21/mar	27/mar		
N. Campo	ETE 01Q	ETE 02Q	ETE 04Q	ETE 05Q	ETE 06Q	ETE 07Q	ETE 08Q	ETE 09Q	ETE 10Q	ETE 11Q	ETE 12Q	ETE 13Q	ETE 14Q	ETE 15Q	ETE 16Q	ETE 17Q		
%SiO ₂	17,62	18,86	17,48	17,61	17,29	17,05	18,52	17,84	19,46	18,72	18,93	18,21	17,94	16,29	16,02	16,08	0,01	0,03
%Al ₂ O ₃	8,79	9,43	8,76	9,05	9,06	8,76	9,31	9,13	9,76	9,38	9,11	9,03	8,98	8,48	8,44	8,64	0,01	0,03
%Fe ₂ O ₃	5,74	6,40	5,71	5,93	5,66	6,09	6,06	5,79	5,83	5,67	6,73	6,41	6,82	6,39	6,77	6,64	0,002	0,007
%MgO	0,90	0,95	0,81	0,87	0,87	0,77	0,83	0,75	0,85	0,96	0,82	0,79	0,80	0,79	0,77	0,76	0,01	0,03
%CaO	3,63	3,57	3,07	3,05	3,05	2,75	2,82	2,72	2,96	3,18	2,79	2,84	2,95	2,79	2,72	2,76	0,01	0,03
%Na ₂ O	0,16	0,13	0,14	0,15	0,14	0,13	0,16	0,16	0,15	0,18	0,19	0,18	0,17	0,14	0,14	0,15	0,02	0,007
%K ₂ O	0,57	0,60	0,60	0,60	0,59	0,58	0,61	0,55	0,56	0,57	0,57	0,58	0,60	0,54	0,54	0,57	0,01	0,03
%P ₂ O ₅	4,34	4,51	4,27	4,33	4,34	4,24	4,10	3,68	4,05	3,72	4,13	4,21	4,51	4,26	4,57	4,45	0,007	0,023
%MnO	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,003	0,01
%TiO ₂	0,78	0,79	0,74	0,75	0,76	0,74	0,75	0,73	0,80	0,77	0,78	0,76	0,77	0,72	0,74	0,71	0,01	0,03
%P.F.	56,03	55,02	57,68	57,17	56,65	56,74	54,60	55,08	54,35	54,90	54,27	55,17	55,77	57,68	57,65	57,66	0,01	0,03
%Total	98,58	100,30	99,30	99,55	98,45	97,89	97,81	96,46	98,88	98,10	98,26	98,23	99,35	98,13	98,39	98,50		
Ba mg/kg	1025	981	872	834	835	796	814	783	836	843	911	980	964	883	893	877	17	56
Cr mg/kg	990	974	970	967	979	887	874	824	881	863	809	835	885	865	894	916	2	7
Cu mg/kg	962	913	903	905	937	986	1018	956	1049	1058	894	845	833	771	764	789	2	7
Ni mg/kg	383	355	331	320	313	297	285	300	310	314	276	277	278	262	255	269	2	7
Pb mg/kg	182	178	164	171	167	164	165	164	175	173	162	159	164	161	159	156	5	17
Rb mg/kg	25	25	26	25	24	26	28	26	27	26	26	26	25	24	24	24	2	7
S mg/kg	16633	14600	13900	15200	14600	14500	14000	15300	17750	14900	14800	14900	15600	14300	16300	14750	7	21
Sr mg/kg	143	142	126	126	127	125	131	124	134	131	126	128	130	126	130	128	1	3
Zn mg/kg	3076	2837	2743	2799	3040	2746	2673	2496	2691	2715	2375	2429	2679	2580	2540	2577	1	3
Zr mg/kg	185	182	176	173	157	174	183	185	187	183	173	168	165	157	230	252	3	10