

**DIOGO YAMASHITA
LUÍS FIGUEIREDO
PAULO LYRA
RODRIGO NAGATOMO**

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE SECADORES
TÉRMICOS PARA LODO DE ETE - ESTUDO DE CASO ETE
GUARAREMA E VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO NA RMSP.**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Civil

São Paulo
2013

**DIOGO YAMASHITA
LUÍS FIGUEIREDO
PAULO LYRA
RODRIGO NAGATOMO**

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE SECADORES
TÉRMICOS PARA LODO DE ETE - ESTUDO DE CASO ETE
GUARAREMA E VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO NA RMSP.**

Projeto de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, no âmbito do Curso de
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Roque Passos Piveli.

São Paulo
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Yamashita, Diogo Ryoichi

**Avaliação técnica e econômica de secadores térmicos para lodo de ETE – estudo de caso ETE Guararema e viabilidade de implantação na RMSP / D.R. Yamashita, L.C.L. Figueiredo, P.C.C. de Lyra, R.P. Nagatomo. -- São Paulo, 2013.
157 p.**

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental.

1.Lodo 2.Secagem I.Figueiredo, Luís Claudio Ligori II.Lyra, Cerento de III.Nagatomo, Rodrigo Perez IV.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental V.t.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao orientador Prof. Dr. Roque Passos Piveli pelas observações e sugestões na elaboração do trabalho.

Agradecemos a SABESP, por permitir a pesquisa em campo para a elaboração do trabalho.

Agradecemos à equipe da ETE Guararema e ao Engenheiro Luiz Yoshiharu Ito pelo apoio e o fornecimento de dados necessários para a elaboração do estudo.

Agradecemos à Albrecht, empresa fabricante de secadores térmicos, que gentilmente nos forneceu dados e preços dos seus produtos além de uma palestra explicativa sobre os processos de secagem de lodo. Em especial o representante comercial Orlando Gonçalves de Queirós que ministrou a palestra e foi o nosso contato com a Albrecht.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
SUMÁRIO.....	ii
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
ABREVIATURAS.....	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 Geral	2
2.2 Específico.....	2
3 JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA	2
4 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES TÉCNICAS.....	4
4.1 Plano diretor para a RMSP	4
4.1.1 O Sistema de Esgotamento Sanitário da RMSP.....	4
4.1.2 O sistema atual.....	6
4.1.2.1 O Sistema Principal	6
4.1.2.2 Sistemas isolados.....	8
4.1.3 Projeções populacionais.....	10
4.1.4 Projeções de vazões	11
4.1.5 O Lodo das ETEs	13
4.2 Política nacional de resíduos sólidos	15
4.3 Tratamento de esgoto	17
4.3.1 Tratamento preliminar.....	18
4.3.2 Tratamento primário	20
4.3.3 Tratamento secundário.....	21
4.3.4 Tratamento terciário.....	22
4.3.5 Lodo ativado convencional	22
4.3.6 Lodos ativados por batelada.....	24
4.4 Tratamento de lodo	27
4.4.1 Adensamento.....	27
4.4.2 Digestão	28
4.4.3 Desaguamento	29

4.4.3.1	Centrífuga	29
4.4.3.2	Filtros – Prensa.....	30
4.4.3.3	Prensa.....	30
4.4.3.4	Filtro a vácuo	30
4.4.3.5	Leito de secagem.....	31
4.4.3.6	Lagoa de secagem de lodo.....	31
4.4.3.7	Secagem térmica	32
4.5	Secadores térmicos.....	33
4.6	Destinação final do lodo	41
4.7	Transporte de Lodo	42
5	ESTUDO DE CASO: ETE GUARAREMA	45
5.1	Caracterização da cidade.....	45
5.2	Coleta de esgoto	46
5.3	Estação de Tratamento de esgoto de Guararema	46
5.4	Visita técnica	47
5.4.1	O Processo de tratamento	48
5.5	Cálculo da energia necessária para complementação da energia do pellet.....	57
5.6	Comparação de custos do tratamento do lodo.....	59
5.7	Conclusão para o tratamento de lodo da ETE Guararema	69
6	COMPARAÇÃO ECONÔMICA PARA TRATAMENTO DO LODO PARA A RMSP	70
6.1	Metodologia.....	70
6.2	ETE Parque Novo Mundo	73
6.3	ETE Barueri.....	74
6.3.1	Comparação de custos do tratamento do lodo – ETEs Barueri e Parque Novo Mundo.....	76
6.4	ETE São Miguel	83
6.4.1	Comparação de custos do tratamento do lodo – ETE São Miguel	84
6.5	ETE Suzano	91
6.5.1	Comparação de custos do tratamento do lodo – ETE Suzano	92
6.6	ETE ABC.....	99
6.6.1	Comparação de custos do tratamento do lodo – ETE ABC.....	100
6.7	Conclusão para ETEs de grande porte da RMSP	107
7	CONCLUSÃO.....	108

8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
9	ANEXOS	113

RESUMO

O crescimento da população da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) consequentemente aumentará o volume de esgoto e assim o volume de lodo produzido no tratamento. Esse lodo aumentará ainda mais com a universalização do tratamento de esgoto prevista pela Sabesp, 90% de coleta de esgoto e 100% de tratamento do esgoto coletado, para 2018 (cenário 1) ou 2023 (cenário 2), portanto a RMSP encontra-se diante de um desafio, que seria a disposição final do lodo, pois com a saturação dos aterros e o aumento da produção, esse custo ficaria inviável.

O objetivo deste trabalho é analisar a implantação da secagem térmica do lodo de esgoto para a RMSP comparando técnica e economicamente com o cenário atual. Ao invés do simples descarte do lodo em aterros, reduzir o volume com a secagem térmica analisando as diversas alternativas de uso de combustível e até o uso desse lodo seco.

Para tal fim, neste trabalho é apresentada uma revisão sobre os tratamentos de esgotos e lodos existentes, os diversos tipos de equipamentos de secagem térmica, algumas alternativas para o destino final do lodo e um estudo de caso na ETE Guararema, onde existe um secador térmico em funcionamento. Por fim será apresentado cálculos para a implantação da secagem térmica na RMSP.

Após os estudos verificou-se que a secagem térmica é economicamente viável para ETEs de grande porte, pois apesar do grande investimento inicial para implantar os secadores térmicos esse custo é retornado ao longo dos anos com a redução do custo de transporte e disposição do lodo para os aterros sanitários. Isso dependendo do combustível utilizado.

Palavras-Chave: lodo; secagem térmica; esgoto; coleta de esgoto; tratamento de esgoto.

ABSTRACT

The population growth of Metropolitan Region of São Paulo consequently increase the volume of sewage and the volume of sludge produced in the wastewater treatment. This sludge will further increase with the universalization of wastewater treatment provided by SABESP, 90% of sewage collected and 100% treatment of sewage collected, for 2018 (scenario 1) or 2023 (scenario 2), so the RMSP is facing a challenge, it would be the final sludge disposal, because with the saturation of landfills and the increase in production, this cost would be impracticable.

The objective of this work is to study the implementation thermal drying of sewage in the region of RMSP and compare technically and economically with the current scenario. Instead of the simple disposal of sludge in landfills, reduce the volume with thermal drying analyzing the various options for fuel use and to the use of this dried sludge.

This work is presenting a review of the treatments of sewage and sludge exist, the various types of thermal drying equipment, some alternatives to the final destination of the sludge and a case study in Sewage Treatment Plant of Guararema, where a thermal dryer is in operation. Finally calculations will be presented for the implementation of thermal drying in RMSP.

After the studies it was found that thermal drying is economically viable for large wastewater treatment plants, because despite the large initial investment to install the thermal dryers that cost is returned over the years to reduce the cost of transport and disposal of sludge to landfills. This depending on the fuel used.

Key-words: sludge, thermal drying, sewage, sewage collection, sewage treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Índice de coleta de esgoto em 2008 – Municípios da RMSP em que atua a Sabesp	5
Figura 2: Índice de tratamento em 2008 – Municípios da RMSP em que atua a Sabesp	5
Figura 3: O Sistema Principal e sua área de influência	7
Figura 4: O Sistema Principal e sua área de influência de acordo com a densidade demográfica.....	8
Figura 5: Fluxograma do Tratamento de esgoto	18
Figura 6: Esquema de gradeamento com remoção mecânica.	19
Figura 7: Fluxograma do tratamento preliminar.....	20
Figura 8: Esquema de um decantador primário circular.....	20
Figura 9: Esquema de uma fossa séptica de câmara única.....	21
Figura 10: Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados	23
Figura 11: Fluxograma típico do sistema de lodos ativados convencional	24
Figura 12: Fluxograma lodo ativado por batelada.	24
Figura 13: Ciclos do processo de operação intermitente.	26
Figura 14: Tratamento de lodo.	33
Figura 15: Esquema de um sistema de secagem.	35
Figura 16: Secador rotativo.	38
Figura 17: Secador de transporte pneumático “flash dryer”	38
Figura 18: Secador pulverizador “spray dryer”.	39
Figura 19: Secador leito fluidizado.	39
Figura 20: Secador de soleiras múltiplas.	40
Figura 21: Secador transportador de esteira.....	40
Figura 22: Percurso ETE Guararema até CDR Pedreira.....	44
Figura 23: Percurso ETE Guararema até CTR Caieiras	45
Figura 24: Localização da Estação de Tratamento de Guararema.	47
Figura 25: Imagem superior da ETE de Guararema.	48
Figura 26: Gradeamento com limpeza mecanizada.	49
Figura 27: Calha Parshall para medição de vazão.....	49
Figura 28: Caixa de areia com remoção mecanizada	50

Figura 29: Reator / Decantador	50
Figura 30: Tanque de desinfecção	52
Figura 31: Efluente a ser lançado no Rio Paraíba do Sul.....	52
Figura 32: Adensador	53
Figura 33: Bombas	53
Figura 34: Centrifuga.....	54
Figura 35: Secador térmico	55
Figura 36: Cilindros de GLP	55
Figura 37: Lodo após a passagem pelo secador térmico	56
Figura 38: Lavador de gás	56
Figura 39: Vista aérea da ETE Parque Novo Mundo	74
Figura 40: Vista aérea da ETE Barueri.....	75
Figura 41: Vista aérea da ETE São Miguel	84
Figura 42: Vista aérea da ETE São Suzano.....	92
Figura 43: Vista aérea da ETE ABC	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Capacidade de tratamento instalada e extensão da rede	7
Tabela 2: População atendida por sistemas isolados	9
Tabela 3: Projeção Populacional (hab)	10
Tabela 4: Projeção Populacional Ajustada (hab).....	11
Tabela 5: Evolução das vazões no cenário 1	12
Tabela 6: Evolução das vazões no cenário 2	13
Tabela 7: Produção de lodo estimada – massa seca.....	14
Tabela 8: Produção de lodo estimada – massa úmida.....	14
Tabela 9: Estimativa de volume de lodo produzido	15
Tabela 10: Características dos secadores térmicos.....	37
Tabela 11 - Distâncias e locais de descarte do lodo	43
Tabela 12 - Custos específicos de Transporte de Lodo	43
Tabela 13: Distâncias ETE Guararema até CTR Pedreira e CDR Caieiras	44
Tabela 14: Resumo dos dados coletados ETE Guararema	57
Tabela 15: Parâmetros	58
Tabela 16: Evolução estimativa da população atendida	60
Tabela 17: Custo acumulado - opção 1	62
Tabela 18: Custo acumulado - opção 2.....	64
Tabela 19: Custo acumulado - opção 3.....	66
Tabela 20: Custo acumulado - opção 4.....	68
Tabela 21: Estimativa da produção de biogás – ETE Barueri e Parque Novo Mundo	77
Tabela 22: Cenário 1 - ETE Barueri e Parque Novo Mundo	78
Tabela 23: Cenário 2 - ETE Barueri e Parque Novo Mundo	79
Tabela 24: Cenário 3 - ETE Barueri e Parque Novo Mundo	80
Tabela 25: Cenário 4 - ETE Barueri e Parque Novo Mundo	81
Tabela 26: Verificação do biogás - ETE Barueri e Parque Novo Mundo.....	82
Tabela 27: Estimativa da produção de biogás – ETE São Miguel.....	85
Tabela 28: Cenário 1 - ETE São Miguel.....	86
Tabela 29: Cenário 2 - ETE São Miguel.....	87
Tabela 30: Cenário 3 - ETE São Miguel.....	88
Tabela 31: Cenário 4 - ETE São Miguel.....	89

Tabela 32: Verificação do biogás – ETE São Miguel	90
Tabela 33: Estimativa de produção de biogás – ETE Suzano	93
Tabela 34: Cenário 1 - ETE Suzano.....	94
Tabela 35: Cenário 2 - ETE Suzano.....	95
Tabela 36: Cenário 3 - ETE Suzano.....	96
Tabela 37: Cenário 4 - ETE Suzano.....	97
Tabela 38: Verificação do biogás - ETE Suzano	98
Tabela 39: Estimativa de produção de biogás – ETE ABC	101
Tabela 40: Cenário 1 - ETE ABC	102
Tabela 41: Cenário 2 - ETE ABC	103
Tabela 42: Cenário 3 - ETE ABC	104
Tabela 43: Cenário 4 - ETE ABC	105
Tabela 44: Verificação do biogás - ETE ABC.....	106

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Projeção Populacional	10
Gráfico 2: Projeção Populacional Ajustada	11
Gráfico 3: Produção de lodo estimada - massa seca	14
Gráfico 4: Produção de lodo estimada – massa úmida	15
Gráfico 5: Comparação dos custos acumulados - ETE Guararema.....	69
Gráfico 6: Comparação dos custos acumulados - ETE Barueri e Parque Novo Mundo	83
Gráfico 7: Comparação dos custos acumulados - ETE São Miguel	91
Gráfico 8: Comparação dos custos acumulados - ETE Suzano.....	99
Gráfico 9: Comparação dos custos acumulados - ETE ABC	107

ABREVIATURAS

ABC: ETE ABC

BAR: ETE Barueri

CDR: Centro de disposição de resíduos

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTR: Centro de tratamento de resíduos

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

GLP: Gás liquefeito de petróleo

GN: Gás natural

hab: Habitantes

Nm³: normal metro cúbico

PNM: ETE Parque Novo Mundo

PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos

RMSP: Região Metropolitana de São Paulo

SMG: ETE São Miguel

SST: Sólidos suspensos totais

SSV: Sólidos suspensos voláteis

SUZ: ETE Suzano

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Sabesp, a produção diária de lodo da RMSP é de 789 t/dia e um volume de 752 m³/dia. Esse volume irá aumentar enormemente com a universalização, chegando em 2030 a 2622 t/dia e 2395 m³/dia de volume, isso equivale a mais de 130 caminhões pipas diários. Os dois aterros usados pela Sabesp na RMSP estão quase saturados, com sua vida útil estimada até 2022, o CTR (Centro de Tratamento de Resíduos) e CDR (Centro de Disposição de resíduos). Não bastando a saturação dos aterros atuais os novos centros de tratamento e disposição de resíduos estão sendo criados cada vez mais distantes do centro gerador de resíduos, aumentando assim os custos de transporte desse lodo.

Diante das tendências de cunho ambiental e social que vem tomando novas diretrizes e leis, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos, as quais restringem e definem mais especificamente como e em quais condições os resíduos devem ser dispostos, e com a universalização da coleta e tratamento de esgotos temos um cenário em que há a necessidade de diferentes soluções para a disposição dos resíduos gerados pelas ETEs.

Considerando ainda a massa total de lodo gerada nas ETEs da RMSP percebe-se a magnitude da problemática que diversas cidades irão enfrentar com o gerenciamento do lodo gerado.

Com isso, este trabalho buscou avaliar técnica e economicamente a implantação de secadores térmicos para a fase de gerenciamento do lodo, estudando primeiramente o caso da ETE Guararema que já possui um secador térmico em operação e a implantação de secadores térmicos nas grandes ETEs da RMSP (ETE ABC, ETE Suzano, ETE São Miguel, ETE Parque Novo Mundo e ETE Barueri).

Além disso, buscou-se analisar a utilização do pellet, gerado pela secagem do lodo no próprio sistema de secagem, como fonte de energia para os secadores térmicos, bem como a utilização de biogás dos digestores anaeróbicos e o gás natural (GN) como combustíveis para a secagem térmica.

Por fim, através de comparação de diferentes cenários de gerenciamento de lodo, foi analisada técnica e economicamente a implantação da secagem térmica em cada uma das grandes ETEs da RMSP, assim, através de gráficos, comparando-se os custos de transporte com os custos de implantação e de consumo de gás.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Estabelecer uma comparação entre o uso de secadores térmicos em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e o modo tradicional de descarte desse lodo em aterros sanitários na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

2.2 Específico

- Comparar os custos de implantação e transporte do lodo seco (pellet) ou as suas cinzas com o custo de transporte do lodo bruto de cada uma das ETEs para seus respectivos CTR ou CDR, estabelecendo diferentes panoramas quanto à utilização de biogás, GLP, gás natural (GN) ou pellet como combustíveis para a secagem térmica do lodo;
- Efetuar um estudo de caso da ETE Guararema onde é operado um secador térmico, com uma avaliação técnica e econômica da utilização desse secador;
- Verificar a viabilidade técnica e econômica da implantação de secadores térmicos para cada uma das grandes ETEs da RMSP.

3 JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA

Tem-se na RMSP um grave problema de onde se dispor o lodo produzido nas Estações de Tratamento de Água e principalmente nas de Esgoto, onde o volume de lodo gerado é maior. Atualmente, esse lodo é disposto em aterros sanitários, sendo

que estes estão cada vez mais próximos de suas capacidades máximas e mais distantes dos locais de produção de resíduos.

Os aterros usados atualmente são o Centro de Tratamento de Resíduos (CTR) Caieiras e o Centro de Disposição de Resíduos (CDR) Pedreira, entretanto, estes aterros tem uma vida útil estimada em 15 a 20 anos e possivelmente estarão esgotados em 2022.

Essa grande quantidade de lodo produzido crescerá ainda mais com a universalização do tratamento de esgoto prevista pela Sabesp para 2018 (cenário 1) ou 2023 (cenário 2). Todo esse lodo é destinado a aterros sanitários que além de terem um custo muito alto não são sustentáveis do ponto de vista ambiental. A tendência é o custo de aporte de resíduos em aterros aumentar, considerando a saturação dos aterros utilizados e a distâncias cada vez maiores da região geradora de resíduos, sendo que esses aterros já recebem a maior parte da carga de resíduos sólidos da RMSP que cresce constantemente.

Este trabalho visa à diminuição e até a extinção do despejo de lodo em aterros sanitários minimizando esse grande impacto de geração de resíduos através da secagem térmica.

Para a elaboração desse trabalho foram pesquisados os tipos de tratamento de esgotos e tratamento de lodos, abordando de forma abrangente o funcionamento de cada etapa do processo de tratamento de esgotos, tangendo o tratamento de lodos ativados convencional e tratamento de lodos ativados por batelada.

Como um estudo de caso, foi analisada a ETE de Guararema onde está em funcionamento um secador térmico. Avaliando a viabilidade técnica e econômica da instalação e operação desse secador, assim como o produto final da secagem, o pellet.

Posteriormente, foi estudada a implantação da secagem térmica para as grandes ETEs da RMSP. Esse estudo, com maior ênfase em sua viabilidade econômica, analisa diferentes tipos de combustível que podem ser utilizados como fonte de

energia. Devido à grande diferença de porte da ETE Guararema em relação às 5 grandes ETEs da RMSP, esse estudo de caso serviu como aprofundamento dos conhecimentos de secagem térmica e não como parâmetros para a sua implantação em larga escala.

4 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES TÉCNICAS

4.1 Plano diretor para a RMSP

Neste capítulo apresenta-se um resumo do Plano Diretor de Esgoto da RMSP.

4.1.1 O Sistema de Esgotamento Sanitário da RMSP

A RMSP é formada por 38 municípios além da capital paulista, ocupa uma área de 7944 km² e tem uma população estimada em cerca de 20 milhões de habitantes.

Segundo a Sabesp, em 2008, nas áreas em que a empresa atua na RMSP, 84% dos esgotos foram coletados e destes, 69%, tratados.

A Figura 1 e a Figura 2 ilustram este cenário.

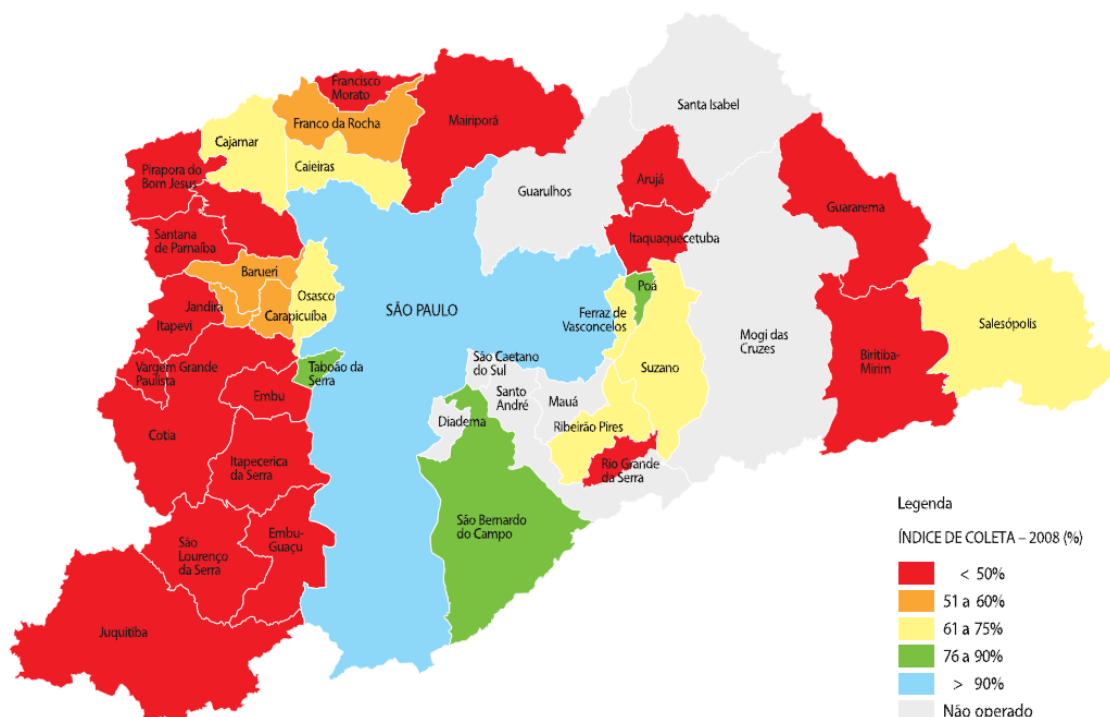


Figura 1: Índice de coleta de esgoto em 2008 – Municípios da RMSP em que atua a Sabesp

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

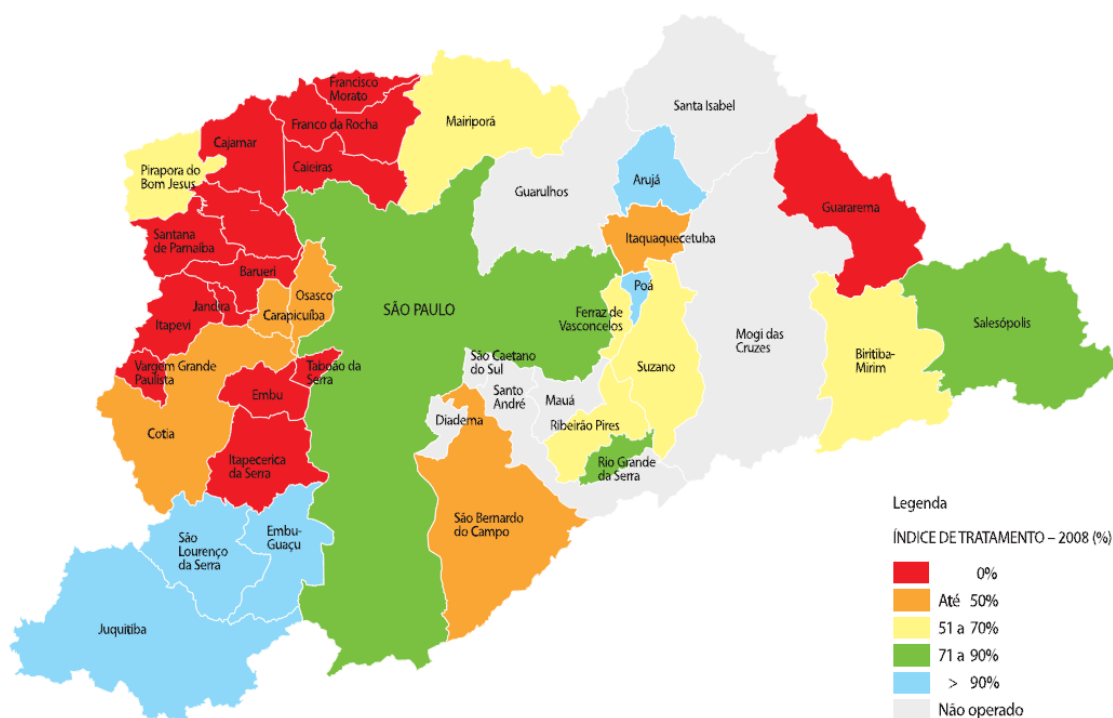


Figura 2: Índice de tratamento em 2008 – Municípios da RMSP em que atua a Sabesp

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

4.1.2 O sistema atual

Atualmente o sistema de esgotamento sanitário da RMSP está configurado com um Sistema Principal na região central e diversos Sistemas Isolados nas regiões mais periféricas.

4.1.2.1 O Sistema Principal

O sistema principal é formado por cinco grandes ETEs. Cada uma delas, com sua área de influência, proporciona significativa economia de escala nas intervenções que envolvem coletores tronco, interceptores, estações elevatórias, linhas de recalque, além das ETEs e dos respectivos sistemas de redes coletoras e ligações domiciliares de esgoto.

A Figura 3 mostra a localização das cinco grandes ETEs que são ABC (ABC), Barueri (BAR), Parque Novo Mundo (PMN), São Miguel (SMG) e Suzano (SUZ), e suas áreas de influência, enquanto a Tabela 1 apresenta um resumo da estrutura do Sistema Principal.

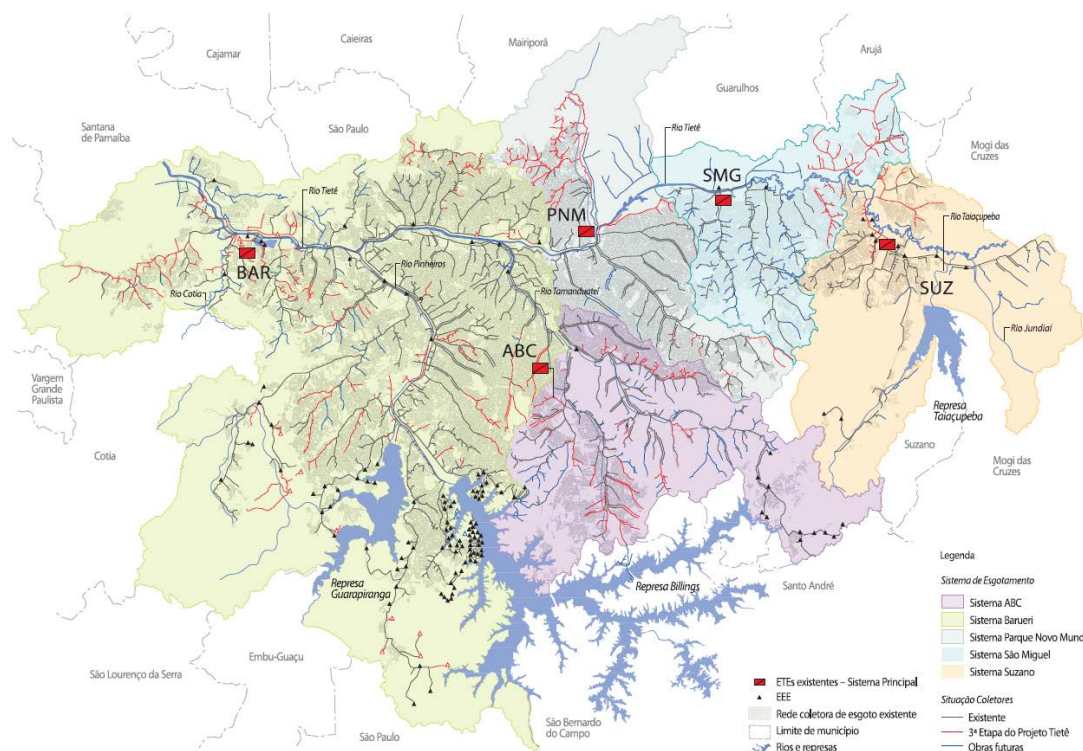


Figura 3: O Sistema Principal e sua área de influência

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

Tabela 1: Capacidade de tratamento instalada e extensão da rede

Sistema	Capacidade instalada (l/s)	Extensão do Sistema Linear (km)		
		Interceptor	Coletor Tronco	Rede Coletora
ABC	3.000	36	180	4.220
Barueri	9.500	93	363	9.813
Parque Novo Mundo	2.500	10	146	3.800
São Miguel	1.500	12	56	2.470
Suzano	1.500	15	47	1.325
Total	18.000	166	792	21.628

Fonte: Adaptado de SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

A área de abrangência do Sistema Principal coincide, aproximadamente, com as regiões com maiores densidades demográficas da RMSP.

A Figura 4 ilustra esta conformação da ocupação da RMSP.

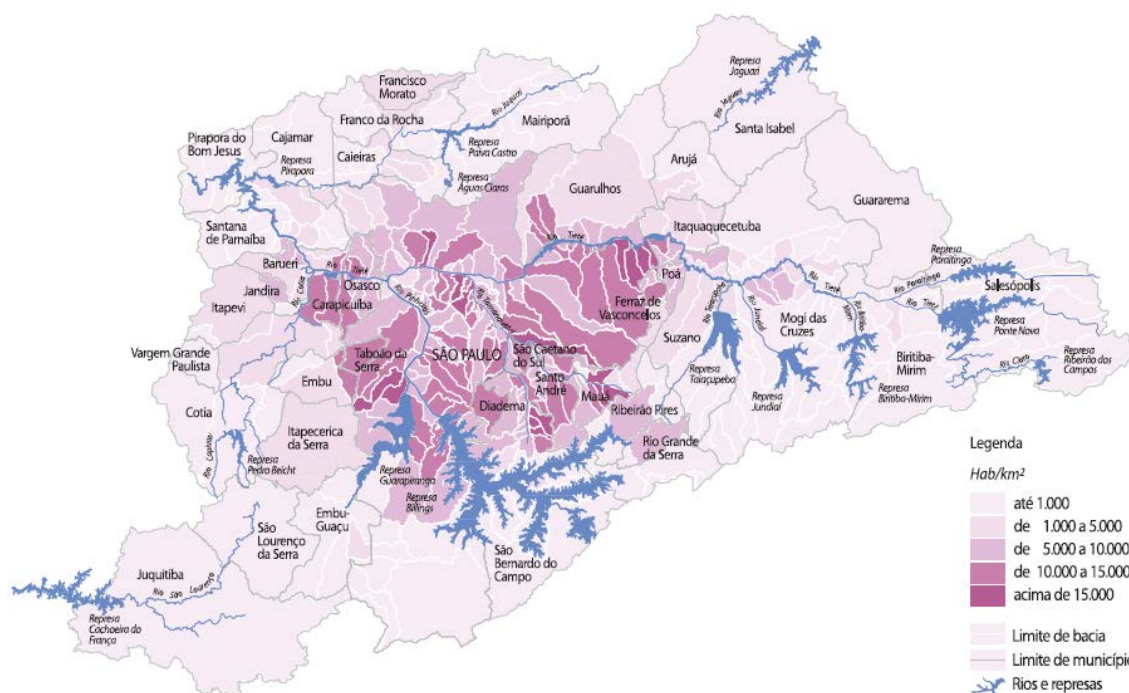


Figura 4: O Sistema Principal e sua área de influência de acordo com a densidade demográfica

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

O Sistema Principal de Esgotos foi conformado ao longo do tempo até atingir a atual extensão, entretanto, está em constante processo de ampliação. Além dos coletores previstos, há recomendações de algumas reversões dos Sistemas Isolados para integrarem-se ao Sistema Principal.

4.1.2.2 Sistemas isolados

Os Sistemas Isolados são constituídos por localidades periféricas em que estudos de viabilidade indicaram a implantação de sistema completo de coleta, afastamento e tratamento sem integração com o Sistema Principal.

Dos municípios pertencentes à RMSP, quase 70% deles, ou seja, 27, incluindo a Capital, contam com bacias que consistem em Sistemas Isolados integral ou parcialmente.

A Tabela 2 apresenta, por município, as populações atendidas por Sistemas Isolados.

Tabela 2: População atendida por sistemas isolados

Município	População (hab)
Arujá ¹	65.775
Biritiba Mirim	27.759
Caieiras	84.135
Cajamar	62.298
Cotia ¹	157.529
Embu-Guaçu	59.621
Francisco Morato	148.851
Franco da Rocha	123.791
Guararema	25.331
Guarulhos ^{1,2}	608.201
Itaquaquecetuba ¹	22.152
Juquitiba	28.013
Mairiporã	73.575
Mauá ^{1,2}	29.414
Mogi das Cruzes ^{1,2}	163.467
Pirapora do Bom Jesus	16.265
Ribeirão Pires ⁴	7.998
Rio Grande da Serra ⁴	4.324
Salesópolis	17.353
Santa Isabel ³	45.325
Santana de Parnaíba ¹	62.741
Santo André ^{1,2}	36.378
São Bernardo do Campo	108.993
São Lourenço da Serra	16.680
São Paulo ¹	341.586
Suzano	4.599
Vargem Grande Paulista	41.356
Total	2.383.510

⁽¹⁾ Municípios com participação parcial no Sistema Principal

⁽²⁾ Municípios permissionários

⁽³⁾ Municípios não operados pela Sabesp

⁽⁴⁾ Municípios com sistemas a serem desativados com reversão para o Sistema Principal

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

4.1.3 Projeções populacionais

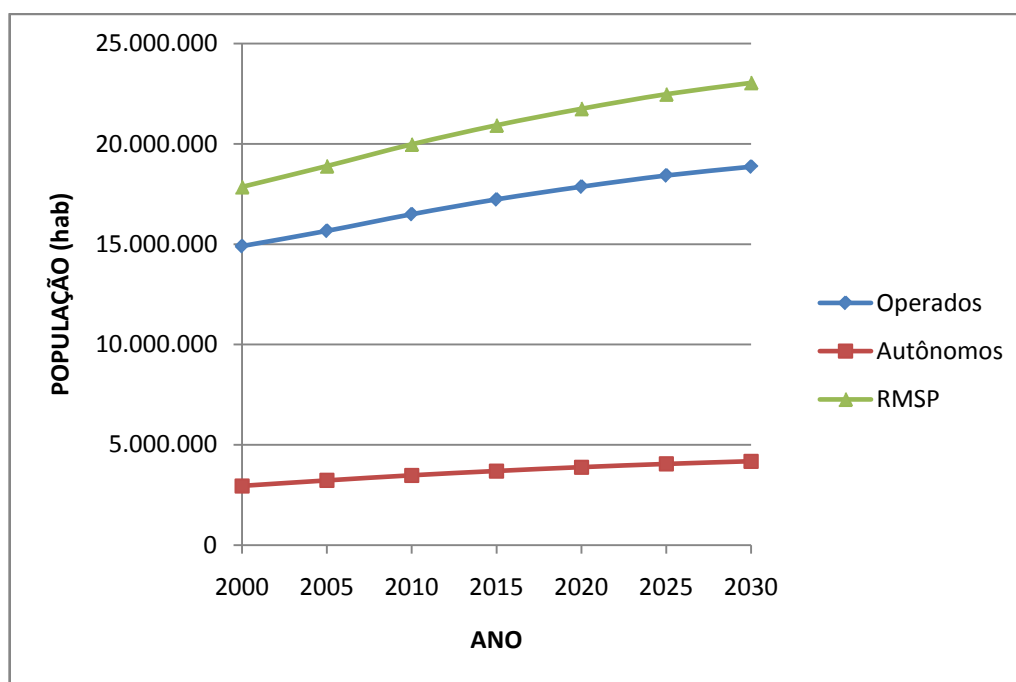
O Plano Diretor de esgotos elaborado em 2008 adotou como base a população projetada, em 2004, pela Fundação SEADE, para o período de 2005 a 2025 e prolongou esta projeção até o ano de 2030 através da curva logística e resultou no cenário ilustrado na Tabela 3 e no Gráfico 1. Onde os Municípios da RMSP foram divididos em Operados, que são operados pela Sabesp, e em Autônomos, que não são operados pela Sabesp.

Tabela 3: Projeção Populacional (hab)

Municípios	Ano						
	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Operados	14.901.241	15.663.324	16.495.851	17.232.102	17.866.424	18.423.115	18.864.407
Autônomos	2.951.396	3.226.036	3.479.477	3.695.301	3.883.443	4.048.591	4.180.910
Total RMSP	17.852.637	18.889.360	19.975.328	20.927.403	21.749.867	22.471.706	23.045.317

FONTE: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

Gráfico 1: Projeção Populacional



Entretanto, foi observada uma importante diferença de distribuição do crescimento populacional intrarregional da RMSP.

Então, considerando-se a distribuição população da RMSP por municípios e distritos, obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 4 e no Gráfico 2.

Tabela 4: Projeção Populacional Ajustada (hab)

Municípios	Ano				
	2010	2015	2020	2025	2030
Sistema Principal ⁽¹⁾	17.661.685	18.360.428	18.978.744	19.523.975	19.958.125
Sistemas Isolados ⁽²⁾	2.289.522	2.486.350	2.658.478	2.809.879	2.930.637
Municípios permissionários ⁽³⁾	3.398.713	3.611.503	3.796.021	3.959.837	4.090.295
Total	19.951.207	20.846.778	21.637.222	22.333.854	22.888.762

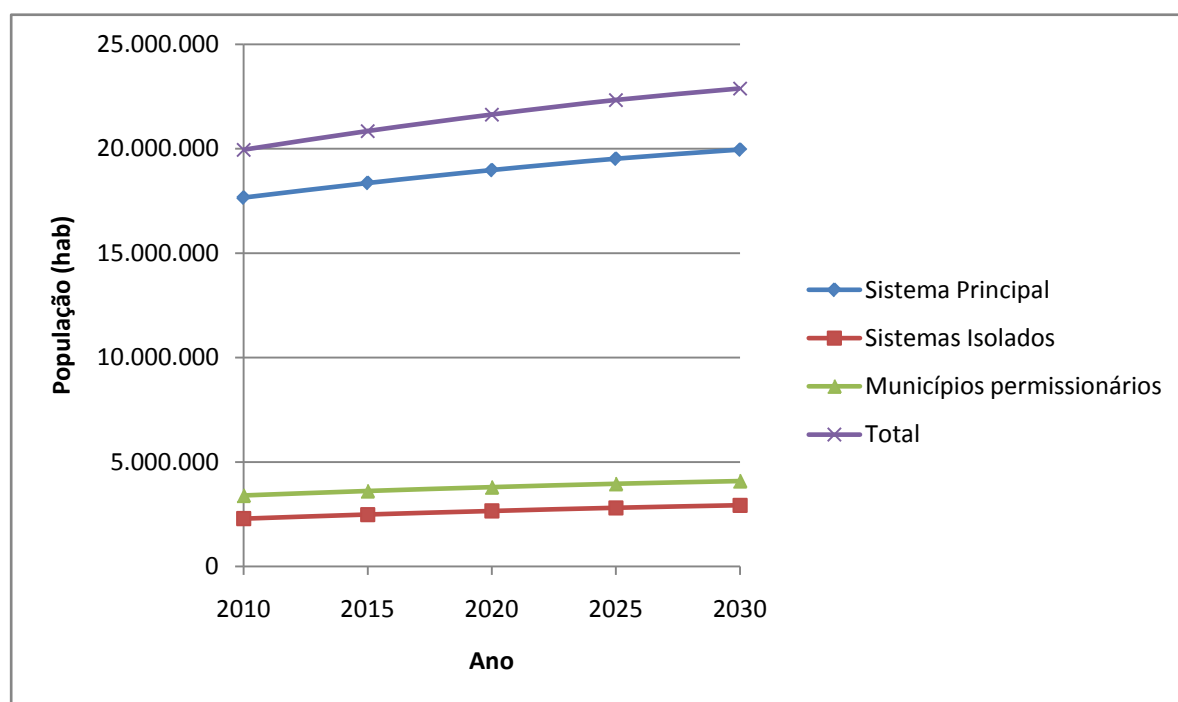
(1) inclui municípios permissionários

(2) inclui municípios permissionários e não operados pela Sabesp

(3) Municípios não operados pela Sabesp, mas que conduzem, prioritariamente, seus esgotos para tratamento nas ETEs do Sistema Principal de Esgoto

Fonte: Adaptado SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010).

Gráfico 2: Projeção Populacional Ajustada



4.1.4 Projeções de vazões

Conceito de universalização definido pela Sabesp adota os seguintes parâmetros:

- atender com coleta, no mínimo, 90% dos domicílios de cada município;
- tratar 100% das vazões coletadas.

Dois cenários de universalização foram estudados, um deles atingindo a meta em 2018 (Tabela 5), e outro em 2023 (Tabela 6). Vale salientar que, independentemente do cenário que se concretize, é importante continuar o investimento no sistema para ampliar a capacidade dele acompanhando o crescimento vegetativo que se dará entre o momento da universalização e o final do horizonte de planejamento, no ano de 2030.

Para os dois possíveis cenários de universalização considerados foram projetadas as evoluções da vazão de esgoto tratado.

Para o cálculo dessas estimativas de vazão de esgoto foram considerados diversos fatores, tais como consumo de água das economias de esgoto, perdas aparentes referentes à submedições de esgoto e potencial de vazão de esgoto de grandes indústrias que poderá ser tratado pelo sistema de esgoto.

Tabela 5: Evolução das vazões no cenário 1

Sistema	Vazões de esgoto ⁽¹⁾ (L/s)									
	2010		2015		2018		2023		2030	
	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾
ABC ⁽⁴⁾	5.931	1.797	6.702	4.508	7.726	6.956	7.972	7.538	8.254	8.254
Barueri	17.534	10.174	19.331	14.148	22.916	22.916	23.552	23.552	24.330	24.330
Pq. Novo Mundo ⁽⁴⁾	5.268	2.279	6.057	4.558	6.394	6.394	6.670	6.670	6.965	6.965
São Miguel ⁽⁴⁾	3.334	870	4.060	1.933	4.561	4.561	4.800	4.800	5.034	5.034
Suzano ⁽⁴⁾	1.396	818	1.690	1.210	2.246	2.246	2.362	2.362	2.500	2.500
Isolados Operados	1.509	284	2.426	1.443	3.338	3.338	3.612	3.612	3.848	3.848
Total	34.972	16.222	40.266	27.800	47.181	46.411	48.968	48.534	50.931	50.931
Permissionários ⁽⁵⁾	4.243	1.195	5.197	3.397	5.693	4.923	6.081	5.649	6.517	6.517
Isolados Não Operados ⁽⁶⁾	1.182	ND	1.760	ND	1.924	1.871	2.147	2.124	2.375	2.375

⁽¹⁾vazões coletadas e tratadas incluem vazões das grandes indústrias;

⁽²⁾inclui as parcelas de esgoto das perdas aparentes e de infiltração ao longo das redes coletoras;

⁽³⁾inclui parcela de infiltração;

⁽⁴⁾inclui os municípios permissionários;

⁽⁵⁾Municípios não operados pela Sabesp, mas que conduzem seus esgotos para tratamento nas ETEs do Sistema Principal de Esgotos;

⁽⁶⁾inclui os sistemas isolados dos municípios permissionários e o município de Santa Isabel - não operado.

FONTE: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

Tabela 6: Evolução das vazões no cenário 2

Sistema	Vazões de esgoto ⁽¹⁾ (L/s)									
	2010		2015		2018		2023		2030	
	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾	coletada ⁽²⁾	tratada ⁽³⁾
ABC ⁽⁴⁾	5.931	1.797	6.702	4.508	7.474	5.726	7.972	7.538	8.254	8.254
Barueri	17.534	10.174	19.331	14.148	21.649	18.165	23.552	23.552	24.330	24.330
Pq. Novo Mundo ⁽⁴⁾	5.268	2.279	6.057	4.558	6.367	5.188	6.670	6.670	6.965	6.965
São Miguel ⁽⁴⁾	3.334	870	4.060	1.933	4.471	3.513	4.800	4.800	5.034	5.034
Suzano ⁽⁴⁾	1.396	818	1.690	1.210	2.105	1.836	2.362	2.362	2.500	2.500
Isolados Operados	1.509	284	2.426	1.443	2.797	2.218	3.612	3.612	3.848	3.848
Total	34.972	16.222	40.266	27.800	44.863	36.646	48.968	48.534	50.931	50.931
Permissionários ⁽⁵⁾	4.243	1.195	5.197	3.397	5.517	4.127	6.081	5.649	6.517	6.517
Isolados Não Operados ⁽⁶⁾	1.182	ND	1.760	ND	1.888	1.376	2.147	2.124	2.375	2.375

⁽¹⁾vazões coletadas e tratadas incluem vazões das grandes indústrias;

⁽²⁾inclui as parcelas de esgoto das perdas aparentes e de infiltração ao longo das redes coletoras;

⁽³⁾inclui parcela de infiltração;

⁽⁴⁾inclui os municípios permissionários;

⁽⁵⁾Municípios não operados pela Sabesp, mas que conduzem seus esgotos para tratamento nas ETEs do Sistema Principal de Esgotos;

⁽⁶⁾inclui os sistemas isolados dos municípios permissionários e o município de Santa Isabel - não operado.

FONTE: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

4.1.5 O Lodo das ETEs

Para a estimativa na evolução da produção de lodo, adotaram-se os seguintes parâmetros: teor de sólidos de 30%, exceto para a ETE Barueri, para a qual foi adotado 26%, vazões médias de esgoto previstas até 2030, concentração de 300mgSST/L no esgoto bruto, 50% de remoção de SST nos decantadores primários, 0,75kgSST/kgDBO para a produção de lodo no processo de lodo ativado, recuperação de 90% de sólidos nos adensadores, consumo de 50% de SSV na digestão anaeróbia e recuperação de 95% de sólidos na desidratação.

Tem-se na Tabela 7 uma estimativa de produção de lodo ao longo dos anos de massa seca, após a desidratação, assim como o correspondente gráfico, Gráfico 3, para melhor visualização. Assim como na Tabela 8 e no Gráfico 4, tem-se a produção de massa úmida, lodo após passagem na prensa hidráulica ou centrífuga.

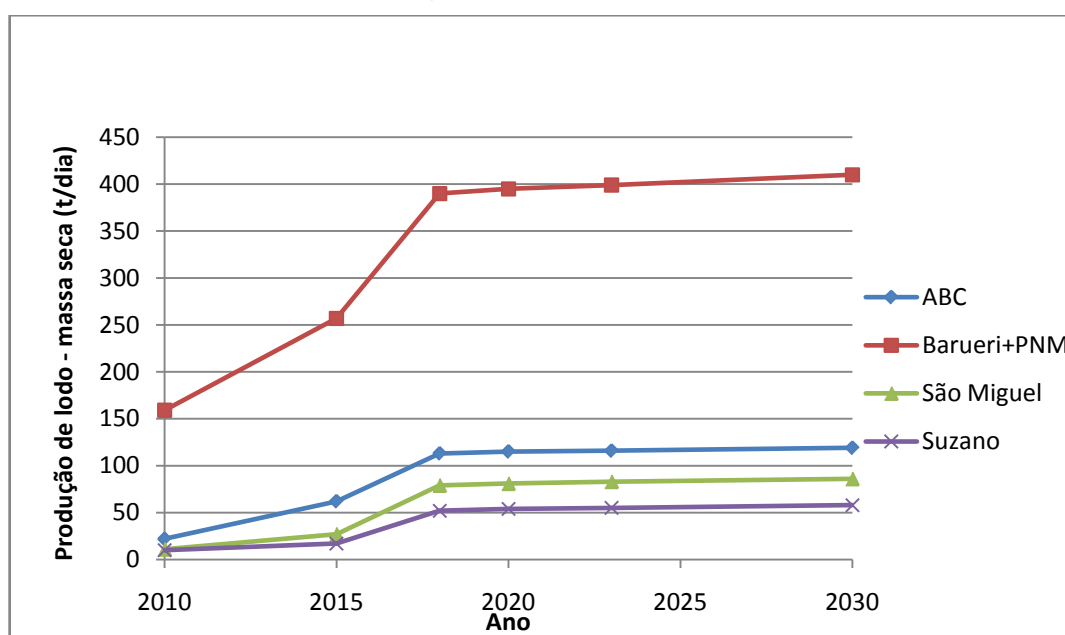
Na Tabela 9 tem-se a produção de lodo em volume e não em massa.

Na Estação Parque Novo Mundo não é prevista a fase de tratamento de lodo, sendo que o lodo gerado é enviado para a ETE Barueri para ser tratado.

Tabela 7: Produção de lodo estimada – massa seca

ETE	Produção de lodo - massa seca (t/dia)					
	2010	2015	2018	2020	2023	2030
ABC	22	62	113	115	116	119
Barueri + Parque Novo Mundo	159	257	390	395	399	410
São Miguel	11	27	79	81	83	86
Suzano	10	17	52	54	55	58
Total	202	363	634	645	653	673

FONTE: adaptado de SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010).

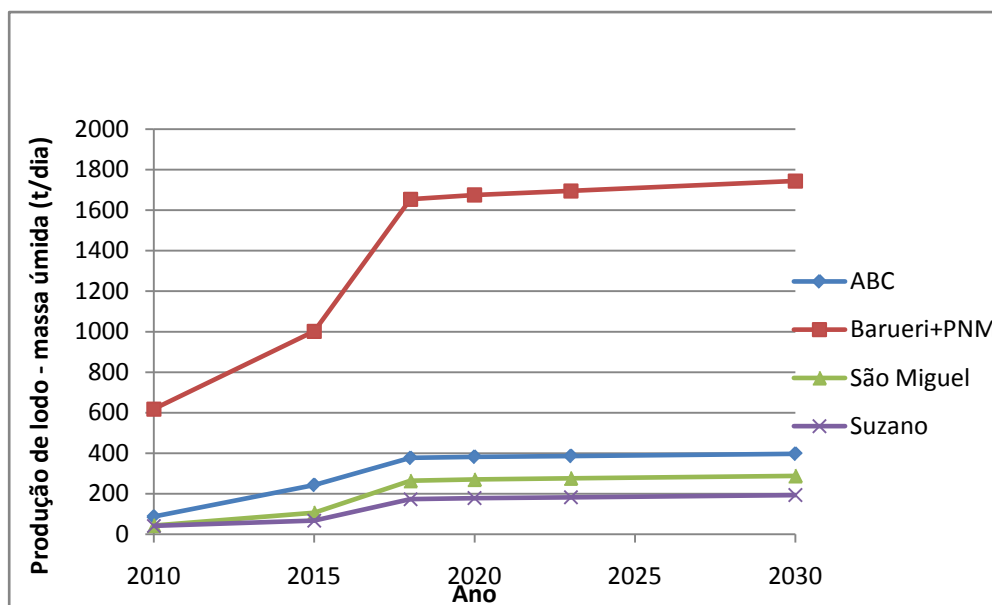
Gráfico 3: Produção de lodo estimada - massa seca

Fonte: Adaptado de SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010).

Tabela 8: Produção de lodo estimada – massa úmida

ETE	Produção de lodo massa úmida (t/dia)					
	2010	2015	2018	2020	2023	2030
ABC	87	243	377	382	386	397
Barueri + Pq. Novo Mundo	618	1002	1654	1675	1695	1744
São Miguel	43	106	264	270	276	288
Suzano	41	67	173	178	182	193
Total	789	1418	2468	2505	2539	2622

FONTE: adaptado de SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

Gráfico 4: Produção de lodo estimada – massa úmida

FONTE: adaptado de SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010).

Tabela 9: Estimativa de volume de lodo produzido

ETE	Volume de lodo produzido (m³/dia)					
	2010	2015	2018	2020	2023	2030
ABC	68	189	342	347	351	361
Barueri + Parque Novo Mundo	618	999	1513	1532	1551	1596
São Miguel	34	83	240	246	251	262
Suzano	32	52	157	162	166	176
Total	752	1323	2252	2287	2319	2395

Fonte: Adaptado de SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010).

4.2 Política nacional de resíduos sólidos

Neste capítulo é apresentada a lei que direciona as políticas referentes aos resíduos sólidos no Brasil.

A lei nº 13.205, publicada no dia 2 de agosto de 2010, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Política esta que dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Lei esta que define:

“- rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

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

Pelo Art. 20 da Seção V, estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos e são responsáveis por ele os geradores de resíduos sólidos que são classificados quanto à sua origem. Entre eles resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades(segundo Art. 13 do Capítulo I alínea “e”). Portanto cabe ao poder público, ou à empresa concessionada, o gerenciamento dos resíduos gerados pelas atividades de saneamento básico.

No Capítulo VI a PNRS proibi algumas práticas como o lançamento de resíduos sólidos ou rejeitos em praias, no mar ou quaisquer corpos hídricos, como seu lançamento a céu aberto (Art. 47). Mas não restringe a disposição de resíduos em aterros: “normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos” (Capítulo II, seção I). Pois: “§ 2o Assegurada a devida impermeabilização, as bacias de decantação de resíduos ou rejeitos industriais ou de mineração, devidamente licenciadas pelo órgão competente do Sisnama, não são consideradas corpos hídricos para efeitos do disposto no inciso I do caput”.

Por outro lado, tem-se como disposições da lei:

“Art. 9o Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.”

“§ 1o Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.(Título II, Capítulo I).”

Logo os responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos sólidos devem tratar os resíduos e procurar fazer o aproveitamento energético destes, só dispondo em aterros o seu rejeito. Mas não estão impedidos de lançar os resíduos em aterros sanitários.

Além disso, a Lei determina penalidades:

“Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observado o disposto no § 1o do art. 9o, deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei.”

Isso conforme:

“Art. 51. Sem prejuízo da obrigação de, independentemente da existência de culpa, reparar os danos causados, a ação ou omissão das pessoas físicas ou jurídicas que importe inobservância aos preceitos desta Lei ou de seu regulamento sujeita os infratores às sanções previstas em lei, em especial às fixadas na Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”, e em seu regulamento.”

Portanto tem-se uma preocupação em implantar ao longo dos anos alternativas de aproveitamento da energia do lodo gerado pelas estações de tratamento de forma sustentável, dispondo assim somente o seu rejeito em aterros sanitários.

4.3 Tratamento de esgoto

O processo de tratamento de esgoto tem como objetivo a separação dos materiais sólidos e a redução da carga de matéria orgânica presente no efluente, através de processos físicos, químicos e biológicos. Esse tratamento pode ser dividido em duas fases: uma fase líquida, na qual a matéria orgânica e os minerais suspensos e

dissolvidos no meio líquido vão sendo removidos, e uma fase sólida, que consiste em estabilizar e concentrar progressivamente os materiais provenientes da fase líquida do tratamento.

A fase líquida do tratamento é usualmente separada em quatro etapas: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário. A Figura 5 apresenta o fluxograma do processo de tratamento de esgoto e suas fases.

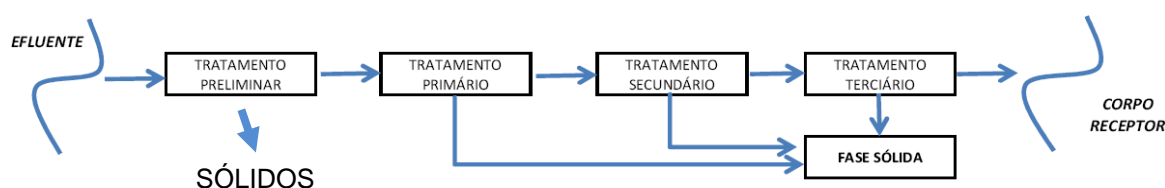


Figura 5: Fluxograma do Tratamento de esgoto

4.3.1 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar de esgoto trata-se da remoção de sólidos grosseiros e areia do efluente, assim protegendo as unidades de tratamento que ficam posteriores a essa fase.

A remoção dos sólidos grosseiros tem como objetivo proteger as bombas e tubulações de transporte do efluente, já a remoção de areia previne o sistema contra a agressão das partículas, ocorrendo abrasão nas tubulações e equipamentos, e também contra a interferência negativa nos processos biológicos. Além do acúmulo de material nos tanques e unidades do sistema.

A primeira unidade de operação de uma estação de tratamento é o gradeamento, onde são removidos os sólidos grosseiros do efluente, aqueles materiais que tem as dimensões superiores ao espaçamento entre as barras, segundo METCALF & EDDY (1972) as barras do gradeamento ficam na vertical ou com uma inclinação que varia de 30° a 80° com a horizontal. A Figura 6 apresenta o esquema de um gradeamento com remoção mecânica.

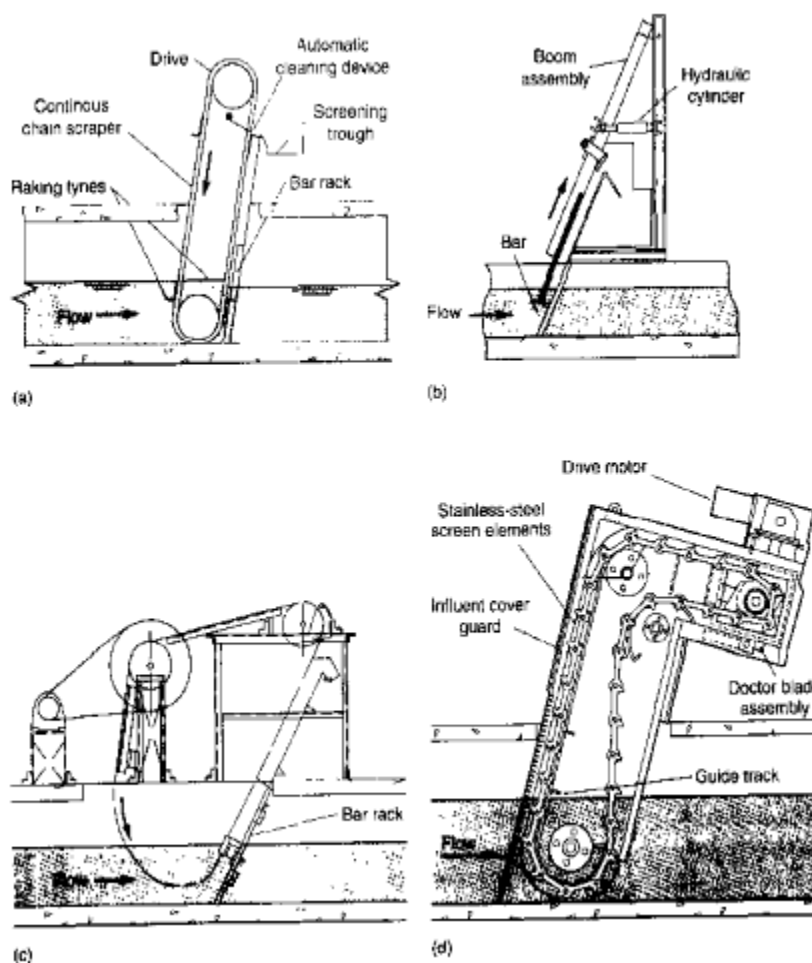


Figura 6: Esquema de gradeamento com remoção mecânica.

Fonte: METCALF & EDDY (2003)

Para a remoção da areia são utilizadas unidades denominadas desarenadores. O mecanismo de remoção é o de sedimentação, ou seja, os grãos de areia devido às suas maiores dimensões e densidade vão para o fundo do tanque, enquanto o material orgânico permanece em suspensão, pois este é de sedimentação bem mais lenta do que a areia, assim seguindo para as unidades a jusante.

Além das unidades de remoção de sólidos grosseiros nessa fase tem-se uma unidade de medição de vazão, a qual pode ser uma calha parshall, onde o valor medido do nível do líquido pode ser correlacionado com a vazão. A Figura 7 apresenta o fluxograma do tratamento preliminar.

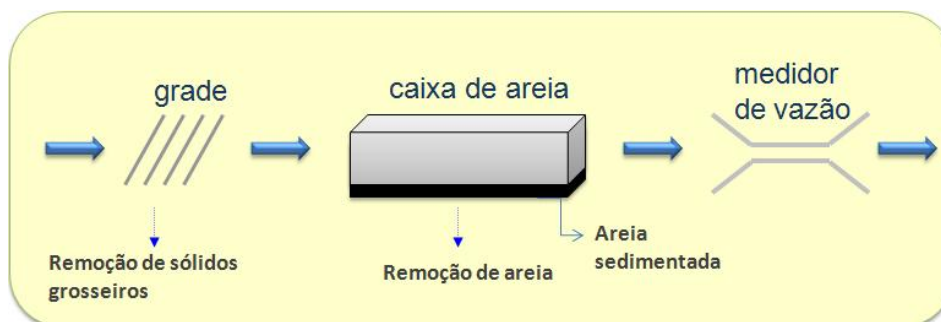


Figura 7: Fluxograma do tratamento preliminar.

4.3.2 Tratamento primário

Após passar pelas unidades de tratamento preliminar o esgoto contém ainda os sólidos em suspensão não grosseiros, logo o tratamento primário tem como objetivo a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes.

Por se tratar de matéria orgânica em suspensão, parte destes sólidos, a sua remoção por processo de sedimentação implica na redução da DBO dirigida ao tratamento secundário. São utilizados tanques de decantação, que podem ser circulares ou retangulares. Nesses decantadores o efluente flui lentamente, a uma taxa que permita que os sedimentos, que tem uma densidade maior do que a do líquido se deposite no fundo dos tanques de decantação. A massa retirada do decantador, Figura 8, é denominada lodo primário.



Figura 8: Esquema de um decantador primário circular.

Fonte: VON SPERLING (1995)

Outro tipo de tratamento primário são as fossas sépticas, Figura 9, que funcionam basicamente como decantadores, em que os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, permanecendo por um tempo longo suficiente para que ocorra a sua estabilização.



Figura 9: Esquema de uma fossa séptica de câmara única.

Fonte: VON SPERLING (1995)

4.3.3 Tratamento secundário

No tratamento secundário o principal objetivo é a remoção dos sólidos e matérias orgânicas não sedimentáveis. A matéria orgânica dissolvida, ou DBO solúvel, e a matéria orgânica em suspensão, que são os sólidos não sedimentáveis que persistem no efluente após a fase primária, são removidos através da aceleração do mecanismo de degradação que ocorre naturalmente em corpos receptores, chamada de autodepuração.

Enquanto na fase preliminar e primária predominam mecanismos de ordem física para a remoção de sólidos, no tratamento secundário é efetuada uma reação química por microrganismos para que sejam removidas matérias orgânicas dissolvidas, essa etapa é chamada de etapa biológica.

Nessa fase além da remoção da matéria orgânica, ocorre a remoção de nitrogênio. Essa remoção se dá em duas fases: a nitrificação, fase aeróbia, onde ocorre a

oxidação do nitrogênio na forma amoniacal produzindo nitratos; e a desnitrificação, fase anaeróbia, onde o nitrato é transformado em gás nitrogênio com a liberação de oxigênio.

Existe uma grande variedade de métodos de tratamento secundário, são eles:

- Lagoas de estabilização
- Lodos ativados
- Filtro biológico
- Tratamento anaeróbio
- Disposição sobre o solo

No trabalho será estudado o método de tratamento por lodos ativados com fluxo intermitente (batelada), o qual é utilizado na ETE Guararema.

4.3.4 Tratamento terciário

O tratamento terciário tem como objetivo a remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis, tais como metais pesados e organismos patogênicos, ou a eliminação adicional de nutrientes não removidos na fase secundária. Esse tratamento é realizado para garantir a qualidade do efluente a ser lançado nos corpos d'água conforme a legislação vigente em cada região. O tratamento pode ser físico, físico-químico ou biológico.

Nessa etapa que ocorre a remoção de organismos patogênicos pelo processo de desinfecção.

4.3.5 Lodo ativado convencional

O tratamento de esgoto por lodos ativados tem como princípio básico que os sólidos sejam recirculados do fundo do decantador secundário para a unidade de aeração, por meio de bombeamento, assim fazendo com que aumente a concentração de biomassa em suspensão no líquido dentro do reator. Com isso tem-se que as

unidades essenciais no sistema de lodos ativados são: tanque de aeração, tanque de decantação e a elevatória de recirculação, como mostrado na Figura 10.

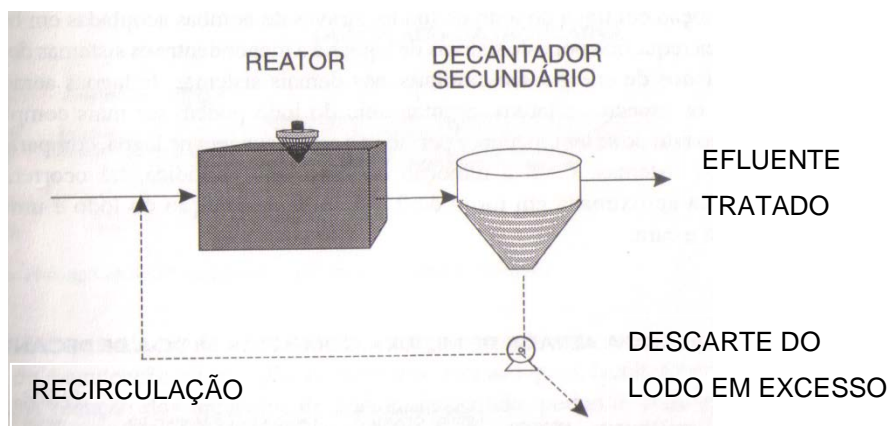


Figura 10: Esquema das unidades da etapa biológica do sistema de lodos ativados

Fonte: VON SPERLING (1995)

No tratamento por lodos ativados o esgoto é biologicamente estabilizado em uma unidade através de condições aeróbias, o efluente é normalmente aerado pelo sistema de aeração mecânica ou difusa. Nessa unidade devido à entrada contínua de alimento na forma de DBO dos esgotos, as bactérias crescem e se reproduzem continuamente.

Após o tratamento na unidade de aeração, o efluente é encaminhado para uma unidade de decantação secundária onde se tem a separação da massa e do líquido, por conta da sedimentação dos flocos que se formaram. Parte desse lodo decantado retorna ao tanque de aeração como forma de reativação da população de bactérias na unidade de aeração, enquanto a outra parte vai para a fase sólida do tratamento. A Figura 11 apresenta um fluxograma do tratamento por lodos ativados contínuo.

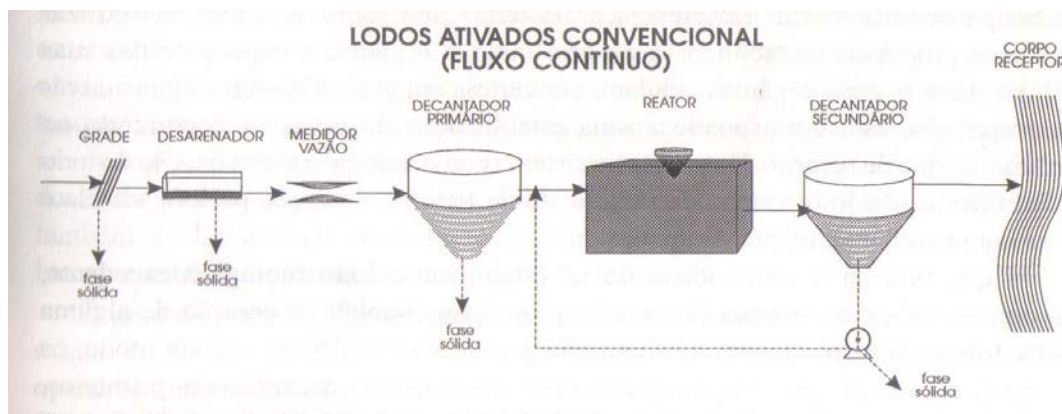


Figura 11: Fluxograma típico do sistema de lodos ativados convencional

Fonte: VON SPERLING (1995)

4.3.6 Lodos ativados por batelada

O processo de lodos ativados com operação intermitente ou por batelada consiste na realização, em um único tanque, de todas as etapas de processos e das operações unitárias do tratamento convencional por lodos ativados: decantação primária, oxidação biológica e decantação secundária. Esse processo ainda pode ser realizado com aeração prolongada, o que faz com que o tanque também passe a funcionar como unidade de digestão do lodo. Na Figura 12 apresenta-se um fluxograma de um tratamento de lodos ativados por batelada.

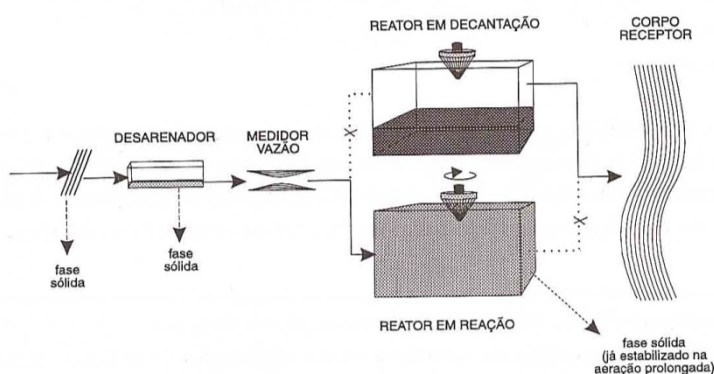


Figura 12: Fluxograma lodo ativado por batelada.

Fonte: VON SPERLING (1995)

Ao utilizar um tanque único com múltiplas funções, as etapas do processo e as operações unitárias passam a ser realizadas em ordem sequencial cronológica, e

não em unidades próprias e separadas como ocorrem nos processos convencionais de fluxo contínuo. Porém existe a necessidade de reatores trabalhando em paralelo, ou de tanques de equalização para receber o esgoto não tratado.

Trata-se de uma variação de lodos ativados com reatores de fluxo intermitente que necessita de pelo menos dois tanques quando a alimentação do esgoto bruto é feita de forma contínua durante 24 horas. O tratamento por batelada pode ser projetado e dimensionado para remover apenas matéria carbonácea (DBO), ou para funcionar na modalidade de aeração prolongada, abrangendo as seguintes funções: nitrificação com, ou sem, estabilização do lodo e estendendo-se, quando necessário, desnitrificação e a remoção biológica de fósforo.

O processo se desenvolve em reatores, pelo menos dois operados em paralelo, de mistura completa, com ar difuso ou aeradores mecânicos superficiais, onde ocorrem sequencialmente todas as etapas de tratamento por lodos ativados. Isso é conseguido através do estabelecimento de ciclos de operação com durações definidas. A massa biológica permanece no reator durante todos os ciclos, eliminando dessa forma a necessidade de decantadores separados e de elevatórias de recirculação de lodo.

Cada ciclo de operação é constituído das seguintes fases sequenciais:

1. Enchimento (entrada de esgoto bruto ou decantado no reator);
2. Reação (aeração/mistura da massa líquida contida no reator);
3. Sedimentação (separação dos sólidos em suspensão do esgoto tratado);
4. Esvaziamento (retirada do esgoto tratado do reator);
5. Repouso ou espera (ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente);

A Figura 13 apresenta esquematicamente as etapas do processo.

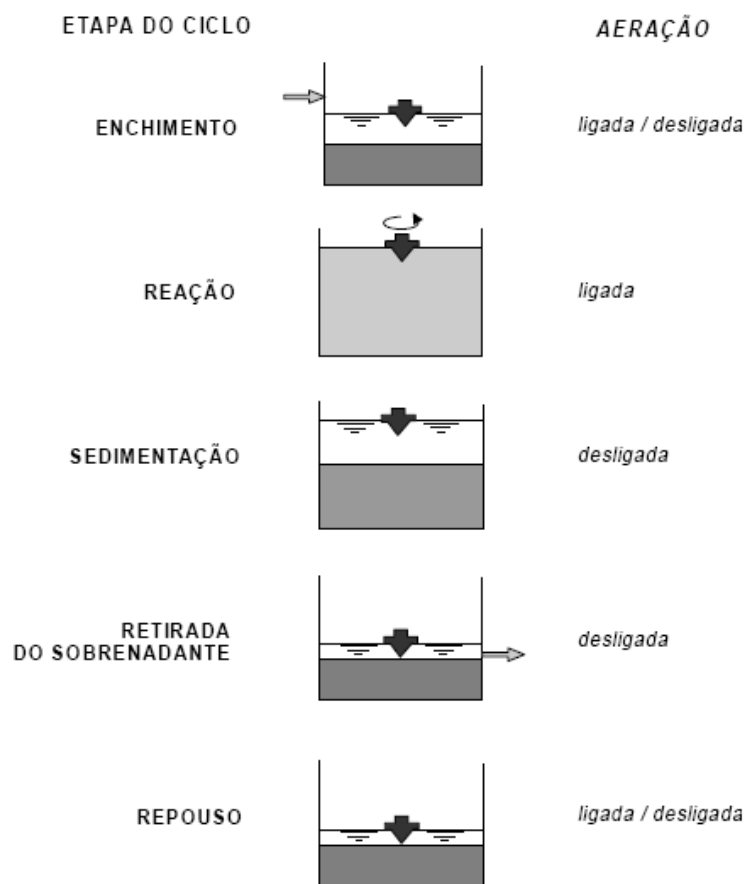


Figura 13: Ciclos do processo de operação intermitente.

Fonte: VON SPERLING (2001)

O descarte do lodo excedente se faz preferencialmente, na fase de espera e, não havendo fase de espera, após a conclusão da fase de sedimentação.

Variando normalmente entre 4 e 8 horas o tempo de duração de cada ciclo de operação é definido em função da autonomia do processo e do grau de eficiência necessário, sendo mais usual o seguinte: ciclo de 8 horas para remoção de DBO, nitrificação, desnitrificação, estabilização biológica do lodo de descarte, além de remoção biológica de fósforo; ciclo de 6 horas quando o objetivo é apenas a remoção de DBO.

4.4 Tratamento de lodo

O lodo retirado dos decantadores de uma estação de tratamento de esgoto deve ser tratado antes de ser descartado, esse tratamento ocorre basicamente em 3 etapas, o adensamento, a digestão e a desidratação.

4.4.1 Adensamento

O adensamento do lodo é a primeira etapa do tratamento após este ser retirado dos decantadores. Esta etapa consiste no aumento da concentração de sólidos nele contidos através da remoção parcial da quantidade de água, o que representa a diminuição do seu volume. Este processo pode aumentar, por exemplo, o teor de sólidos no lodo descartado de 1% para 5%. Com a redução do volume do lodo, conseqüentemente ocorre à diminuição dos custos de implantação e operação dos digestores e secadores. Dentre os métodos mais comuns, temos o adensamento por gravidade, por flotação e os adensamentos mecânicos (filtro-prensa e centrífuga).

O adensamento por gravidade do lodo tem por princípio de funcionamento a sedimentação por zona, o sistema é similar aos decantadores convencionais. O lodo adensado é retirado do fundo do tanque.

No adensamento por flotação, o ar é introduzido na solução através de uma câmara de alta pressão. Quando a solução é despressurizada, o ar dissolvido forma micro bolhas que se dirigem para cima, arrastando consigo os flocos de lodo que são removidos na superfície.

No adensamento por centrífugas, as centrífugas separam os sólidos da água por diferença de força centrífuga. Para que se obtenha água razoavelmente limpa, é necessário conservar no lodo uma porcentagem relativamente elevada de água, obrigando a uma secagem posterior por outro processo. O lodo úmido é introduzido axialmente e sob a influência da força centrífuga, os sólidos em suspensão se depositam na parede interna do tambor. Então são empurrados pela rosca, que gira a uma velocidade um pouco maior, para a extremidade de menor diâmetro, onde

saem da camada líquida, sendo então descarregados. O líquido intersticial sai do tambor pelo lado do diâmetro maior através de um vertedouro em forma de disco.

4.4.2 Digestão

Etapa na qual ocorre a estabilização de substâncias instáveis e da matéria orgânica presente no lodo fresco. Esse processo ocorre nos digestores.

A digestão é realizada com as seguintes finalidades: eliminar ou reduzir os microrganismos patogênicos; estabilizar total ou parcialmente as substâncias instáveis e matéria orgânica presentes no lodo fresco; reduzir o volume do lodo através dos fenômenos de liquefação, gaseificação e adensamento; dotar o lodo de características favoráveis à redução de umidade e permitir a sua utilização, quando estabilizado convenientemente, como fonte de húmus ou condicionador de solo para fins agrícolas.

A estabilização de substâncias instáveis e da matéria orgânica presente no lodo fresco também pode ser realizada através da adição de produtos químicos. Esse processo é denominado estabilização química do lodo. A estabilização por cal é um exemplo deste processo.

Nos biodigestores anaeróbios, onde a digestão é feita sem a presença de oxigênio, a digestão dos sólidos voláteis ocorre por meio de microrganismos metanogênicos. A produção de biogás é normalmente da ordem de 1 metro cúbico de gás nas Condições Normais de Pressão e Temperatura por quilograma de sólido suspenso volátil destruído, 0,75 a 1,12 m³ de biogás/kgSSV digerido. A digestão de SSV é da ordem de 30 a 50 % (METCALF e EDDY, 2003).

Em termos genéricos, uma amostra de 100 kg de lodo bruto contendo 70 kg de sólidos voláteis e 30 kg de sólidos fixos, após a digestão anaeróbia, será transformada em aproximadamente 30 kg de biogás, 40 kg de sólidos voláteis e 30 kg de sólidos fixos que não sofrem nenhuma alteração (CHECONI, 2002).

Os biodigestores devem ter umidade entre 90 a 95 % em relação ao peso do material sólido a ser digerido e temperatura estável entre 15 e 45 °C para que a ação dos microrganismos anaeróbios seja mais eficiente. Por isso os digestores de ETEs devem ser aquecidos ou ser construído com formato que forneça o aquecimento natural e retenção de calor.

O biogás produzido em uma ETE é constituído basicamente de metano, de 60 a 70%, de gás carbônico, 25 a 30 %, e de pequenas quantidades de hidrogênio, nitrogênio e gás sulfídrico. O poder calorífico situa-se entre 21000 e 25000 kJ/m³ (QASIN, 1985). Esse biogás pode ser aproveitado para processos que necessitam de energia como o aquecimento de digestores ou a secagem térmica do lodo.

4.4.3 Desaguamento

Na fase de desaguamento, o teor de sólidos aumenta ainda mais, em torno de 40% dependendo do processo. Exceto o secador térmico que chega em torno de 90%. Para tal fim empregam-se centrífugas, prensas e filtros a vácuo, leito de secagem, lagoa de lodo.

4.4.3.1 Centrífuga

As centrífugas separam os sólidos da água por diferença de força centrífuga. Para que se obtenha uma água razoavelmente limpa, é necessário conservar no lodo uma porcentagem relativamente elevada de água, obrigando a uma secagem posterior por outro processo.

A eficiência das centrífugas pode ser melhorada pela adição de coadjuvantes orgânicos de filtração, polímeros. As centrífugas sofrem acentuado desgaste quando a estação não dispõe de bons desarenadores.

4.4.3.2 Filtros – Prensa

Os filtros-prensa são filtros de pressão, constituídos de placas de ferro entre as quais se prendem os panos filtrantes. Comumente juntam-se 3,7 kg de FeCl_3 em solução a 40% e de 6 a 10 kg de cal por metro cúbico de lodo. Se o lodo contiver elevados teores de óleos e graxas, deverão ser adicionadas maiores quantidades de cal.

O lodo é submetido durante uma a duas horas à pressão de 6 a 8 atm, sendo depois removido manualmente em estado sólido. Durante a operação, o teor de sólidos vai de 5% para 35%, com o que seu volume fica reduzido a um sétimo.

As telas filtrantes devem ser limpas continuamente por meio de esguichos.

4.4.3.3 Prensa

A prensa contínua de esteiras possui duas correias sem-fim em movimento contínuo, das quais pelo menos uma é constituída por uma tela filtrante. As duas esteiras são progressivamente apertadas uma contra a outra por meio de roletes. O espaçamento entre elas e a velocidade de translação são reguláveis. O lodo é floculado com cerca de 150 g de polieletrólitos por metro cúbico e espremido com pressão crescente entre as duas esteiras, saindo com cerca de 23% de sólidos. A tela filtrante é levada por esguichos durante a volta.

4.4.3.4 Filtro a vácuo

Nos filtros a vácuo, o pano filtrante ou espirais de aço se encontram na periferia de um tambor rotativo de movimento lento mergulhado no lodo líquido. O tambor é dividido internamente em compartimentos estanques submetidos ao vácuo um após o outro. O lodo é aspirado de fora para dentro e fica retido no pano, quando forma um bolo contínuo com 4 a 10 mm de espessura. Durante a rotação, a água é removida para dentro do tambor. O bolo seco é retirado do pano por meio de uma faca ou é dele destacado por meios de fios que giram junto com a massa, caindo

sobre uma correia transportadora. O teor de água do bolo é de 82% para lodo ativado e de 70% para lodo doméstico fresco, ou digerido.

4.4.3.5 Leito de secagem

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente em forma de tanques retangulares, projetadas e construídas de modo a receber o lodo dos digestores, aeróbios e anaeróbios. Neles se processa a redução de umidade com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem.

O funcionamento dos leitos de secagem é baseado em um processo natural de perda de umidade que se desenvolve devido aos seguintes fenômenos: liberação de gases dissolvidos ao serem transferidos do digestor a pressão elevada e submetidos à pressão atmosférica nos leitos de secagem; liquefação, devido a diferença do peso específico aparente do lodo digerido e da água, estabelecendo a flotação do lodo e rápida drenagem da água; evaporação natural da água devido ao contato íntimo com a atmosfera; e evaporação devido ao poder calorífico do lodo.

O lodo em condições normais de secagem poderá ser removido do leito de secagem depois de um período que varia de 12 a 20 dias, quando a umidade atinge valores de 70 a 60%.

4.4.3.6 Lagoa de secagem de lodo

As lagoas de secagem de lodo apresentam-se, em muitos casos, como a melhor alternativa entre os processos naturais de secagem.

O sistema de disposição do lodo em lagoas resume-se no emprego de reservatórios feitos em terra ou em simples depósitos de lodos em depressões do terreno, cujas características evitem problemas com as fases de manuseio do lodo, carga e remoções, e ainda que os gases e líquidos liberados pelo processo não afetem as condições ambientais.

As unidades podem ser projetadas para uso temporário, com ou sem revezamento de aplicação, e para uso definitivo. Estas últimas deverão ser dimensionadas para a vida útil do processo de tratamento adotado.

As lagoas de lodo vêm sendo empregadas há longo tempo, principalmente como solução para o armazenamento dos sólidos remanescentes das estações de tratamento de esgoto.

As lagoas facultativas de secagem que operam como adensadores, armazenadores e digestores, na realidade são unidades grosseiras, sem equipamento, com a finalidade de substituir outras unidades de tratamento de lodo, utilizadas nas estações de tratamento de esgoto convencionais.

As lagoas, quando usadas como secagem do lodo, substituem a operação realizada pelos leitos de secagem e, como tal, exigem remoções periódicas do lodo seco para permitir o recarregamento da unidade.

As lagoas permanentes são aquelas onde não há obrigatoriedade de remoção do lodo seco. No entanto, este poderá ser removido após vários anos de aplicação. É considerado o método de menor custo operacional, acarretando apenas aumento no custo da área necessária. A remoção do sobrenadante é recomendada quando se pretende aumentar a capacidade de carga da área utilizada (JORDÃO, 1996).

4.4.3.7 Secagem térmica

Etapa na qual é feita a secagem do lodo, com o uso de secador térmico.

A secagem térmica do Lodo é um processo de redução de umidade através de evaporação de água para a atmosfera com a aplicação de energia térmica, podendo-se obter teores de sólidos da ordem de 90 a 95%. Com isso, o volume final do lodo é reduzido significativamente. No próximo capítulo será descrito melhor o secador térmico que é o assunto abordado neste trabalho.

Na Figura 14 apresenta-se um esquema ilustrativo de todas as etapas do tratamento de esgoto (fase líquida) e do lodo (fase sólida):

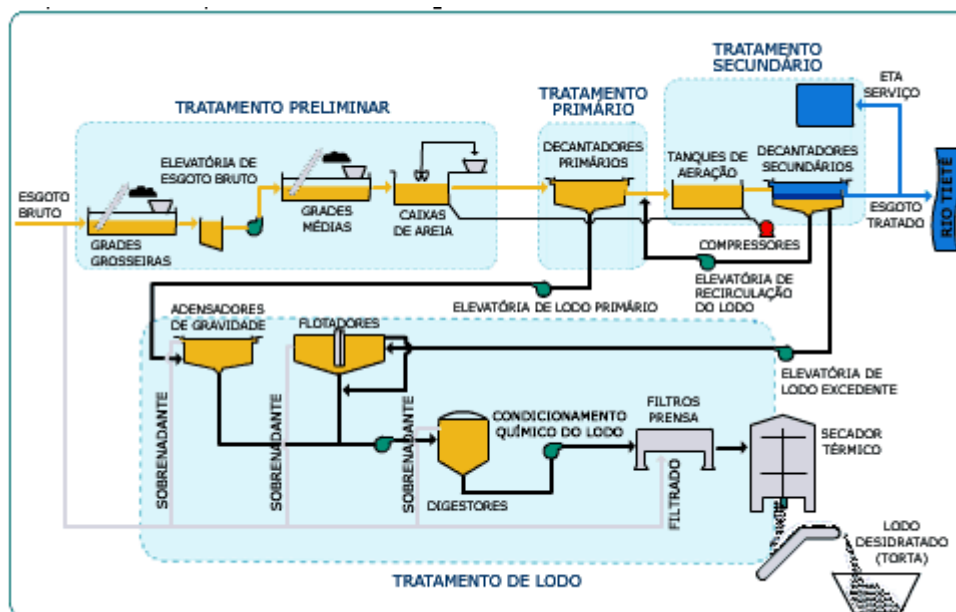


Figura 14: Tratamento de lodo.

Fonte: SABESP (2012)

4.5 Secadores térmicos

O processo de secagem térmica consiste em aquecer o lodo em um local compacto e completamente fechado, com o objetivo de secá-lo e higienizá-lo, de modo que nenhum odor seja liberado para a atmosfera. A umidade evaporada é condensada e retornada ao início da ETE para tratamento (Gonçalves ET AL.; 2001).

O aquecimento é suficiente para que ocorra a evaporação da água, sem que a matéria orgânica presente no lodo seja destruída (MIKI ET AL., 2006). A temperatura elevada é capaz de eliminar microrganismos patogênicos, aferindo ao lodo qualidade tipo classe A de acordo com a resolução da CONOMA 375/06. Depois da secagem térmica o lodo fica seco e granulado, formando um bio sólido com alta quantidade de matéria orgânica e poder calorífico chamado de “pellet”.

Para que o processo de secagem térmica seja economicamente viável, o lodo precisa ter uma concentração de sólidos entre 15 e 30% antes de ser tratado

termicamente (GONÇALVEZ et al.; 2001). Para atingir essa concentração pode-se usar um dos métodos desidratação do lodo descritos anteriormente.

A geração de calor para o aquecimento do lodo e evaporação da água é conseguida pela queima de combustível, que pode ser: gás natural, biogás, óleo combustível ou combinação entre eles. A energia requerida para o processo de secagem depende de diversos fatores como: umidade de entrada e saída do lodo, tipo e características do equipamento utilizado, eficiência térmica do secador empregado, aproveitamento ou recuperação de energia de outros processos.

De um modo geral, pode-se dizer que a quantidade de energia necessária para evaporar a água contida no lodo é da ordem de 800 a 1000 kcal/kg de água evaporada. Isso equivale a dizer que para um lodo com teor de sólidos de 30%, que se deseja secar para 90%, o consumo de energia será da ordem de 670 kcal por kg de lodo (CHECONI, 2002).

Na Figura 15 se apresenta um esquema do processo de secagem térmica com todas as suas etapas:

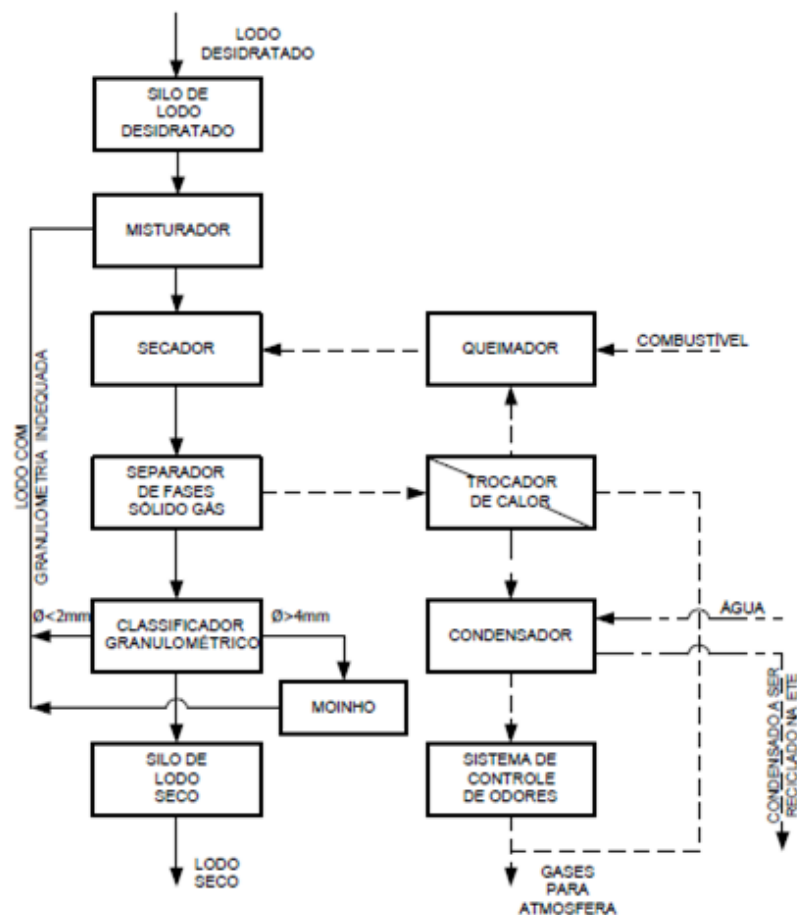


Figura 15: Esquema de um sistema de secagem.

Fonte: CEEJ (1998).

Segundo GONÇALVES et al. (2001), os principais benefícios da secagem térmica do lodo são:

- Redução significativa no volume do lodo;
- Redução no custo de transporte e estocagem (quando for o caso);
- Produto estabilizado facilmente estocado, manuseado e transportado;
- Produto final praticamente livre de patógenos;
- Preservação das propriedades agrícolas do lodo;
- Não necessidade de equipamento especial para o uso na agricultura;
- Produto pode ser incinerado ou disposto em aterro sanitário;
- Produto pode ser ensacado e distribuído pelo comércio varejista.

Outra vantagem é a possibilidade de uso do lodo seco como material combustível para incineradores de resíduos ou de fornos industriais devido ao alto poder calorífico, e sua produção/geração de energia elétrica.

Os principais inconvenientes dos processos de secagem térmica são: produção de efluente líquido, liberação de gases para a atmosfera, risco de liberação de odores e de geração de ruídos (LUDUVICE e FERANDES, 2001).

A base do custo do sistema operacional da secagem térmica é o consumo de combustível. Trata-se de um processo muito caro e o uso de alternativas de energia pode reduzir esse custo. O “pellet” pode ser usado como combustível para a própria secagem ou então a venda desse “pellet” podem reduzir os custos de operação.

Existem diversos tipos de equipamentos para secagem térmica de lodo. Podemos classificá-los como diretos, indiretos, radiantes ou mistos. Nos secadores diretos, o ar quente entra em contato direto com o lodo e a troca de calor se dá por convecção. Nos indiretos, a transferência de calor é efetuada através do contato do lodo com superfícies aquecidas por: ar quente, vapor ou óleo térmico; e a troca é realizada por condução. Nos secadores chamados radiantes ou secadores por infravermelho “infrared”, a troca de calor se dá por radiação. Nos secadores mistos, a transferência de calor é efetuada por uma combinação entre as formas de transferência de calor (CHECONI, 2002).

Na Tabela 10 se podem ver as características de cada tipo de secador térmico:

Tabela 10: Características dos secadores térmicos.

Tecnologia	Tipo	Característica
Rotativo	Direto ou Indireto	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo mais empregado; - Maior aplicabilidade e funcionamento comprovado; - Aspectos operacionais: tempo de contato: 20 a 60 min; temperatura do lodo: 100 a 150°C; granulometria do lodo: 1,0 a 6,0 mm; teor de sólidos: entre 65 e 95%; - Fluxo de ar quente em corrente, contracorrente ou cruzado em relação ao escoamento do lodo: em corrente, a eficiência é maior, devido ao rápido aquecimento do lodo junto à entrada do secador, sendo menores a evaporação junto a saída, a produção de odor e a perda de energia com descarga de lodo aquecido.
	Direto	<ul style="list-style-type: none"> - Aletas internas movem o lodo para a extremidade interna do cilindro rotativo de secagem. Durante o tempo de percurso, há a exposição direta do lodo ao calor disponível no ambiente interno do cilindro rotativo de secagem.
	Indireto	<ul style="list-style-type: none"> - Em um cilindro interno, concêntrico a outro cilindro externo, aletas movem o lodo para a extremidade. O ar quente é veiculado através do cilindro externo e o aquecimento do lodo ocorre indiretamente, através do aquecimento da superfície metálica do cilindro rotativo de secagem.
Dispersão de ar	Flash ou Spray	<ul style="list-style-type: none"> - Secagem direta; - Aspectos operacionais: tempo de contato imediato; temperatura do lodo: 100°C; granulometria do lodo: < 6,0 mm; teor de sólidos: entre 90 e 95%; - Maior demanda energética e complexidade operacional; - Produção excessiva de particulados finos.
	Flash Dryer	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo mais empregado. Um moinho em alta velocidade pulveriza e expõe todo o lodo ao ar quente. O afluente é uma mistura de lodo desidratado e lodo seco (teor de sólidos de 50%).
	Spray Dryer	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo pouco empregado. O lodo úmido é aspergido desde o topo de uma torre de secagem e ao encontro de corrente ascensional de ar quente.
Leito fluidizado		<ul style="list-style-type: none"> - Secagem direta por meio de leito fluidizado de grânulos de lodo; - Carreamento dos sólidos secos após alcance de temperatura de 100°C; - Teor de sólidos de até 95%; - Maior demanda energética e maior complexidade operacional; - Produção excessiva de particulados finos.
Túnel		<ul style="list-style-type: none"> - Secagem direta; - Extrusão do lodo afluente segundo forma cilíndrica com diâmetro de 3,0 mm; - Aspectos operacionais: tempo de contato de 60 minutos; temperatura do lodo: 80°C; teor de sólidos: > 55%; - Reduzida opção de fabricantes.
Esteira		<ul style="list-style-type: none"> - Processo contínuo de passagem de ar quente através de um leito permeável, constituído por uma ou mais esteiras transportadoras horizontais.
Soleiras Múltiplas		<ul style="list-style-type: none"> - Secagem direta; - No equipamento vertical cilíndrico, o lodo é introduzido pela parte superior; mediante ação de pás rotativas, é descolado e transferido verticalmente entre as bandejas fixas de secagem indireta, até a parte inferior, de onde é retirado; - Parte do lodo seco é misturada ao lodo úmido para a formação de novos grânulos.

Fonte: METCALF & EDDY (1991).

Outras configurações de secadores térmicos são apresentadas da Figura 16 à Figura 21.

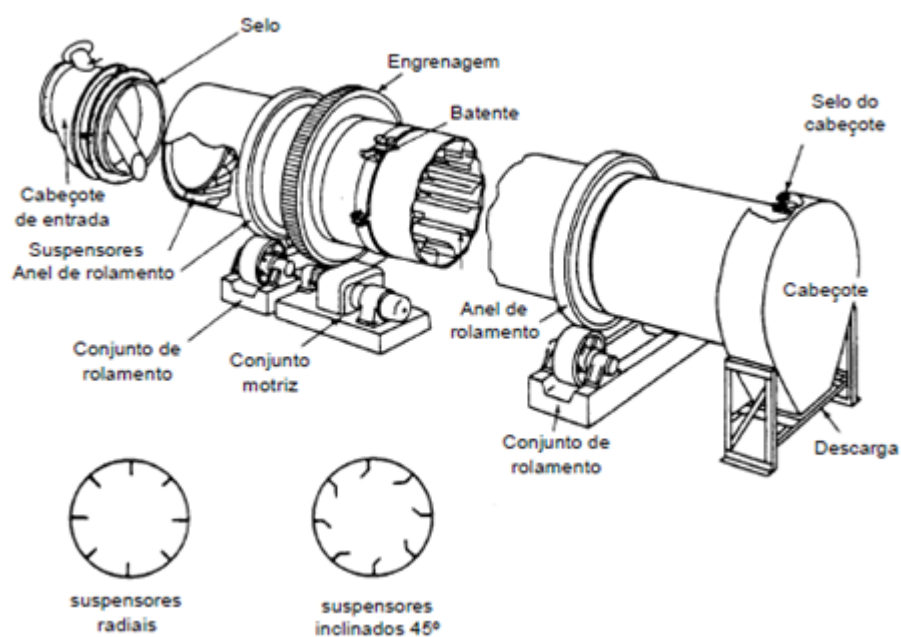


Figura 16: Secador rotativo.

Fonte: WEF (1992).

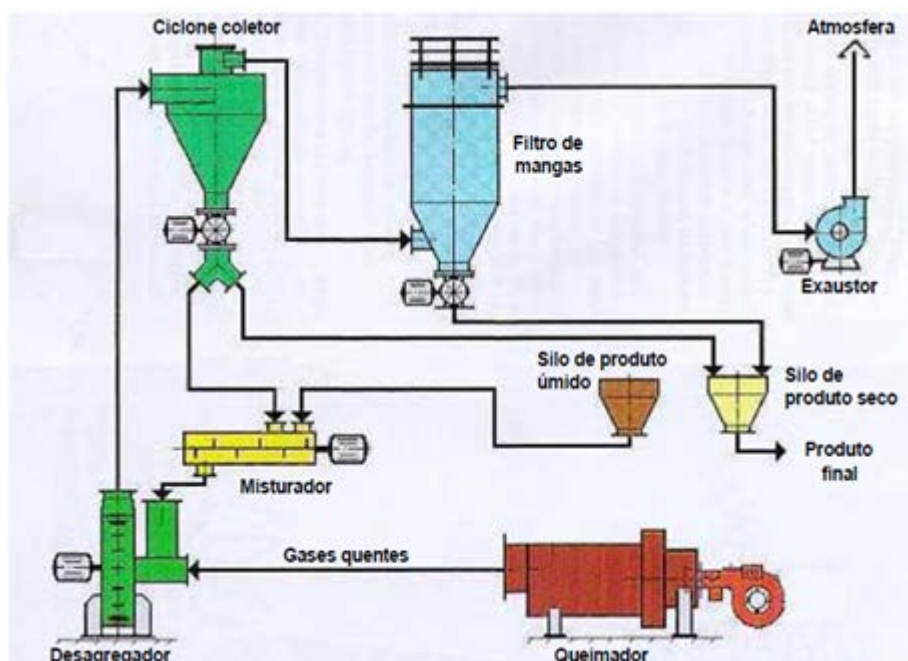


Figura 17: Secador de transporte pneumático "flash dryer"

Fonte: WEF (1996)

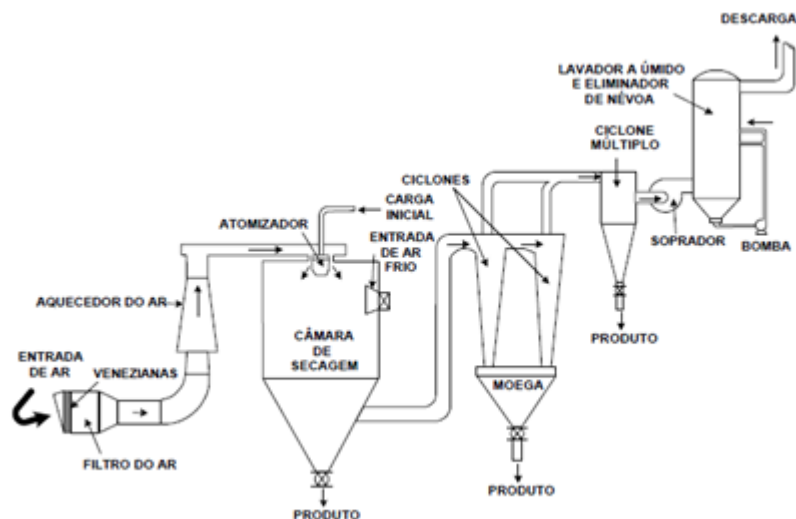


Figura 18: Secador pulverizador “spray dryer”.

Fonte: FOUST (1980).

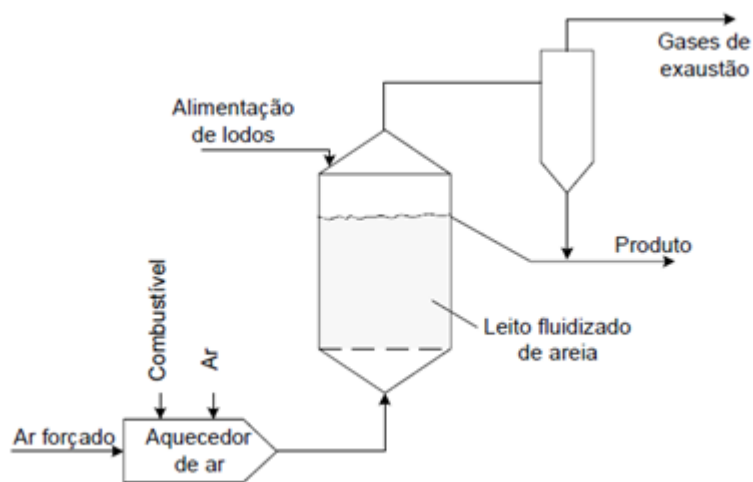


Figura 19: Secador leito fluidizado.

Fonte: WEF (1992).

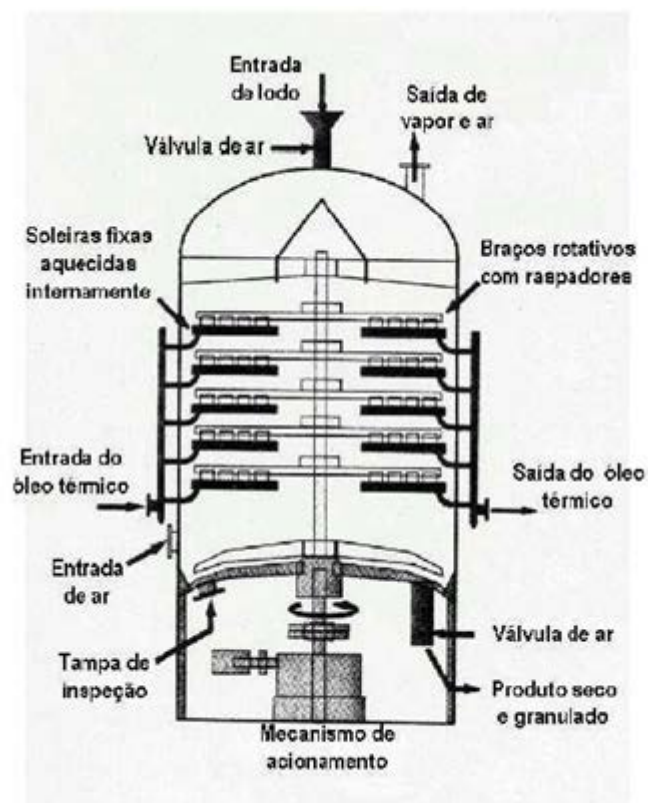


Figura 20: Secador de soleiras múltiplas.

Fonte: FROST (1990).

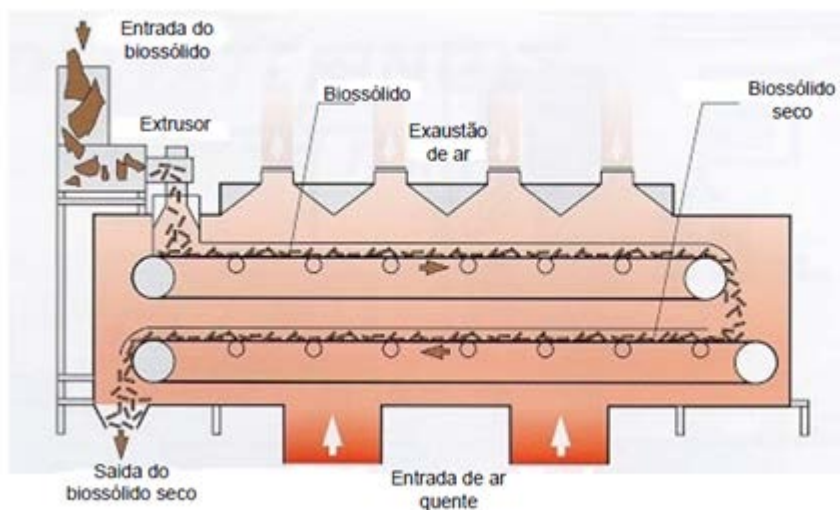


Figura 21: Secador transportador de esteira.

Fonte: Catálogo da Netzsch.

4.6 Destinação final do lodo

Existem diversas técnicas para a destinação final do lodo, para escolher uma opção para uma região se deve analisar diversos fatores técnicos, ambientais, econômicos e legais, como quantidade e qualidade do lodo produzido, tecnologias disponíveis, legislação pertinente, custos de implantação, manutenção e transporte e impactos ambientais.

Tem-se como soluções para o destino final do lodo:

- Disposição oceânica: disposição do lodo no mar por emissários ou navios lameiros;
- Uso agrícola, uso florestal e produção de compostos e fertilizantes: o lodo usado para esses fins recebe o nome de biossólido, pois é resultante de tratamento biológico. Deve-se tomar cuidado com a contaminação desse lodo e respeitar as legislações vigentes em cada região;
- Recuperação de áreas degradadas: devido às propriedades físico-químicas e biológicas do lodo este pode ser disposto em áreas degradadas como mineração a céu aberto, barragens e acostamento de rodovias para recuperar a qualidade do solo e a vegetação. Deve tomar cuidado quanto às possíveis contaminações;
- Reuso industrial: uso como matéria-prima para diversos processos industriais como fabricação de cerâmica, tijolos e cimento;
- Recuperação de materiais: processos para a recuperação de matéria-prima como fósforo, nitrogênio, ácidos voláteis, biopolímeros, etc;
- Incineração: queima do lodo com gasto de energia gerando apenas cinzas e gases voláteis (temperaturas entre 800 C° e 1100 C°). Devem-se tomar cuidados quanto à poluição atmosférica tanto da queima de combustível como da presença de partículas sólidas provenientes da combustão do lodo. Pode-se fazer a recuperação energética dessa incineração;

- Disposição em aterros sanitários ou exclusivos: na disposição do lodo em aterros não ocorre nenhuma recuperação de nutrientes ou uso produtivo do lodo, apenas se enterra o lodo onde ocorrerá biodegradação anaeróbia. O aterro pode ser de uso exclusivo para a disposição de lodo ou em conjunto com resíduos sólidos. Para a disposição em aterros temos problemas operacionais como escorregamento e incompressibilidade devido ao alto teor de água do lodo úmido;

Junto com a expansão das redes coletoras de esgoto e dos sistemas de tratamento, aumentam as exigências quanto a potenciais impactos ambientais. Desta forma, tem-se buscado uma maior qualidade do lodo gerado e sistemas de gerenciamento do lodo mais eficazes, principalmente devido ao aumento dos custos de disposição final.

Observa-se atualmente maior interesse em sistemas de secagem térmica, na peletização do lodo e em outros processos mais avançados que visam a melhoria da qualidade dos bioresíduos, como a compostagem, a estabilização alcalina e os sistemas patenteados de produção de insumos a partir do lodo (FERNANDES et al., 2001).

A disposição do lodo em aterros sanitários sem secagem térmica, prática mais adotada no Brasil, tem sido vista como não sustentável. Além dos custos crescentes em função da saturação dos aterros, maiores distâncias e do atendimento às restrições ambientais. Diante disso a reciclagem do lodo vem sendo estimulada pela sociedade e por políticas públicas como uma opção mais econômica e ambientalmente mais adequada. A secagem térmica seria uma solução bastante adequada para grandes centros urbanos diminuindo o grande montante de lodo que pode ser utilizado posteriormente.

4.7 Transporte de Lodo

Ao final de todos os processos de tratamento de esgoto se tem a geração de resíduos, que é o lodo desidratado, sendo esse resíduo encaminhado para centros de tratamento e de disposição de resíduos sólidos.

Atualmente o lodo desidratado das estações de tratamento da RMSP são destinados tanto para o CTR Caieiras (Centro de Tratamento de resíduos de Caieiras) como para o CDR Pedreira (Centro de Disposição de Resíduos).

Na Tabela 11 se apresenta a destinação do lodo de cada uma das 5 grandes estações da RMSP (ETE Barueri, ETE ABC, ETE São Miguel E ETE Parque Novo Mundo), bem como a distância de cada uma das ETEs até o CDR Pedreira ou CTR Caieiras. As distâncias da estação até o o destino final foram obtidas através do Google Maps.

Tabela 11 - Distâncias e locais de descarte do lodo

Proveniência Lodo Desidratado - ETE	Destino Lodo Desidratado – Aterro Sanitário	Distância de Transporte (km)
Barueri	CTR Caieiras	35,7
Parque Novo Mundo	CDR Pedreira ^a	15,9
Suzano	CDR Pedreira	51,2
São Miguel	CDR Pedreira	31,9
ABC	CDR Pedreira	31,7

Fonte: SABESP (2009)

Os custos de transporte do lodo de cada ETE da RMSP até o aterro e seu preço em R\$/m³.km estão indicadas na Tabela 12, a qual foi extraída do Relatório 10 do Plano Diretor da RMSP.

Tabela 12 - Custos específicos de Transporte de Lodo

ETE	Custo Total ^a (R\$/ano)	TS (%)	Massa ^a Úmida (t/ano)	(R\$/t úmida)	Massa Seca (tSST/ano)	R\$/tSST	Volume (m³/ano)	R\$/m³	Distância ^a (km)	R\$/ t úmida.km	R\$/ tSST.km	R\$/m .km
ABC	949.467,00	40	32.120	29,56	12.848	73,90	29.741	31,92	51,50	0,57	1,43	0,62
Barueri	860.695,00	23	35.405	24,31	8.143	105,70	32.782	26,25	33,00	0,74	3,20	0,80
Parque Novo Mundo	263.788,00	33	23.324	11,31	7.697	34,27	21.596	12,21	34,40	0,33	1,00	0,36
Sao Miguel	226.347,00	28	11.932	18,97	3.341	67,75	11.048	20,49	52,70	0,36	1,29	0,39
Suzano	775.493,00	40	17.885	43,36	7154	108,40	16.560	46,83	69,70	0,62	1,56	0,67
Total	3.075.790,00	-	120.666		39.183		111.728					
									Média	0,52	1,69	0,57
									Média, excluido Barueri	0,47	1,32	0,51

Fonte: SABESP (2009)

Na Tabela 13 apresentam-se as distâncias do CTR Caieiras e o CDR Pedreira até a ETE de Guararema, posteriormente se ilustra o trajeto que se faz da ETE

Guararema para o CTR Caieiras representado na Figura 23 e para o CDR Pedreira representado na Figura 22, todos esses dados de distâncias e percurso foram obtidos do Google Maps.

Para o custo de transporte de Guararema será adotado o valor de 0,51 R\$/m³.km, o qual foi a média encontrada no estudo do Relatório 10 do Plano Diretor de Esgoto para o valor do transporte de lodo na RMSP.

Tabela 13: Distâncias ETE Guararema até CTR Pedreira e CDR Caieiras

Distância percorrida da ETE Guararema até o Centro (km)	
CDR PEDREIRA	CTR CAIEIRAS
76,5	115

Fonte: Google (2012)

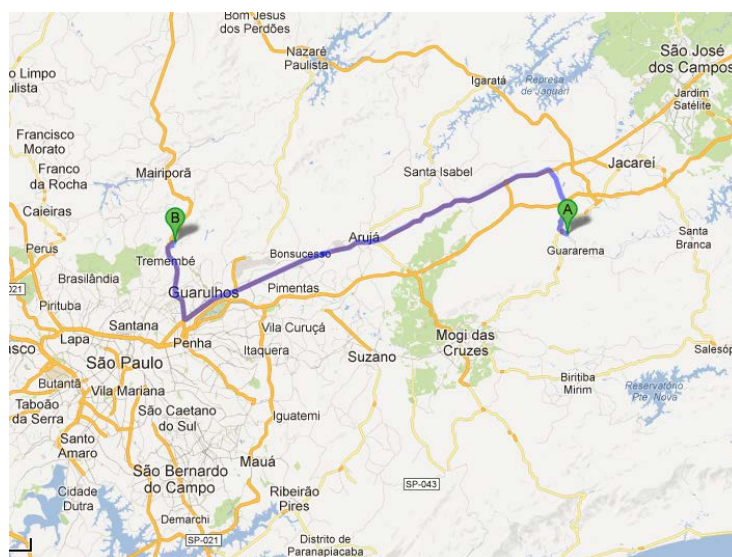


Figura 22: Percurso ETE Guararema até CDR Pedreira

Fonte: Google (2012)

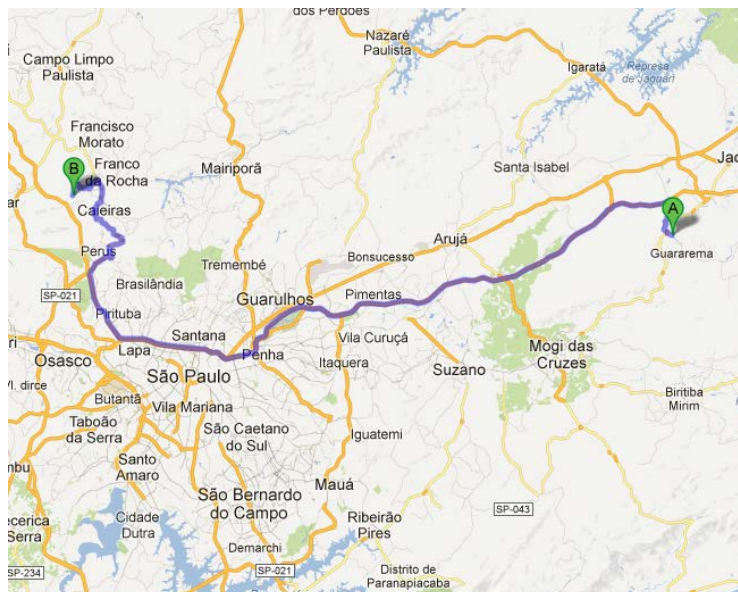


Figura 23: Percurso ETE Guararema até CTR Caieiras

Fonte: Google (2012)

5 ESTUDO DE CASO: ETE GUARAREMA

5.1 Caracterização da cidade

O município de Guararema localiza-se na região do Vale do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo, à qual também pertencem os municípios de Cunha, Paraibuna, Santa Branca, Jacareí, São Luís do Paraitinga, Santa Isabel, São José dos Campos, Caçapava, Pindamonhangaba, Campos do Jordão, Aparecida, Guaratinguetá, Lorena, Cachoeira Paulista, Cruzeiro, Queluz, Taubaté e Tremembé.

Possui uma área de cerca de 270 km², limitando-se com os municípios de Santa Isabel, Jacareí, Santa Branca, Salesópolis e Mogi das Cruzes, distando cerca de 88 km da cidade de São Paulo, pelas rodovias Presidente Dutra e SP-66.

De acordo com os resultados do Censo realizado pelo IBGE no Ano 2010, a População Total de Guararema neste ano era de 25.861 habitantes. Sendo que 22.251 habitantes moram na zona urbana.

5.2 Coleta de esgoto

O sistema de esgotamento sanitário existente do município de Guararema é constituído somente de redes coletoras que atendem, predominantemente, a zona central, com uma extensão total de 20.834 m, nos diâmetros de 150mm e 200mm, executada em manilha cerâmica, com profundidade máxima de 4,80m. O esgoto coletado é lançado depois de tratado no rio Paraíba do Sul.

5.3 Estação de Tratamento de esgoto de Guararema

A ETE Guararema esta localizada à margem do rio Paraíba do Sul, próximo ao clube da polícia militar. O corpo receptor é o Rio Paraíba do Sul, conforme dito anteriormente. É classificado como classe-2 pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) número 357. A localização da ETE é apresentada na Figura 24.

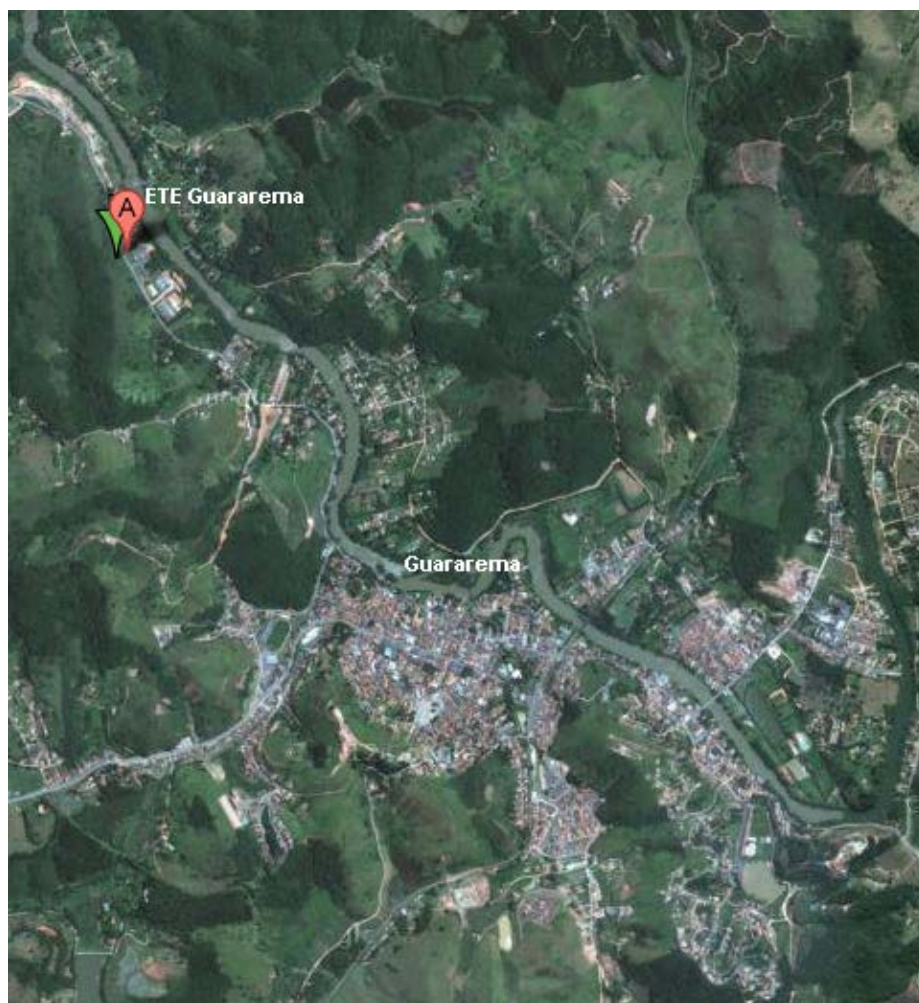


Figura 24: Localização da Estação de Tratamento de Guararema.

Fonte: GOOGLE, (2012)

O processo de tratamento usado na ETE é Lodo Ativado por Batelada, pois ele apresentar alta eficiência na remoção de poluição ou matéria orgânica, atingindo a nitrificação e permite na fase de decantação e descarte entrar em fase anóxica e propiciar a desnitrificação.

5.4 Visita técnica

No dia 05/09/2012 foi realizada uma visita na ETE Guarema com os integrantes do grupo, o Professor orientador Roque Passos Piveli, engenheiros da Sabesp e o operador da ETE, que nos apresentou a estação de tratamento e seus processos de funcionamento.

A visita colaborou para o melhor entendimento do processo de tratamento de esgoto e principalmente do sistema de secagem térmica do lodo para uma possível instalação no Sistema Principal da Região Metropolitana de São Paulo.

5.4.1 O Processo de tratamento

Na Figura 25 é apresentada a imagem superior da ETE:



Figura 25: Imagem superior da ETE de Guararema.

A primeira etapa do processo é o tratamento preliminar que consiste do gradeamento com limpeza mecanizada (Figura 26), a calha Parshall (Figura 27) e a caixa de areia com remoção mecânica da areia (Figura 28).



Figura 26: Gradeamento com limpeza mecanizada.



Figura 27: Calha Parshall para medição de vazão.



Figura 28: Caixa de areia com remoção mecanizada

Após o tratamento preliminar o esgoto passa pelos reatores / decantadores. A Figura 29 apresenta um desses tanques. A ETE Guararema possui quatro reatores de 400m³.



Figura 29: Reator / Decantador

O Lodo Ativado por Batelada é um processo biológico aeróbio altamente eficiente que ocorre nesses reatores e tem as seguintes sequências operacionais:

- Enchimento;
- Reação;
- Sedimentação;
- Descarte do clarificado e do lodo.

A. Enchimento

O reator da ETE recebe esgoto bruto e o tempo para enchimento do reator é de 240 minutos. O sistema de aeração pode ou não estar ligada a essa fase. Após enchimento desse reator, inicia o enchimento de outro reator, assim sucessivamente até voltar a encher novamente esse mesmo reator.

B. Reação

O processo biológico aeróbio inicia nessa fase e o tempo dedicado para esta fase é de 200 minutos. A aeração é feita por meio de ar difuso e agitação.

C. Sedimentação

Os sistemas de aeração e agitação são desligados e inicia a fase de sedimentação, mantendo a água parada, permitindo a sedimentação dos sólidos, separando a fase líquida da fase sólida que se deposita no fundo do reator. O tempo reservado para essa fase é de 120 minutos.

D. Descarte

O líquido clarificado é removido através de um vertedouro flutuante e encaminhado para o tanque de contato, a fim de ser desinfetado por cloro gás. Simultaneamente ao descarte do líquido clarificado, ocorre a retirada do lodo excedente que será

encaminhado para o adensador por gravidade. O tempo reservado para essa fase é de 120 minutos.

Após a realização deste processo, o efluente é encaminhado para o tanque de desinfecção (Figura 30), e a seguir é lançado no rio Paraíba do Sul (Figura 31), enquanto o lodo é direcionado ao adensador (Figura 32).



Figura 30: Tanque de desinfecção



Figura 31: Efluente a ser lançado no Rio Paraíba do Sul



Figura 32: Adensador

Após a etapa de adensamento, o líquido que é retirado retorna ao início do processo, enquanto o lodo é bombeado para uma centrífuga. No adensador, obtém-se teor de sólidos por volta de 3%.

A Figura 33 e a Figura 34 a seguir mostram esses dois equipamentos.



Figura 33: Bombas



Figura 34: Centrífuga

Na centrífuga uma grande parte da umidade do lodo é retirada, atingindo-se cerca de 20% de teor de sólidos. A torta resultante é encaminhada para o secador térmico. A centrífuga opera em média 6 horas por dia.

O lodo no secador térmico perde grande parte de sua umidade conforme descrito anteriormente, ficando com um teor de sólidos da ordem de 90 a 95%. E esse processo é feito através da evaporação da água por calor.

Na ETE Guararema a energia necessária para gerar esse calor é proveniente da queima do gás GLP (gás liquefeito do petróleo). Existem na ETE sete cilindros de 190 kg de GLP cada para se obter esta energia. A Figura 35 e a Figura 36 ilustram o secador e os cilindros de gás respectivamente.



Figura 35: Secador térmico



Figura 36: Cilindros de GLP

No primeiro período de funcionamento do secador, o lodo seco foi estocado e levado pela empresa fabricante do secador para ser feita uma análise sobre o processo de secagem. A Figura 37 apresenta o lodo após a secagem.



Figura 37: Lodo após a passagem pelo secador térmico

Além do lodo, outro resíduo gerado é o gás lançado na atmosfera após a secagem do lodo. Esse gás é tratado por um lavador de gases (Figura 38), onde o material particulado é retido, só então o gás é lançado na atmosfera.



Figura 38: Lavador de gás

Em 2010, Guararema possuía 3367 ligações ativas, sendo que 10.010 habitantes eram atendidos com a coleta e tratamento do esgoto.

Na Tabela 14 é apresentado um resumo dos dados mais importantes coletados na ETE Guararema. Nele podemos observar a produção de lodo e de “pellet”.

Tabela 14: Resumo dos dados coletados ETE Guararema

Vazão média de entrada de esgoto (L/s)	DBO do esgoto a ser tratado (mg/L)	Vazão média do efluente tratado e lançado (L/s)	Vazão média de lodo após passar pela centrifuga (L/dia)	Quantidade de pellet produzida (kg/dia)	Consumo médio de GLP no secador por hora de operação (kg/h)	Preço pago pelo GLP (R\$/kg)	Gasto médio com GLP por hora de funcionamento (R\$/h)	Consumo médio de GLP por kg de lodo seco (kg/kg)
18,3	295	11,5	120	20,8	9,2	4,13	38	0.15

O anexo 1 contém algumas tabelas dos dados de monitoramento coletados na ETE Guararema como vazão de esgoto e qualidade do tratamento.

O anexo 2 apresenta uma análise feita do lodo seco da ETE Guararema apresentando a composição, umidade e outras características.

O anexo 3 mostra uma análise de organismos patogênicos, evidenciando que o pellet é inerte.

5.5 Cálculo da energia necessária para complementação da energia do pellet.

Para se analisar a quantidade de energia suplementar necessária para o processo de secagem usaram-se os parâmetros da Tabela 15.

Tabela 15: Parâmetros

Parâmetros	Valor Adotado	Unidade
Poder Calorífico GLP	10.989	kcal/kg
Poder Calorífico Pellet	2800	kcal/kg
Poder Calorífico Biogás	5000	kcal/Nm ³

Usando a Equação 1 para calcular a necessidade de energia suplementar.

$$E_{nec.} = E_{pellet.} + E_{supl..} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$E_{nec.}$ = Energia necessária no processo em kcal/h;

$E_{pellet.}$ = Energia do Pellet em kcal/h;

$E_{supl..}$ = Energia Suplementar em kcal/h.

Onde a energia do pellet é dada pela Equação 2.

$$E_{pellet} = PCI_{pellet.} * m_{pellet} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$PCI_{pellet.}$ = Poder calorífico do pellet em kcal/kg;

$m_{pellet.}$ = massa de pellet em kg.

Para o cálculo do consumo de GLP necessária para a energia suplementar usamos a Equação 3.

$$C_{GLP} = \frac{E_{supl..}}{PCI_{GLP}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

C_{GLP} = consumo de GLP em kg/h;

PCI_{GLP} = PCI do GLP em kcal/kg.

5.6 Comparação de custos do tratamento do lodo

Após análise dos dados coletados na visita à ETE Guararema e com mais outros dados obtidos pelo Plano Diretor de Esgoto, foram comparados os custos de possíveis tratamentos para o lodo.

Como na ETE Guararema tem-se o uso do secador térmico com a queima de GLP, foi comparado esse tratamento com a disposição do lodo em aterro sem realizar a secagem, com a secagem sendo feita com a queima do pellet mais GLP e com a secagem usando biogás.

O equipamento de secagem térmica foi adquirido pela Sabesp junto à Albrecht, uma empresa brasileira que fabrica secadores. O secador instalado na ETE Guararema apresenta as seguintes características:

- Capacidade de lodo a secar: 300 kg/h;
- Teor de umidade inicial: 80%;
- Teor de umidade final: 20%;
- Fonte de energia térmica: GLP;
- Massa de água evaporada: 225 kg/h;
- Massa de lodo seco: 75 kg/h;

- Consumo máximo de gás GLP: 21 kg/h;
- Consumo máximo de gás Natural: 26,6 Nm³/h;
- Consumo máximo de biogás: 46,2 Nm³/h (PCI 5.000 kcal/Nm³/h);
- Consumo máximo de lodo seco: 82,5 kg/h (PCI 2.800 kcal/kg).

Preço do secador informado pelo fabricante: FOB R\$ 600.000,00.

Preço do combustor informado pelo fabricante: FOB R\$ 500.000,00.

O combustor trata-se do equipamento onde o pellet é queimado e a energia liberada nessa queima é utilizada para realizar a secagem do lodo, tendo apenas as cinzas como rejeito.

Na ETE Guararema, não há nenhum combustor instalado, mas o seu preço será utilizado para se estimar o custo de uma das opções de tratamento do lodo a título de comparação com a solução atualmente adotada.

A Tabela 16 apresenta a projeção populacional para Guararema, conforme dados obtidos do Plano Diretor. A partir desta projeção, adotando crescimento linear da taxa de atendimento, calculou-se a população atendida pressupondo a universalização, segundo conceito da SABESP, sendo alcançada em 2018.

Tabela 16: Evolução estimativa da população atendida

ANO	POPULAÇÃO (hab)	População Atendida (hab)
2010	20.007	10.010
2011	20.333	11.288
2012	20.659	12.567
2013	20.985	13.845
2014	21.311	15.123
2015	21.636	16.402
2016	21.919	17.680
2017	22.202	18.958
2018	22.485	20.237
2019	22.768	20.491
2020	23.050	20.745
2021	23.301	20.971
2022	23.552	21.197
2023	23.803	21.423
2024	24.054	21.649
2025	24.305	21.875
2026	24.505	22.055
2027	24.705	22.235
2028	24.905	22.415
2029	25.105	22.595
2030	25.304	22.774

Através desta tabela foram calculadas as produções de lodo, de pellet e de cinzas admitindo-se relação linear entre elas e a população atendida. Para a obtenção dos quadros de comparação de custos, foram adotados os preços atuais e, pressupondo variação proporcional entre eles, a inflação pode ser desconsiderada, assim, os custos são expressos em termos de poder de compra.

Também não foi considerado o possível retorno financeiro que a venda desse pellet poderia gerar para seu uso na agricultura ou na indústria.

As tabelas apresentam apenas comparações econômicas entre os custos associados ao transporte do lodo, ao consumo de gás combustível e à aquisição dos equipamentos.

As opções de tratamento e de disposição do lodo para a ETE Guararema consideradas foram:

Opção 1: Uso apenas de GLP para fazer a secagem do lodo. Solução atualmente adotada em Guararema. Considerou-se no cálculo o custo de aquisição do secador, o custo do GLP consumido e o custo do transporte do pellet ao aterro e sua disposição. A Tabela 17 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 17: Custo acumulado - opção 1

Ano	Preço Médio de Transporte de Lodo. (R\$/km.m³)	Distância percorrida ETE ABC até o Aterro. (km)	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de Gás (kg/ano)	Custo do GLP (R\$/kg)	Custo Gás (R\$/ano)	Gasto Total (Gás + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo massa úmida (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2012			9	R\$ 392,45	1104,0		R\$ 4.559,52	R\$ 4.951,97	5,86	1	R\$ 600.000,00	R\$ 604.951,97	R\$ 604.951,97
2013			10	R\$ 432,37	1216,3		R\$ 5.023,33	R\$ 5.455,69	6,46	1	R\$ -	R\$ 5.455,69	R\$ 610.407,66
2014			11	R\$ 472,29	1328,6		R\$ 5.487,13	R\$ 5.959,42	7,06	1	R\$ -	R\$ 5.959,42	R\$ 616.367,08
2015			12	R\$ 512,21	1440,9		R\$ 5.950,94	R\$ 6.463,15	7,65	1	R\$ -	R\$ 6.463,15	R\$ 622.830,23
2016			13	R\$ 552,13	1553,2		R\$ 6.414,75	R\$ 6.966,88	8,25	1	R\$ -	R\$ 6.966,88	R\$ 629.797,10
2017			14	R\$ 592,05	1665,5		R\$ 6.878,56	R\$ 7.470,60	8,84	1	R\$ -	R\$ 7.470,60	R\$ 637.267,71
2018			14	R\$ 631,97	1777,8		R\$ 7.342,36	R\$ 7.974,33	9,44	1	R\$ -	R\$ 7.974,33	R\$ 645.242,04
2019			15	R\$ 639,92	1800,2		R\$ 7.434,78	R\$ 8.074,70	9,56	1	R\$ -	R\$ 8.074,70	R\$ 653.316,74
2020			15	R\$ 647,85	1822,5		R\$ 7.526,86	R\$ 8.174,71	9,68	1	R\$ -	R\$ 8.174,71	R\$ 661.491,45
2021			15	R\$ 654,90	1842,3		R\$ 7.608,82	R\$ 8.263,73	9,78	1	R\$ -	R\$ 8.263,73	R\$ 669.755,18
2022	R\$ 0,57	76,5	15	R\$ 661,96	1862,2	R\$ 4,13	R\$ 7.690,79	R\$ 8.352,74	9,89	1	R\$ -	R\$ 8.352,74	R\$ 678.107,92
2023			15	R\$ 669,01	1882,0		R\$ 7.772,75	R\$ 8.441,76	9,99	1	R\$ -	R\$ 8.441,76	R\$ 686.549,68
2024			16	R\$ 676,07	1901,9		R\$ 7.854,71	R\$ 8.530,78	10,10	1	R\$ -	R\$ 8.530,78	R\$ 695.080,46
2025			16	R\$ 683,12	1921,7		R\$ 7.936,68	R\$ 8.619,80	10,20	1	R\$ -	R\$ 8.619,80	R\$ 703.700,26
2026			16	R\$ 688,74	1937,5		R\$ 8.001,98	R\$ 8.690,73	10,29	1	R\$ -	R\$ 8.690,73	R\$ 712.390,99
2027			16	R\$ 694,36	1953,3		R\$ 8.067,29	R\$ 8.761,66	10,37	1	R\$ -	R\$ 8.761,66	R\$ 721.152,64
2028			16	R\$ 699,99	1969,2		R\$ 8.132,60	R\$ 8.832,59	10,46	1	R\$ -	R\$ 8.832,59	R\$ 729.985,23
2029			16	R\$ 705,61	1985,0		R\$ 8.197,91	R\$ 8.903,52	10,54	1	R\$ -	R\$ 8.903,52	R\$ 738.888,75
2030			16	R\$ 711,20	2000,7		R\$ 8.262,89	R\$ 8.974,09	10,62	1	R\$ -	R\$ 8.974,09	R\$ 747.862,84

Opção 2: Disposição do lodo em aterro sem a secagem térmica. Considerou-se como custo somente o gasto com o transporte e a disposição do lodo úmido em aterro. Lembrando-se que, além do custo maior com o transporte, há o impacto ambiental causado pela disposição desse lodo. A Tabela 18 sintetiza o resultado obtido.

Tabela 18: Custo acumulado - opção 2

Ano	Preço Médio de Transporte de Lodo. (R\$/km.m³)	Distância percorrida ETE ABC até o Aterro. (km)	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de Gás (kg/ano)	Custo do GLP (R\$/kg)	Custo Gás (R\$/ano)	Gasto Total (Gás + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo massa úmida (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2012		CDR PEDREIRA	44	R\$ 1.918,62	0,0	R\$ 4,13	R\$ -	R\$ 1.918,62	5,82		R\$ -	R\$ 1.918,62	R\$ 1.918,62
2013			48	R\$ 2.113,79	0,0		R\$ -	R\$ 2.113,79	6,41		R\$ -	R\$ 2.113,79	R\$ 4.032,41
2014			53	R\$ 2.308,95	0,0		R\$ -	R\$ 2.308,95	7,01		R\$ -	R\$ 2.308,95	R\$ 6.341,36
2015			57	R\$ 2.504,12	0,0		R\$ -	R\$ 2.504,12	7,60		R\$ -	R\$ 2.504,12	R\$ 8.845,48
2016			62	R\$ 2.699,29	0,0		R\$ -	R\$ 2.699,29	8,19		R\$ -	R\$ 2.699,29	R\$ 11.544,77
2017			66	R\$ 2.894,46	0,0		R\$ -	R\$ 2.894,46	8,78		R\$ -	R\$ 2.894,46	R\$ 14.439,23
2018			71	R\$ 3.089,62	0,0		R\$ -	R\$ 3.089,62	9,38		R\$ -	R\$ 3.089,62	R\$ 17.528,86
2019			72	R\$ 3.128,51	0,0		R\$ -	R\$ 3.128,51	9,49		R\$ -	R\$ 3.128,51	R\$ 20.657,37
2020			73	R\$ 3.167,26	0,0		R\$ -	R\$ 3.167,26	9,61		R\$ -	R\$ 3.167,26	R\$ 23.824,63
2021	R\$ 0,57		73	R\$ 3.201,75	0,0		R\$ -	R\$ 3.201,75	9,72		R\$ -	R\$ 3.201,75	R\$ 27.026,38
2022		76,5	74	R\$ 3.236,24	0,0	R\$ 4,13	R\$ -	R\$ 3.236,24	9,82		R\$ -	R\$ 3.236,24	R\$ 30.262,62
2023			75	R\$ 3.270,73	0,0		R\$ -	R\$ 3.270,73	9,93		R\$ -	R\$ 3.270,73	R\$ 33.533,35
2024			76	R\$ 3.305,22	0,0		R\$ -	R\$ 3.305,22	10,03		R\$ -	R\$ 3.305,22	R\$ 36.838,56
2025			77	R\$ 3.339,71	0,0		R\$ -	R\$ 3.339,71	10,14		R\$ -	R\$ 3.339,71	R\$ 40.178,27
2026			77	R\$ 3.367,19	0,0		R\$ -	R\$ 3.367,19	10,22		R\$ -	R\$ 3.367,19	R\$ 43.545,46
2027			78	R\$ 3.394,67	0,0		R\$ -	R\$ 3.394,67	10,30		R\$ -	R\$ 3.394,67	R\$ 46.940,13
2028			78	R\$ 3.422,15	0,0		R\$ -	R\$ 3.422,15	10,39		R\$ -	R\$ 3.422,15	R\$ 50.362,28
2029			79	R\$ 3.449,63	0,0		R\$ -	R\$ 3.449,63	10,47		R\$ -	R\$ 3.449,63	R\$ 53.811,92
2030			80	R\$ 3.476,98	0,0		R\$ -	R\$ 3.476,98	10,55		R\$ -	R\$ 3.476,98	R\$ 57.288,90

Opção 3: Uso do pellet com complementação por GLP para a secagem do lodo. A energia liberada na queima do pellet não é suficiente para fazer toda a secagem do lodo, logo há que se complementar com o uso do GLP. Somaram-se o custo de aquisição do secador e do combustor, o gasto com o GLP consumido para complementar a energia necessária, e o custo do transporte e disposição das cinzas em um aterro. Com essa queima do pellet restam apenas cinzas o que reduz muito o volume a ser disposto no aterro. A Tabela 19 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 19: Custo acumulado - opção 3

Ano	Preço Médio de Transporte de Lodo. (R\$/km.m³)	Distância percorrida ETE ABC até o Aterro. (km)	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de Gás (kg/ano)	Custo do GLP (R\$/kg)	Custo Gás (R\$/ano)	Gasto Total (Gás + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo massa úmida (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2012			9	R\$ 392,45	1104,0		R\$ 4.559,52	R\$ 4.951,97	5,86	1	R\$ 600.000,00	R\$ 604.951,97	R\$ 604.951,97
2013			10	R\$ 432,37	1121,4		R\$ 4.631,47	R\$ 5.063,84	6,46	1	R\$ -	R\$ 5.063,84	R\$ 610.015,80
2014			1,59	R\$ 69,27	154,1		R\$ 636,51	R\$ 705,78	7,06	1	R\$ 500.000,00	R\$ 500.705,78	R\$ 1.110.721,58
2015			1,72	R\$ 75,12	167,1		R\$ 690,31	R\$ 765,43	7,65	1	R\$ -	R\$ 765,43	R\$ 1.111.487,01
2016			1,86	R\$ 80,98	180,2		R\$ 744,11	R\$ 825,09	8,25	1	R\$ -	R\$ 825,09	R\$ 1.112.312,10
2017			1,99	R\$ 86,83	193,2		R\$ 797,91	R\$ 884,75	8,84	1	R\$ -	R\$ 884,75	R\$ 1.113.196,84
2018			2,13	R\$ 92,69	206,2		R\$ 851,71	R\$ 944,40	9,44	1	R\$ -	R\$ 944,40	R\$ 1.114.141,25
2019			2,15	R\$ 93,86	208,8		R\$ 862,43	R\$ 956,29	9,56	1	R\$ -	R\$ 956,29	R\$ 1.115.097,54
2020			2,18	R\$ 95,02	211,4		R\$ 873,12	R\$ 968,13	9,68	1	R\$ -	R\$ 968,13	R\$ 1.116.065,67
2021	R\$ 0,57	76,5	2,20	R\$ 96,05	213,7	R\$ 4,13	R\$ 882,62	R\$ 978,68	9,78	1	R\$ -	R\$ 978,68	R\$ 1.117.044,35
2022			2,23	R\$ 97,09	216,0		R\$ 892,13	R\$ 989,22	9,89	1	R\$ -	R\$ 989,22	R\$ 1.118.033,57
2023			2,25	R\$ 98,12	218,3		R\$ 901,64	R\$ 999,76	9,99	1	R\$ -	R\$ 999,76	R\$ 1.119.033,33
2024			2,27	R\$ 99,16	220,6		R\$ 911,15	R\$ 1.010,30	10,10	1	R\$ -	R\$ 1.010,30	R\$ 1.120.043,63
2025			2,30	R\$ 100,19	222,9		R\$ 920,65	R\$ 1.020,85	10,20	1	R\$ -	R\$ 1.020,85	R\$ 1.121.064,47
2026			2,32	R\$ 101,02	224,8		R\$ 928,23	R\$ 1.029,25	10,29	1	R\$ -	R\$ 1.029,25	R\$ 1.122.093,72
2027			2,34	R\$ 101,84	226,6		R\$ 935,81	R\$ 1.037,65	10,37	1	R\$ -	R\$ 1.037,65	R\$ 1.123.131,37
2028			2,35	R\$ 102,66	228,4		R\$ 943,38	R\$ 1.046,05	10,46	1	R\$ -	R\$ 1.046,05	R\$ 1.124.177,41
2029			2,37	R\$ 103,49	230,3		R\$ 950,96	R\$ 1.054,45	10,54	1	R\$ -	R\$ 1.054,45	R\$ 1.125.231,86
2030			2,39	R\$ 104,31	232,1		R\$ 958,50	R\$ 1.062,81	10,62	1	R\$ -	R\$ 1.062,81	R\$ 1.126.294,67

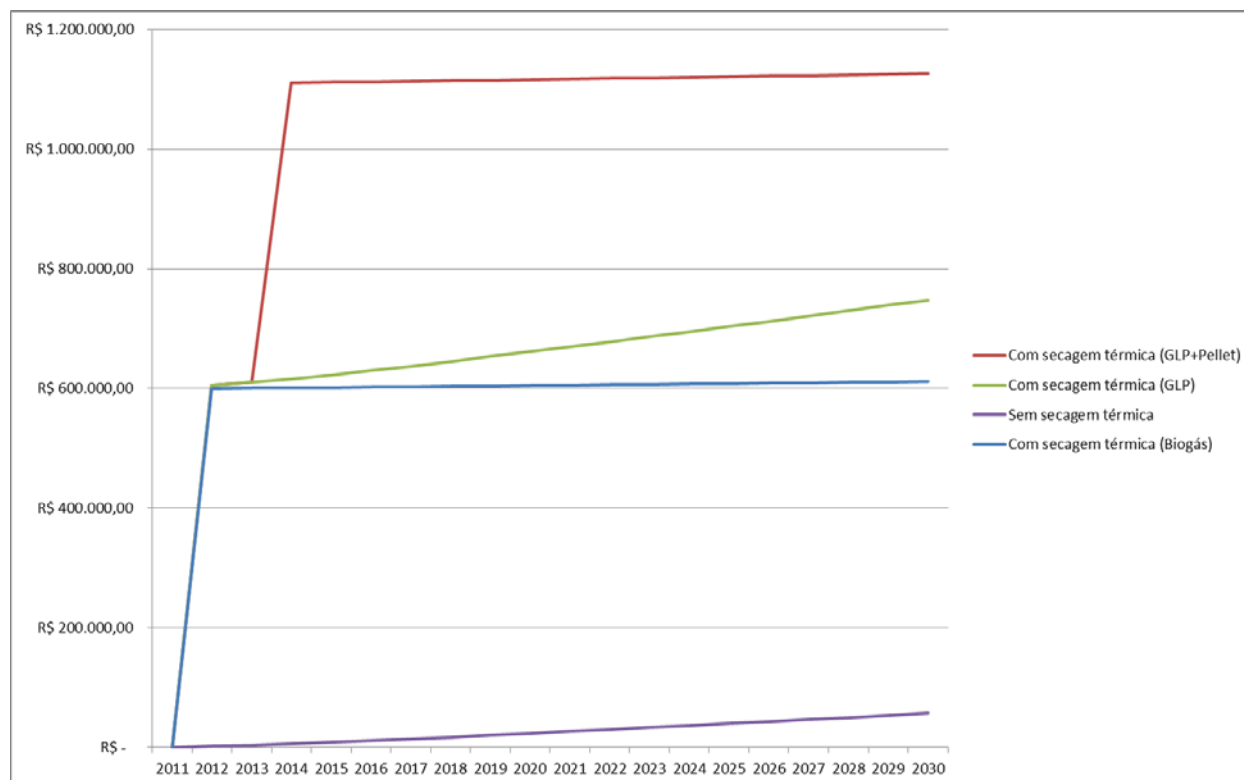
Opção 4: Uso de biogás. Apesar da ETE Guararema não gerar biogás, pois ela não possui biodigestores, foi feita essa análise porque potencialmente ela pode gerar biogás e com o uso dele o custo com o GLP seria diminuído ou até retirado. Para o cálculo desse potencial de biogás produzido foi adotada a taxa de geração de 25L/hab (ANDREOLI, 2001). Nesse caso, o custo total foi composto pelo custo de aquisição do secador mais o custo do transporte e disposição do pellet no aterro, sendo desconsiderada uma eventual adequação da ETE que seria necessário. A Tabela 20 sintetiza os resultados obtidos.

Tabela 20: Custo acumulado - opção 4

Ano	Preço Médio de Transporte de Lodo. (R\$/km.m³)	Distância percorrida ETE ABC até o Aterro. (km)	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de Gás (kg/ano)	Custo do GLP (R\$/kg)	Custo Gás (R\$/ano)	Gasto Total (Gás + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo massa úmida (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2012		CDR PEDREIRA	9	R\$ 392,45	0,0	R\$ 4,13	R\$ -	R\$ 392,45	5,86	1	R\$ 600.000,00	R\$ 600.392,45	R\$ 600.392,45
2013			10	R\$ 432,37	0,0		R\$ -	R\$ 432,37	6,46	1	R\$ -	R\$ 432,37	R\$ 600.824,81
2014			11	R\$ 472,29	0,0		R\$ -	R\$ 472,29	7,06	1	R\$ -	R\$ 472,29	R\$ 601.297,10
2015			12	R\$ 512,21	0,0		R\$ -	R\$ 512,21	7,65	1	R\$ -	R\$ 512,21	R\$ 601.809,30
2016			13	R\$ 552,13	0,0		R\$ -	R\$ 552,13	8,25	1	R\$ -	R\$ 552,13	R\$ 602.361,43
2017			14	R\$ 592,05	0,0		R\$ -	R\$ 592,05	8,84	1	R\$ -	R\$ 592,05	R\$ 602.953,48
2018			14	R\$ 631,97	0,0		R\$ -	R\$ 631,97	9,44	1	R\$ -	R\$ 631,97	R\$ 603.585,45
2019			15	R\$ 639,92	0,0		R\$ -	R\$ 639,92	9,56	1	R\$ -	R\$ 639,92	R\$ 604.225,37
2020			15	R\$ 647,85	0,0		R\$ -	R\$ 647,85	9,68	1	R\$ -	R\$ 647,85	R\$ 604.873,22
2021	R\$ 0,57		15	R\$ 654,90	0,0		R\$ -	R\$ 654,90	9,78	1	R\$ -	R\$ 654,90	R\$ 605.528,12
2022			15	R\$ 661,96	0,0		R\$ -	R\$ 661,96	9,89	1	R\$ -	R\$ 661,96	R\$ 606.190,08
2023		76,5	15	R\$ 669,01	0,0	R\$ 4,13	R\$ -	R\$ 669,01	9,99	1	R\$ -	R\$ 669,01	R\$ 606.859,09
2024			16	R\$ 676,07	0,0		R\$ -	R\$ 676,07	10,10	1	R\$ -	R\$ 676,07	R\$ 607.535,16
2025			16	R\$ 683,12	0,0		R\$ -	R\$ 683,12	10,20	1	R\$ -	R\$ 683,12	R\$ 608.218,28
2026			16	R\$ 688,74	0,0		R\$ -	R\$ 688,74	10,29	1	R\$ -	R\$ 688,74	R\$ 608.907,03
2027			16	R\$ 694,36	0,0		R\$ -	R\$ 694,36	10,37	1	R\$ -	R\$ 694,36	R\$ 609.601,39
2028			16	R\$ 699,99	0,0		R\$ -	R\$ 699,99	10,46	1	R\$ -	R\$ 699,99	R\$ 610.301,38
2029			16	R\$ 705,61	0,0		R\$ -	R\$ 705,61	10,54	1	R\$ -	R\$ 705,61	R\$ 611.006,98
2030			16	R\$ 711,20	0,0		R\$ -	R\$ 711,20	10,62	1	R\$ -	R\$ 711,20	R\$ 611.718,18

O Gráfico 5 sintetiza os gastos acumulados de cada uma das opções.

Gráfico 5: Comparação dos custos acumulados - ETE Guararema



5.7 Conclusão para o tratamento de lodo da ETE Guararema

Conclui-se que a secagem térmica não é economicamente viável. O custo do investimento com o secador é muito elevado sendo que o custo do transporte e disposição em aterro do lodo é relativamente baixo, pois o volume de lodo gerado é muito baixo. Pelo Gráfico 5 observa-se que num horizonte até 2030 as curvas das opções com secagem térmica não se encontram com a curva da opção sem secagem, logo a secagem não é viável para Guararema. Essa é uma tendência para ETEs de pequeno porte já que o gasto com transporte e disposição de lodo não é muito grande devido ao baixo volume de lodo produzido.

Com esse estudo de caso verificou-se que a secagem térmica é uma solução tecnicamente possível, mas com um custo relativamente alto de implantação. Esse

custo de implantação deve ser amortizado no decorrer dos anos com a redução do custo do transporte para ser economicamente viável. Ou então com a imposição de leis e incentivos governamentais de caráter sustentável.

6 COMPARAÇÃO ECONÔMICA PARA TRATAMENTO DO LODO PARA A RMSP

Neste capítulo é analisado o uso de secagem térmica para as 5 grandes ETEs do Sistema Principal para que possa ser verificado se em Estações de maior porte o seu uso apresenta vantagem econômica se comparada com a disposição do lodo úmido em aterros sanitários.

6.1 Metodologia

As projeções populacionais, a produção de lodo adotadas foram as apresentadas no cenário 1 pelo Plano Diretor de Esgoto e estão na Tabela 9 e o custo com transporte e disposição do lodo em aterro adotados foram retirados do Plano Diretor de Esgoto, conforme descrito na Tabela 12.

Os preços do equipamento de secagem térmica e do combustor foram fornecidos pela Albrecht. Foi considerado apenas um modelo de equipamento com o intuito de fazer a mesma comparação para todas as ETEs. Esse valor do secador pode vir a ser reduzido conforme uma compra em maior escala ou com incentivos governamentais de redução de imposto. Além disso, podem-se obter preços e equipamentos mais acessíveis conforme o tamanho da ETE e da produção de lodo. O orçamento com as especificações técnicas fornecido pela a empresa Albrecht para o equipamento considerado neste estudo é apresentado no anexo 4. Este aparelho admite diferentes tipos de gás como combustível, os quais são: GLP, gás natural (GN) ou biogás.

Os gases escolhidos para esta análise foram o biogás, considerando-se que em 4 das cinco ETEs do Sistema Principal existe a produção deste gás, e o GN, pois observou-se menor custo se comparado à utilização do GLP.

Nesta análise, foram adotadas as seguintes premissas simplificadoras:

- os crescimentos da população e da produção de lodo foram linearmente interpolados a partir dos valores estimados para os anos de 2010, 2015, 2020, 2025 e 2030 apresentados no Plano Diretor de Esgoto;
- relação linear entre o gás consumido no processo de secagem térmica e a massa de lodo úmido a ser seca;
- variação dos custos e preços proporcionais entre si, podendo-se assim se desconsiderar a inflação;
- não foram considerados custos de operação dos secadores térmicos;
- o biogás produzido será integralmente utilizado na secagem térmica, ou seja, considerou-se que no aquecimento dos biodigestores não será utilizado o biogás produzido neles;
- não foi considerado o custo de disposição do lodo nos aterros sanitários, pois atualmente a SABESP possui um acordo com os CTRs e CDRs, onde ela dispõe o lodo nesses aterros e os aterros enviam o chorume coletado para as ETEs.

Para estimar a produção de biogás foi utilizado o seguinte procedimento:

- a partir da produção de lodo prevista, utilizando-se de taxas de produção entre 0,1 e 0,2L/hab.dia (ADREOLI, 2001), a população atendida foi estimada. A calibração do índice de produção de lodo por habitante por dia foi feita considerando-se que 90% da população prevista para 2030 seria atendida, o que se enquadra no conceito de universalização do tratamento de esgoto adotado pela Sabesp;
- a produção potencial de biogás foi calculada baseada na taxa de produção de 25 L/hab.dia (ANDREOLI, 2001) aplicada à estimativa da evolução da população atendida;

O cálculo dos custos de transporte de lodo de cada ETE foi analisado considerando 4 cenários diferentes:

- Cenário 1: Sem secagem térmica. O lodo é transportado direto para um aterro sanitário com teor de sólido de cerca de 30% - Cenário atual;

- Cenário 2: Secagem térmica do lodo com o uso do biogás;
- Cenário 3: Secagem térmica do lodo com o uso do GN;
- Cenário 4: Secagem térmica com o uso do pellet e complementado com o uso do biogás.

Para cada cenário foi considerado o seguinte procedimento:

-Cálculo do volume a ser transportado. Retirado do plano diretor e interpolado conforme dito anteriormente para o cenário 1. Para o cenário 2 e 3 foi considerado um teor de sólidos de 20% de acordo com as especificações técnicas do fabricante do secador (anexo 4) para o cenário 4 foi considerado que as cinzas que sobram da queima do pellet na secagem é da ordem de 3% do volume de lodo antes do secador.

-Interpolação dos dados da Tabela 8 de produção estimada de lodo para calcular o consumo de gás (GN ou Biogás). Consumo este obtido a partir dos dados técnicos do secador com uma relação linear com a massa de lodo secado:

- Consumo de biogás: 740,7Nm³/h para a capacidade do secador (5000 kg/h)
- Consumo de GN: 426,4Nm³/h para a capacidade do secador (5000 kg/h)

-Cálculo do custo final do transporte do lodo, considerando a distância da ETE até o CDR (Tabela 11), o custo deste transporte (Tabela 12), o volume a ser transportado, o custo do gás combustível (R\$ 1,32/Nm³ para GN) e o custo do investimento do secador conforme (anexo 4).

- Adotou-se como custo de manutenção 5% do valor do secador a cada dois anos.

-Comparação para o cenário 2 se a produção potencial de Biogás atende a necessidade do secador.

Após o cálculo dos custos anuais foi feito um gráfico comparativo dos custos acumulados entre os 4 cenários para uma melhor visualização.

A seguir são apresentadas as 5 grandes ETEs da RMSP e as análises da implantação de sistemas de secagem térmica nelas com as seguintes opções:

6.2 ETE Parque Novo Mundo

A ETE Parque Novo Mundo atualmente tem de capacidade de tratamento de 2,5m³/s, atende os municípios de Guarulhos e São Paulo e conta com os seguintes sistemas de tratamento:

-Tratamento preliminar:

- Gradeamento;
- Peneiras Rotativas;
- Desarenador;

-Lodos Ativados:

- Tanque de aeração;
- Decantador secundário.

-Adensamento:

- Filtro-prensa

A Figura 39 apresenta uma vista aérea da área da ETE Parque Novo Mundo.



Figura 39: Vista aérea da ETE Parque Novo Mundo

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

Segundo o Plano Diretor de Esgotos de 2008, o desempenho da ETE Parque Novo Mundo é limitado, entre outros fatores, pelo tratamento da fase sólida que impede o descarte do excesso de lodos ativados da forma ideal, o que faz com que a quantidade de lodo retornada aos tanques de aeração seja acima do necessário comprometendo o desempenho do processo.

Desta forma, como solução, dentre as alternativas estudadas, optou-se pelo transporte do lodo gerado na ETE Parque Novo Mundo para a ETE Barueri.

6.3 ETE Barueri

A ETE Barueri atualmente tem de capacidade de tratamento de $9,5\text{m}^3/\text{s}$ e é a maior ETE do Sistema Principal. Atende os municípios de Barueri, Carapicuíba, Cotia, Embu, Itapeverica da Serra, Itapevi, Jandira, Osasco, Santana de Parnaíba, São Paulo e Taboão da Serra e conta com os seguintes sistemas de tratamento:

-Tratamento preliminar:

- Gradeamento;

- Desarenador;

-Tratamento primário:

- Decantador primário.

-Lodos Ativados:

- Tanque de aeração;
- Decantador secundário.

-Digestão de lodo:

- Digestor anaeróbio.

-Adensamento:

- Adensador por gravidade para lodos primários;
- Adensador por flotação para lodos secundários.
- Filtro-prensa.

A Figura 40 apresenta uma vista aérea da área da ETE Barueri.



Figura 40: Vista aérea da ETE Barueri

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

6.3.1 Comparação de custos do tratamento do lodo – ETEs Barueri e Parque Novo Mundo

Conforme descrito na metodologia, primeiramente foi feita as interpolações para o cálculo das populações e para o volume de lodo produzido ano a ano. A partir disso foi calibrado o índice e estimada a população atendida e a partir da população atendida foi obtido a produção potencial de biogás da ETE. A calibração do índice é apresentada abaixo.

População em 2030 ETE BAR+PNM: 12589834 hab. x 90% = 11330851 hab.

Volume de lodo produzido 2030 ETE BAR+PNM: 1596 m³/dia = 1596000 L/dia

Portanto dividindo o lodo pela população temos:

$$1596000/11330851 = 0,141$$

Portanto é aceitável, pois se encontra dentro da faixa estabelecida de 0,1 – 0,2.

Abaixo é apresentada a Tabela 21, com os resultados obtidos:

Tabela 21: Estimativa da produção de biogás – ETE Barueri e Parque Novo Mundo

ANO	POPULAÇÃO ETE BARUERI (HAB)	POPULAÇÃO ETE PQ. NOVO MUNDO (HAB)	POPULAÇÃO TOTAL (HAB)	VOLUME DE LODO PRODUZIDO (m³/ano)	ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO ATENDIDA (HAB)	PERCENTUAL DE ATENDIMENTO	PRODUÇÃO POTENCIAL DE BIOGÁS (m³/h)
2010	8.489.386	2.804.288	11.293.674	225570,0	4.387.510	39%	4570,3
2011	8.548.745	2.822.706	11.371.451	253383,0	4.928.494	43%	5133,8
2012	8.608.104	2.841.124	11.449.228	281196,0	5.469.478	48%	5697,4
2013	8.667.463	2.859.542	11.527.005	309009,0	6.010.463	52%	6260,9
2014	8.726.822	2.877.960	11.604.782	336822,0	6.551.447	56%	6824,4
2015	8.786.177	2.896.378	11.682.555	364635,0	7.092.431	61%	7387,9
2016	8.840.352	2.912.211	11.752.563	427171,7	8.308.817	71%	8655,0
2017	8.894.527	2.928.044	11.822.571	489708,3	9.525.204	81%	9922,1
2018	8.948.702	2.943.877	11.892.579	552245,0	10.741.590	90%	11189,2
2019	9.002.877	2.959.710	11.962.587	555712,5	10.809.035	90%	11259,4
2020	9.057.050	2.975.542	12.032.592	559180,0	10.876.481	90%	11329,7
2021	9.105.081	2.989.619	12.094.700	561491,7	10.921.445	90%	11376,5
2022	9.153.112	3.003.695	12.156.807	563803,3	10.966.408	90%	11423,3
2023	9.201.143	3.017.771	12.218.914	566115,0	11.011.372	90%	11470,2
2024	9.249.174	3.031.848	12.281.022	568461,4	11.057.012	90%	11517,7
2025	9.297.202	3.045.923	12.343.125	570807,9	11.102.652	90%	11565,3
2026	9.335.334	3.057.133	12.392.467	573154,3	11.148.292	90%	11612,8
2027	9.373.466	3.068.343	12.441.809	575500,7	11.193.931	90%	11660,3
2028	9.411.598	3.079.553	12.491.151	577847,1	11.239.571	90%	11707,9
2029	9.449.730	3.090.763	12.540.493	580193,6	11.285.211	90%	11755,4
2030	9.487.861	3.101.973	12.589.834	582540,0	11.330.851	90%	11803,0

Assim, os custos com transporte e secagem para as quatro opções propostas serão as apresentadas nas Tabelas 22 a 25.

Tabela 22: Cenário 1 - ETE Barueri e Parque Novo Mundo

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	225.570	R\$ 5.955.048,00	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 5.955.048,00	25.750		R\$ -	R\$ 5.955.048,00	R\$ 5.955.048,00
2011	253.383	R\$ 6.689.311,20	0		R\$ -	R\$ 6.689.311,20	28.950		R\$ -	R\$ 6.689.311,20	R\$ 12.644.359,20
2012	281.196	R\$ 7.423.574,40	0		R\$ -	R\$ 7.423.574,40	32.150		R\$ -	R\$ 7.423.574,40	R\$ 20.067.933,60
2013	309.009	R\$ 8.157.837,60	0		R\$ -	R\$ 8.157.837,60	35.350		R\$ -	R\$ 8.157.837,60	R\$ 28.225.771,20
2014	336.822	R\$ 8.892.100,80	0		R\$ -	R\$ 8.892.100,80	38.550		R\$ -	R\$ 8.892.100,80	R\$ 37.117.872,00
2015	364.635	R\$ 9.626.364,00	0		R\$ -	R\$ 9.626.364,00	41.750		R\$ -	R\$ 9.626.364,00	R\$ 46.744.236,00
2016	427.172	R\$ 11.277.332,00	0		R\$ -	R\$ 11.277.332,00	50.806		R\$ -	R\$ 11.277.332,00	R\$ 58.021.568,00
2017	489.708	R\$ 12.928.300,00	0		R\$ -	R\$ 12.928.300,00	59.861		R\$ -	R\$ 12.928.300,00	R\$ 70.949.868,00
2018	552.245	R\$ 14.579.268,00	0		R\$ -	R\$ 14.579.268,00	68.917		R\$ -	R\$ 14.579.268,00	R\$ 85.529.136,00
2019	555.713	R\$ 14.670.810,00	0		R\$ -	R\$ 14.670.810,00	69.354		R\$ -	R\$ 14.670.810,00	R\$ 100.199.946,00
2020	559.180	R\$ 14.762.352,00	0		R\$ -	R\$ 14.762.352,00	69.792		R\$ -	R\$ 14.762.352,00	R\$ 114.962.298,00
2021	561.492	R\$ 14.823.380,00	0		R\$ -	R\$ 14.823.380,00	70.069		R\$ -	R\$ 14.823.380,00	R\$ 129.785.678,00
2022	563.803	R\$ 14.884.408,00	0		R\$ -	R\$ 14.884.408,00	70.347		R\$ -	R\$ 14.884.408,00	R\$ 144.670.086,00
2023	566.115	R\$ 14.945.436,00	0		R\$ -	R\$ 14.945.436,00	70.625		R\$ -	R\$ 14.945.436,00	R\$ 159.615.522,00
2024	568.461	R\$ 15.007.381,71	0		R\$ -	R\$ 15.007.381,71	70.917		R\$ -	R\$ 15.007.381,71	R\$ 174.622.903,71
2025	570.808	R\$ 15.069.327,43	0		R\$ -	R\$ 15.069.327,43	71.208		R\$ -	R\$ 15.069.327,43	R\$ 189.692.231,14
2026	573.154	R\$ 15.131.273,14	0		R\$ -	R\$ 15.131.273,14	71.500		R\$ -	R\$ 15.131.273,14	R\$ 204.823.504,29
2027	575.501	R\$ 15.193.218,86	0		R\$ -	R\$ 15.193.218,86	71.792		R\$ -	R\$ 15.193.218,86	R\$ 220.016.723,14
2028	577.847	R\$ 15.255.164,57	0		R\$ -	R\$ 15.255.164,57	72.083		R\$ -	R\$ 15.255.164,57	R\$ 235.271.887,71
2029	580.194	R\$ 15.317.110,29	0		R\$ -	R\$ 15.317.110,29	72.375		R\$ -	R\$ 15.317.110,29	R\$ 250.588.998,00
2030	582.540	R\$ 15.379.056,00	0		R\$ -	R\$ 15.379.056,00	72.667		R\$ -	R\$ 15.379.056,00	R\$ 265.968.054,00

Tabela 23: Cenário 2 - ETE Barueri e Parque Novo Mundo

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	225.570	R\$ 5.955.048,00	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 5.955.048,00	25.750		R\$ -	R\$ 5.955.048,00	R\$ 5.955.048,00
2011	253.383	R\$ 6.689.311,20	0		R\$ -	R\$ 6.689.311,20	28.950		R\$ -	R\$ 6.689.311,20	R\$ 12.644.359,20
2012	281.196	R\$ 7.423.574,40	0		R\$ -	R\$ 7.423.574,40	32.150		R\$ -	R\$ 7.423.574,40	R\$ 20.067.933,60
2013	309.009	R\$ 8.157.837,60	0		R\$ -	R\$ 8.157.837,60	35.350		R\$ -	R\$ 8.157.837,60	R\$ 28.225.771,20
2014	84.206	R\$ 2.223.025,20	0		R\$ -	R\$ 2.223.025,20	38.550	8	R\$ 60.000.000,00	R\$ 62.223.025,20	R\$ 90.448.796,40
2015	91.159	R\$ 2.406.591,00	0		R\$ -	R\$ 2.406.591,00	41.750	9	R\$ 10.500.000,00	R\$ 12.906.591,00	R\$ 103.355.387,40
2016	106.793	R\$ 2.819.333,00	0		R\$ -	R\$ 2.819.333,00	50.806	11	R\$ 15.000.000,00	R\$ 17.819.333,00	R\$ 121.174.720,40
2017	122.427	R\$ 3.232.075,00	0		R\$ -	R\$ 3.232.075,00	59.861	12	R\$ 11.625.000,00	R\$ 14.857.075,00	R\$ 136.031.795,40
2018	138.061	R\$ 3.644.817,00	0		R\$ -	R\$ 3.644.817,00	68.917	14	R\$ 15.000.000,00	R\$ 18.644.817,00	R\$ 154.676.612,40
2019	138.928	R\$ 3.667.702,50	0		R\$ -	R\$ 3.667.702,50	69.354	14	R\$ 5.250.000,00	R\$ 8.917.702,50	R\$ 163.594.314,90
2020	139.795	R\$ 3.690.588,00	0		R\$ -	R\$ 3.690.588,00	69.792	14	R\$ -	R\$ 3.690.588,00	R\$ 167.284.902,90
2021	140.373	R\$ 3.705.845,00	0		R\$ -	R\$ 3.705.845,00	70.069	15	R\$ 12.750.000,00	R\$ 16.455.845,00	R\$ 183.740.747,90
2022	140.951	R\$ 3.721.102,00	0		R\$ -	R\$ 3.721.102,00	70.347	15	R\$ -	R\$ 3.721.102,00	R\$ 187.461.849,90
2023	141.529	R\$ 3.736.359,00	0		R\$ -	R\$ 3.736.359,00	70.625	15	R\$ 5.625.000,00	R\$ 9.361.359,00	R\$ 196.823.208,90
2024	142.115	R\$ 3.751.845,43	0		R\$ -	R\$ 3.751.845,43	70.917	15	R\$ -	R\$ 3.751.845,43	R\$ 200.575.054,33
2025	142.702	R\$ 3.767.331,86	0		R\$ -	R\$ 3.767.331,86	71.208	15	R\$ 5.625.000,00	R\$ 9.392.331,86	R\$ 209.967.386,19
2026	143.289	R\$ 3.782.818,29	0		R\$ -	R\$ 3.782.818,29	71.500	15	R\$ -	R\$ 3.782.818,29	R\$ 213.750.204,47
2027	143.875	R\$ 3.798.304,71	0		R\$ -	R\$ 3.798.304,71	71.792	15	R\$ 5.625.000,00	R\$ 9.423.304,71	R\$ 223.173.509,19
2028	144.462	R\$ 3.813.791,14	0		R\$ -	R\$ 3.813.791,14	72.083	15	R\$ -	R\$ 3.813.791,14	R\$ 226.987.300,33
2029	145.048	R\$ 3.829.277,57	0		R\$ -	R\$ 3.829.277,57	72.375	15	R\$ 5.625.000,00	R\$ 9.454.277,57	R\$ 236.441.577,90
2030	145.635	R\$ 3.844.764,00	0		R\$ -	R\$ 3.844.764,00	72.667	15	R\$ -	R\$ 3.844.764,00	R\$ 240.286.341,90

Tabela 24: Cenário 3 - ETE Barueri e Parque Novo Mundo

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	225.570	R\$ 5.955.048,00	0		R\$ -	R\$ 5.955.048,00	25.750		R\$ -	R\$ 5.955.048,00	R\$ 5.955.048,00
2011	253.383	R\$ 6.689.311,20	0		R\$ -	R\$ 6.689.311,20	28.950		R\$ -	R\$ 6.689.311,20	R\$ 12.644.359,20
2012	281.196	R\$ 7.423.574,40	0		R\$ -	R\$ 7.423.574,40	32.150		R\$ -	R\$ 7.423.574,40	R\$ 20.067.933,60
2013	309.009	R\$ 8.157.837,60	0		R\$ -	R\$ 8.157.837,60	35.350		R\$ -	R\$ 8.157.837,60	R\$ 28.225.771,20
2014	84.206	R\$ 2.223.025,20	28.798.885		R\$ 38.014.528,78	R\$ 40.237.553,98	38.550	8	R\$ 60.000.000,00	R\$ 100.237.553,98	R\$ 128.463.325,18
2015	91.159	R\$ 2.406.591,00	31.189.454		R\$ 41.170.079,81	R\$ 43.576.670,81	41.750	9	R\$ 10.500.000,00	R\$ 54.076.670,81	R\$ 182.539.995,99
2016	106.793	R\$ 2.819.333,00	37.954.433		R\$ 50.099.850,94	R\$ 52.919.183,94	50.806	11	R\$ 15.000.000,00	R\$ 67.919.183,94	R\$ 250.459.179,93
2017	122.427	R\$ 3.232.075,00	44.719.411		R\$ 59.029.622,08	R\$ 62.261.697,08	59.861	12	R\$ 11.625.000,00	R\$ 73.886.697,08	R\$ 324.345.877,01
2018	138.061	R\$ 3.644.817,00	51.484.389		R\$ 67.959.393,22	R\$ 71.604.210,22	68.917	14	R\$ 15.000.000,00	R\$ 86.604.210,22	R\$ 410.950.087,23
2019	138.928	R\$ 3.667.702,50	51.811.224		R\$ 68.390.816,21	R\$ 72.058.518,71	69.354	14	R\$ 5.250.000,00	R\$ 77.308.518,71	R\$ 488.258.605,94
2020	139.795	R\$ 3.690.588,00	52.138.060		R\$ 68.822.239,20	R\$ 72.512.827,20	69.792	14	R\$ -	R\$ 72.512.827,20	R\$ 560.771.433,14
2021	140.373	R\$ 3.705.845,00	52.345.575		R\$ 69.096.158,56	R\$ 72.802.003,56	70.069	15	R\$ 12.750.000,00	R\$ 85.552.003,56	R\$ 646.323.436,70
2022	140.951	R\$ 3.721.102,00	52.553.089		R\$ 69.370.077,92	R\$ 73.091.179,92	70.347	15	R\$ -	R\$ 73.091.179,92	R\$ 719.414.616,62
2023	141.529	R\$ 3.736.359,00	52.760.604		R\$ 69.643.997,28	R\$ 73.380.356,28	70.625	15	R\$ 5.625.000,00	R\$ 79.005.356,28	R\$ 798.419.972,90
2024	142.115	R\$ 3.751.845,43	52.978.494		R\$ 69.931.612,61	R\$ 73.683.458,04	70.917	15	R\$ -	R\$ 73.683.458,04	R\$ 872.103.430,93
2025	142.702	R\$ 3.767.331,86	53.196.385		R\$ 70.219.227,94	R\$ 73.986.559,79	71.208	15	R\$ 5.625.000,00	R\$ 79.611.559,79	R\$ 951.714.990,73
2026	143.289	R\$ 3.782.818,29	53.414.275		R\$ 70.506.843,26	R\$ 74.289.661,55	71.500	15	R\$ -	R\$ 74.289.661,55	R\$ 1.026.004.652,28
2027	143.875	R\$ 3.798.304,71	53.632.166		R\$ 70.794.458,59	R\$ 74.592.763,31	71.792	15	R\$ 5.625.000,00	R\$ 80.217.763,31	R\$ 1.106.222.415,58
2028	144.462	R\$ 3.813.791,14	53.850.056		R\$ 71.082.073,92	R\$ 74.895.865,06	72.083	15	R\$ -	R\$ 74.895.865,06	R\$ 1.181.118.280,65
2029	145.048	R\$ 3.829.277,57	54.067.946		R\$ 71.369.689,25	R\$ 75.198.966,82	72.375	15	R\$ 5.625.000,00	R\$ 80.823.966,82	R\$ 1.261.942.247,46
2030	145.635	R\$ 3.844.764,00	54.285.837		R\$ 71.657.304,58	R\$ 75.502.068,58	72.667	15	R\$ -	R\$ 75.502.068,58	R\$ 1.337.444.316,04

Tabela 25: Cenário 4 - ETE Barueri e Parque Novo Mundo

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	225.570	R\$ 5.955.048,00	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 5.955.048,00	25.750		R\$ -	R\$ 5.955.048,00	R\$ 5.955.048,00
2011	253.383	R\$ 6.689.311,20	0		R\$ -	R\$ 6.689.311,20	28.950		R\$ -	R\$ 6.689.311,20	R\$ 12.644.359,20
2012	281.196	R\$ 7.423.574,40	0		R\$ -	R\$ 7.423.574,40	32.150		R\$ -	R\$ 7.423.574,40	R\$ 20.067.933,60
2013	309.009	R\$ 8.157.837,60	0		R\$ -	R\$ 8.157.837,60	35.350		R\$ -	R\$ 8.157.837,60	R\$ 28.225.771,20
2014	10.105	R\$ 266.763,02	0		R\$ -	R\$ 266.763,02	38.550	8	R\$ 78.400.000,00	R\$ 78.666.763,02	R\$ 106.892.534,22
2015	10.939	R\$ 288.790,92	0		R\$ -	R\$ 288.790,92	41.750	9	R\$ 13.720.000,00	R\$ 14.008.790,92	R\$ 120.901.325,14
2016	12.815	R\$ 338.319,96	0		R\$ -	R\$ 338.319,96	50.806	11	R\$ 19.600.000,00	R\$ 19.938.319,96	R\$ 140.839.645,10
2017	14.691	R\$ 387.849,00	0		R\$ -	R\$ 387.849,00	59.861	12	R\$ 15.190.000,00	R\$ 15.577.849,00	R\$ 156.417.494,10
2018	16.567	R\$ 437.378,04	0		R\$ -	R\$ 437.378,04	68.917	14	R\$ 19.600.000,00	R\$ 20.037.378,04	R\$ 176.454.872,14
2019	16.671	R\$ 440.124,30	0		R\$ -	R\$ 440.124,30	69.354	14	R\$ 6.860.000,00	R\$ 7.300.124,30	R\$ 183.754.996,44
2020	16.775	R\$ 442.870,56	0		R\$ -	R\$ 442.870,56	69.792	14	R\$ -	R\$ 442.870,56	R\$ 184.197.867,00
2021	16.845	R\$ 444.701,40	0		R\$ -	R\$ 444.701,40	70.069	15	R\$ 16.660.000,00	R\$ 17.104.701,40	R\$ 201.302.568,40
2022	16.914	R\$ 446.532,24	0		R\$ -	R\$ 446.532,24	70.347	15	R\$ -	R\$ 446.532,24	R\$ 201.749.100,64
2023	16.983	R\$ 448.363,08	0		R\$ -	R\$ 448.363,08	70.625	15	R\$ 7.350.000,00	R\$ 7.798.363,08	R\$ 209.547.463,72
2024	17.054	R\$ 450.221,45	0		R\$ -	R\$ 450.221,45	70.917	15	R\$ -	R\$ 450.221,45	R\$ 209.997.685,18
2025	17.124	R\$ 452.079,82	0		R\$ -	R\$ 452.079,82	71.208	15	R\$ 7.350.000,00	R\$ 7.802.079,82	R\$ 217.799.765,00
2026	17.195	R\$ 453.938,19	0		R\$ -	R\$ 453.938,19	71.500	15	R\$ -	R\$ 453.938,19	R\$ 218.253.703,19
2027	17.265	R\$ 455.796,57	0		R\$ -	R\$ 455.796,57	71.792	15	R\$ 7.350.000,00	R\$ 7.805.796,57	R\$ 226.059.499,76
2028	17.335	R\$ 457.654,94	0		R\$ -	R\$ 457.654,94	72.083	15	R\$ -	R\$ 457.654,94	R\$ 226.517.154,70
2029	17.406	R\$ 459.513,31	0		R\$ -	R\$ 459.513,31	72.375	15	R\$ 7.350.000,00	R\$ 7.809.513,31	R\$ 234.326.668,00
2030	17.476	R\$ 461.371,68	0		R\$ -	R\$ 461.371,68	72.667	15	R\$ -	R\$ 461.371,68	R\$ 234.788.039,68

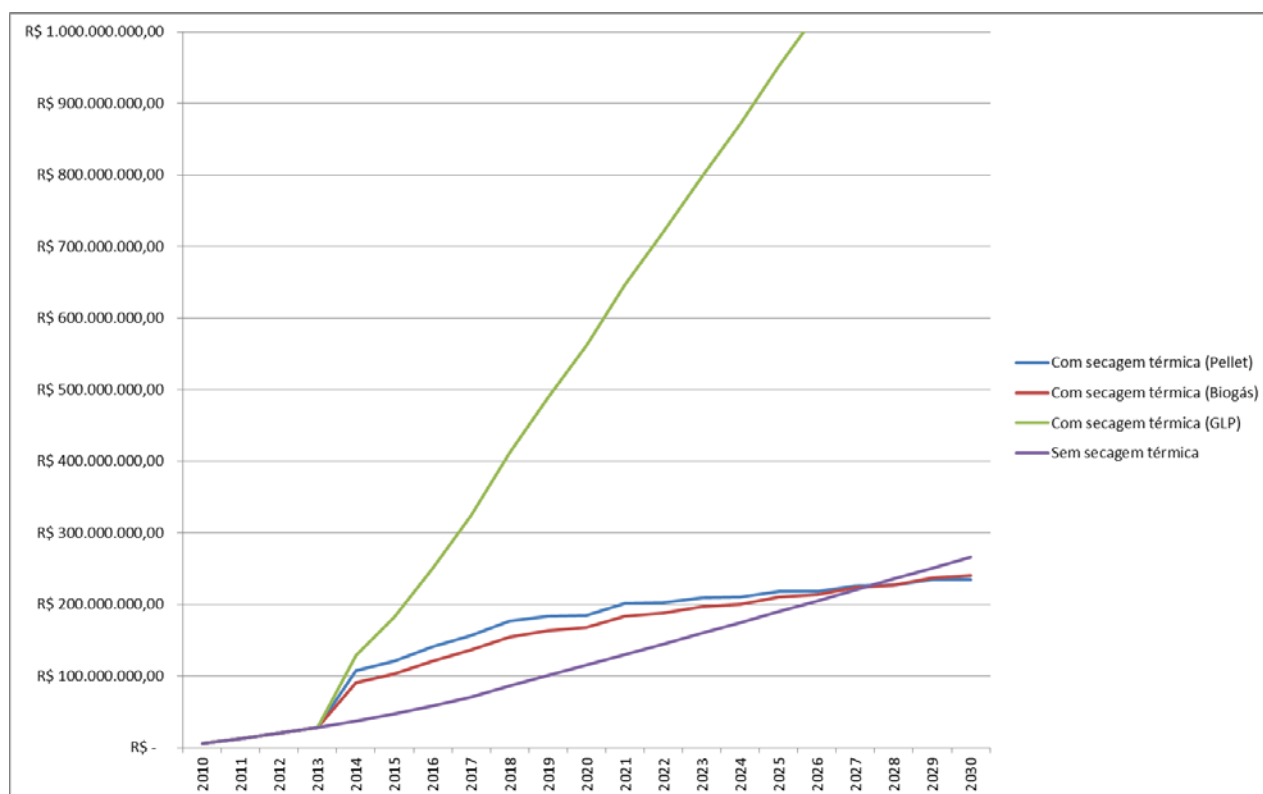
Na Tabela 26 abaixo segue a uma comparação entre a necessidade de biogás e a potencial produção de biogás nos digestores.

Tabela 26: Verificação do biogás - ETE Barueri e Parque Novo Mundo

Ano	Necessidade de biogás	Produção Potencial de Biogás (m³/h)
2010	3814,6	4570,3
2011	4288,7	5133,8
2012	4762,7	5697,4
2013	5236,7	6260,9
2014	5710,8	6824,4
2015	6184,8	7387,9
2016	7526,3	8655,0
2017	8867,8	9922,1
2018	10209,3	11189,2
2019	10274,1	11259,4
2020	10338,9	11329,7
2021	10380,1	11376,5
2022	10421,2	11423,3
2023	10462,4	11470,2
2024	10505,6	11517,7
2025	10548,8	11565,3
2026	10592,0	11612,8
2027	10635,2	11660,3
2028	10678,4	11707,9
2029	10721,6	11755,4
2030	10764,8	11803,0

Portanto foi verificada que a potencial produção de biogás na ETE atende a necessidade do secador.

A seguir segue o Gráfico 6 de comparação dos cenários:

Gráfico 6: Comparação dos custos acumulados - ETE Barueri e Parque Novo Mundo

6.4 ETE São Miguel

A ETE São Miguel atualmente tem de capacidade de tratamento de 1,5m³/s, atende os municípios de Arujá, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Poá e São Paulo e conta com os seguintes sistemas de tratamento:

-Tratamento preliminar:

- Gradeamento;
- Desarenador;

-Tratamento primário:

- Decantador primário.

-Lodos Ativados:

- Tanque de aeração;
- Decantador secundário.

-Digestão de lodo:

- Digestor anaeróbio.

-Adensamento:

- Adensador por gravidade;
- Filtro prensa.

A Figura 41 apresenta uma vista aérea da área da ETE São Miguel.



Figura 41: Vista aérea da ETE São Miguel

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

6.4.1 Comparação de custos do tratamento do lodo – ETE São Miguel

Calculo do índice:

População em 2030 ETE São Miguel: 2749568 hab. x 90% = 2472611 hab.

Volume de lodo produzido 2030 ETE São Miguel: 262 m³/dia = 262000 L/dia

Portanto dividindo o lodo pela população temos:

$$262000/2472611 = 0,106$$

Portanto é aceitável, pois se encontra dentro da faixa estabelecida pelo livro. Para uma taxa de produção de 0,106L/hab.dia, a Tabela 27 apresenta a estimativa da população atendida e a produção de biogás.

Tabela 27: Estimativa da produção de biogás – ETE São Miguel

ANO	POPULAÇÃO (HAB)	VOLUME DE LODO PRODUZIDO (m³/ano)	ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO ATENDIDA (HAB)	PERCENTUAL DE ATENDIMENTO	PRODUÇÃO POTENCIAL DE BIOGÁS (m³/h)
2010	2.354.115	12410,0	321.133	14%	334,5
2011	2.378.872	15987,0	413.695	17%	430,9
2012	2.403.629	19564,0	506.256	21%	527,4
2013	2.428.386	23141,0	598.818	25%	623,8
2014	2.453.143	26718,0	691.380	28%	720,2
2015	2.477.897	30295,0	783.942	32%	816,6
2016	2.499.107	49396,7	1.278.234	51%	1331,5
2017	2.520.317	68498,3	1.772.527	70%	1846,4
2018	2.541.527	87600,0	2.266.819	89%	2361,3
2019	2.562.737	88695,0	2.295.154	90%	2390,8
2020	2.583.947	89790,0	2.323.490	90%	2420,3
2021	2.602.386	90398,3	2.339.232	90%	2436,7
2022	2.620.825	91006,7	2.354.973	90%	2453,1
2023	2.639.264	91615,0	2.370.715	90%	2469,5
2024	2.657.703	92188,6	2.385.557	90%	2485,0
2025	2.676.139	92762,1	2.400.400	90%	2500,4
2026	2.690.825	93335,7	2.415.242	90%	2515,9
2027	2.705.511	93909,3	2.430.084	90%	2531,3
2028	2.720.197	94482,9	2.444.926	90%	2546,8
2029	2.734.883	95056,4	2.459.769	90%	2562,3
2030	2.749.568	95630,0	2.474.611	90%	2577,7

Assim, os custos com transporte e secagem para as quatro opções propostas serão as apresentadas nas Tabelas 28 a 31.

Tabela 28: Cenário 1 - ETE São Miguel

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	12.410	R\$ 255.062,73	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 255.062,73	1.792		R\$ -	R\$ 255.062,73	R\$ 255.062,73
2011	15.987	R\$ 328.580,81	0		R\$ -	R\$ 328.580,81	2.317		R\$ -	R\$ 328.580,81	R\$ 583.643,54
2012	19.564	R\$ 402.098,89	0		R\$ -	R\$ 402.098,89	2.842		R\$ -	R\$ 402.098,89	R\$ 985.742,43
2013	23.141	R\$ 475.616,97	0		R\$ -	R\$ 475.616,97	3.367		R\$ -	R\$ 475.616,97	R\$ 1.461.359,41
2014	26.718	R\$ 549.135,05	0		R\$ -	R\$ 549.135,05	3.892		R\$ -	R\$ 549.135,05	R\$ 2.010.494,46
2015	30.295	R\$ 622.653,14	0		R\$ -	R\$ 622.653,14	4.417		R\$ -	R\$ 622.653,14	R\$ 2.633.147,60
2016	49.397	R\$ 1.015.249,69	0		R\$ -	R\$ 1.015.249,69	6.611		R\$ -	R\$ 1.015.249,69	R\$ 3.648.397,29
2017	68.498	R\$ 1.407.846,25	0		R\$ -	R\$ 1.407.846,25	8.806		R\$ -	R\$ 1.407.846,25	R\$ 5.056.243,53
2018	87.600	R\$ 1.800.442,80	0		R\$ -	R\$ 1.800.442,80	11.000		R\$ -	R\$ 1.800.442,80	R\$ 6.856.686,33
2019	88.695	R\$ 1.822.948,34	0		R\$ -	R\$ 1.822.948,34	11.125		R\$ -	R\$ 1.822.948,34	R\$ 8.679.634,67
2020	89.790	R\$ 1.845.453,87	0		R\$ -	R\$ 1.845.453,87	11.250		R\$ -	R\$ 1.845.453,87	R\$ 10.525.088,54
2021	90.398	R\$ 1.857.956,95	0		R\$ -	R\$ 1.857.956,95	11.333		R\$ -	R\$ 1.857.956,95	R\$ 12.383.045,48
2022	91.007	R\$ 1.870.460,02	0		R\$ -	R\$ 1.870.460,02	11.417		R\$ -	R\$ 1.870.460,02	R\$ 14.253.505,50
2023	91.615	R\$ 1.882.963,10	0		R\$ -	R\$ 1.882.963,10	11.500		R\$ -	R\$ 1.882.963,10	R\$ 16.136.468,60
2024	92.189	R\$ 1.894.751,71	0		R\$ -	R\$ 1.894.751,71	11.571		R\$ -	R\$ 1.894.751,71	R\$ 18.031.220,30
2025	92.762	R\$ 1.906.540,32	0		R\$ -	R\$ 1.906.540,32	11.643		R\$ -	R\$ 1.906.540,32	R\$ 19.937.760,63
2026	93.336	R\$ 1.918.328,94	0		R\$ -	R\$ 1.918.328,94	11.714		R\$ -	R\$ 1.918.328,94	R\$ 21.856.089,56
2027	93.909	R\$ 1.930.117,55	0		R\$ -	R\$ 1.930.117,55	11.786		R\$ -	R\$ 1.930.117,55	R\$ 23.786.207,11
2028	94.483	R\$ 1.941.906,16	0		R\$ -	R\$ 1.941.906,16	11.857		R\$ -	R\$ 1.941.906,16	R\$ 25.728.113,27
2029	95.056	R\$ 1.953.694,78	0		R\$ -	R\$ 1.953.694,78	11.929		R\$ -	R\$ 1.953.694,78	R\$ 27.681.808,05
2030	95.630	R\$ 1.965.483,39	0		R\$ -	R\$ 1.965.483,39	12.000		R\$ -	R\$ 1.965.483,39	R\$ 29.647.291,44

Tabela 29: Cenário 2 - ETE São Miguel

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	12.410	R\$ 255.062,73	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 255.062,73	1.792		R\$ -	R\$ 255.062,73	R\$ 255.062,73
2011	15.987	R\$ 328.580,81	0		R\$ -	R\$ 328.580,81	2.317		R\$ -	R\$ 328.580,81	R\$ 583.643,54
2012	19.564	R\$ 402.098,89	0		R\$ -	R\$ 402.098,89	2.842		R\$ -	R\$ 402.098,89	R\$ 985.742,43
2013	23.141	R\$ 475.616,97	0		R\$ -	R\$ 475.616,97	3.367		R\$ -	R\$ 475.616,97	R\$ 1.461.359,41
2014	6.680	R\$ 137.283,76	0		R\$ -	R\$ 137.283,76	3.892	1	R\$ 7.500.000,00	R\$ 7.637.283,76	R\$ 9.098.643,17
2015	7.574	R\$ 155.663,28	0		R\$ -	R\$ 155.663,28	4.417	1	R\$ 375.000,00	R\$ 530.663,28	R\$ 9.629.306,45
2016	12.349	R\$ 253.812,42	0		R\$ -	R\$ 253.812,42	6.611	2	R\$ 7.500.000,00	R\$ 7.753.812,42	R\$ 17.383.118,88
2017	17.125	R\$ 351.961,56	0		R\$ -	R\$ 351.961,56	8.806	2	R\$ 750.000,00	R\$ 1.101.961,56	R\$ 18.485.080,44
2018	21.900	R\$ 450.110,70	0		R\$ -	R\$ 450.110,70	11.000	3	R\$ 7.500.000,00	R\$ 7.950.110,70	R\$ 26.435.191,14
2019	22.174	R\$ 455.737,08	0		R\$ -	R\$ 455.737,08	11.125	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 1.580.737,08	R\$ 28.015.928,22
2020	22.448	R\$ 461.363,47	0		R\$ -	R\$ 461.363,47	11.250	3	R\$ -	R\$ 461.363,47	R\$ 28.477.291,69
2021	22.600	R\$ 464.489,24	0		R\$ -	R\$ 464.489,24	11.333	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 1.589.489,24	R\$ 30.066.780,92
2022	22.752	R\$ 467.615,01	0		R\$ -	R\$ 467.615,01	11.417	3	R\$ -	R\$ 467.615,01	R\$ 30.534.395,93
2023	22.904	R\$ 470.740,77	0		R\$ -	R\$ 470.740,77	11.500	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 1.595.740,77	R\$ 32.130.136,70
2024	23.047	R\$ 473.687,93	0		R\$ -	R\$ 473.687,93	11.571	3	R\$ -	R\$ 473.687,93	R\$ 32.603.824,63
2025	23.191	R\$ 476.635,08	0		R\$ -	R\$ 476.635,08	11.643	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 1.601.635,08	R\$ 34.205.459,71
2026	23.334	R\$ 479.582,23	0		R\$ -	R\$ 479.582,23	11.714	3	R\$ -	R\$ 479.582,23	R\$ 34.685.041,94
2027	23.477	R\$ 482.529,39	0		R\$ -	R\$ 482.529,39	11.786	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 1.607.529,39	R\$ 36.292.571,33
2028	23.621	R\$ 485.476,54	0		R\$ -	R\$ 485.476,54	11.857	3	R\$ -	R\$ 485.476,54	R\$ 36.778.047,87
2029	23.764	R\$ 488.423,69	0		R\$ -	R\$ 488.423,69	11.929	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 1.613.423,69	R\$ 38.391.471,57
2030	23.908	R\$ 491.370,85	0		R\$ -	R\$ 491.370,85	12.000	3	R\$ -	R\$ 491.370,85	R\$ 38.882.842,41

Tabela 30: Cenário 3 - ETE São Miguel

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	12.410	R\$ 255.062,73	0		R\$ -	R\$ 255.062,73	1.792		R\$ -	R\$ 255.062,73	R\$ 255.062,73
2011	15.987	R\$ 328.580,81	0		R\$ -	R\$ 328.580,81	2.317		R\$ -	R\$ 328.580,81	R\$ 583.643,54
2012	19.564	R\$ 402.098,89	0		R\$ -	R\$ 402.098,89	2.842		R\$ -	R\$ 402.098,89	R\$ 985.742,43
2013	23.141	R\$ 475.616,97	0		R\$ -	R\$ 475.616,97	3.367		R\$ -	R\$ 475.616,97	R\$ 1.461.359,41
2014	6.680	R\$ 137.283,76	2.907,280		R\$ 3.837.610,23	R\$ 3.974.894,00	3.892	1	R\$ 7.500.000,00	R\$ 11.474.894,00	R\$ 12.936.253,40
2015	7.574	R\$ 155.663,28	3.299,483		R\$ 4.355.317,82	R\$ 4.510.981,11	4.417	1	R\$ 375.000,00	R\$ 4.885.981,11	R\$ 17.822.234,51
2016	12.349	R\$ 253.812,42	4.938,849		R\$ 6.519.280,77	R\$ 6.773.093,19	6.611	2	R\$ 7.500.000,00	R\$ 14.273.093,19	R\$ 32.095.327,70
2017	17.125	R\$ 351.961,56	6.578,215		R\$ 8.683.243,71	R\$ 9.035.205,27	8.806	2	R\$ 750.000,00	R\$ 9.785.205,27	R\$ 41.880.532,97
2018	21.900	R\$ 450.110,70	8.217,581		R\$ 10.847.206,66	R\$ 11.297.317,36	11.000	3	R\$ 7.500.000,00	R\$ 18.797.317,36	R\$ 60.677.850,33
2019	22.174	R\$ 455.737,08	8.310,962		R\$ 10.970.470,37	R\$ 11.426.207,45	11.125	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 12.551.207,45	R\$ 73.229.057,78
2020	22.448	R\$ 461.363,47	8.404,344	R\$ 1,32	R\$ 11.093.734,08	R\$ 11.555.097,55	11.250	3	R\$ -	R\$ 11.555.097,55	R\$ 84.784.155,33
2021	22.600	R\$ 464.489,24	8.466,598		R\$ 11.175.909,89	R\$ 11.640.399,12	11.333	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 12.765.399,12	R\$ 97.549.554,45
2022	22.752	R\$ 467.615,01	8.528,853		R\$ 11.258.085,70	R\$ 11.725.700,70	11.417	3	R\$ -	R\$ 11.725.700,70	R\$ 109.275.255,16
2023	22.904	R\$ 470.740,77	8.591,107		R\$ 11.340.261,50	R\$ 11.811.002,28	11.500	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 12.936.002,28	R\$ 122.211.257,43
2024	23.047	R\$ 473.687,93	8.644,468		R\$ 11.410.697,91	R\$ 11.884.385,84	11.571	3	R\$ -	R\$ 11.884.385,84	R\$ 134.095.643,27
2025	23.191	R\$ 476.635,08	8.697,829		R\$ 11.481.134,32	R\$ 11.957.769,40	11.643	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 13.082.769,40	R\$ 147.178.412,67
2026	23.334	R\$ 479.582,23	8.751,190		R\$ 11.551.570,72	R\$ 12.031.152,96	11.714	3	R\$ -	R\$ 12.031.152,96	R\$ 159.209.565,63
2027	23.477	R\$ 482.529,39	8.804,551		R\$ 11.622.007,13	R\$ 12.104.536,52	11.786	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 13.229.536,52	R\$ 172.439.102,15
2028	23.621	R\$ 485.476,54	8.857,912		R\$ 11.692.443,54	R\$ 12.177.920,08	11.857	3	R\$ -	R\$ 12.177.920,08	R\$ 184.617.022,23
2029	23.764	R\$ 488.423,69	8.911,273		R\$ 11.762.879,95	R\$ 12.251.303,64	11.929	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 13.376.303,64	R\$ 197.993.325,86
2030	23.908	R\$ 491.370,85	8.964,634		R\$ 11.833.316,35	R\$ 12.324.687,20	12.000	3	R\$ -	R\$ 12.324.687,20	R\$ 210.318.013,06

Tabela 31: Cenário 4 - ETE São Miguel

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	12.410	R\$ 255.062,73	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 255.062,73	1.792		R\$ -	R\$ 255.062,73	R\$ 255.062,73
2011	15.987	R\$ 328.580,81	0		R\$ -	R\$ 328.580,81	2.317		R\$ -	R\$ 328.580,81	R\$ 583.643,54
2012	19.564	R\$ 402.098,89	0		R\$ -	R\$ 402.098,89	2.842		R\$ -	R\$ 402.098,89	R\$ 985.742,43
2013	23.141	R\$ 475.616,97	0		R\$ -	R\$ 475.616,97	3.367		R\$ -	R\$ 475.616,97	R\$ 1.461.359,41
2014	802	R\$ 16.474,05	0		R\$ -	R\$ 16.474,05	3.892	1	R\$ 9.800.000,00	R\$ 9.816.474,05	R\$ 11.277.833,46
2015	909	R\$ 18.679,59	0		R\$ -	R\$ 18.679,59	4.417	1	R\$ 490.000,00	R\$ 508.679,59	R\$ 11.786.513,05
2016	1.482	R\$ 30.457,49	0		R\$ -	R\$ 30.457,49	6.611	2	R\$ 9.800.000,00	R\$ 9.830.457,49	R\$ 21.616.970,54
2017	2.055	R\$ 42.235,39	0		R\$ -	R\$ 42.235,39	8.806	2	R\$ 980.000,00	R\$ 1.022.235,39	R\$ 22.639.205,93
2018	2.628	R\$ 54.013,28	0		R\$ -	R\$ 54.013,28	11.000	3	R\$ 9.800.000,00	R\$ 9.854.013,28	R\$ 32.493.219,21
2019	2.661	R\$ 54.688,45	0		R\$ -	R\$ 54.688,45	11.125	3	R\$ 1.470.000,00	R\$ 1.524.688,45	R\$ 34.017.907,66
2020	2.694	R\$ 55.363,62	0		R\$ -	R\$ 55.363,62	11.250	3	R\$ -	R\$ 55.363,62	R\$ 34.073.271,28
2021	2.712	R\$ 55.738,71	0		R\$ -	R\$ 55.738,71	11.333	3	R\$ 1.470.000,00	R\$ 1.525.738,71	R\$ 35.599.009,99
2022	2.730	R\$ 56.113,80	0		R\$ -	R\$ 56.113,80	11.417	3	R\$ -	R\$ 56.113,80	R\$ 35.655.123,79
2023	2.748	R\$ 56.488,89	0		R\$ -	R\$ 56.488,89	11.500	3	R\$ 1.470.000,00	R\$ 1.526.488,89	R\$ 37.181.612,68
2024	2.766	R\$ 56.842,55	0		R\$ -	R\$ 56.842,55	11.571	3	R\$ -	R\$ 56.842,55	R\$ 37.238.455,23
2025	2.783	R\$ 57.196,21	0		R\$ -	R\$ 57.196,21	11.643	3	R\$ 1.470.000,00	R\$ 1.527.196,21	R\$ 38.765.651,44
2026	2.800	R\$ 57.549,87	0		R\$ -	R\$ 57.549,87	11.714	3	R\$ -	R\$ 57.549,87	R\$ 38.823.201,31
2027	2.817	R\$ 57.903,53	0		R\$ -	R\$ 57.903,53	11.786	3	R\$ 1.470.000,00	R\$ 1.527.903,53	R\$ 40.351.104,84
2028	2.834	R\$ 58.257,18	0		R\$ -	R\$ 58.257,18	11.857	3	R\$ -	R\$ 58.257,18	R\$ 40.409.362,02
2029	2.852	R\$ 58.610,84	0		R\$ -	R\$ 58.610,84	11.929	3	R\$ 1.470.000,00	R\$ 1.528.610,84	R\$ 41.937.972,87
2030	2.869	R\$ 58.964,50	0		R\$ -	R\$ 58.964,50	12.000	3	R\$ -	R\$ 58.964,50	R\$ 41.996.937,37

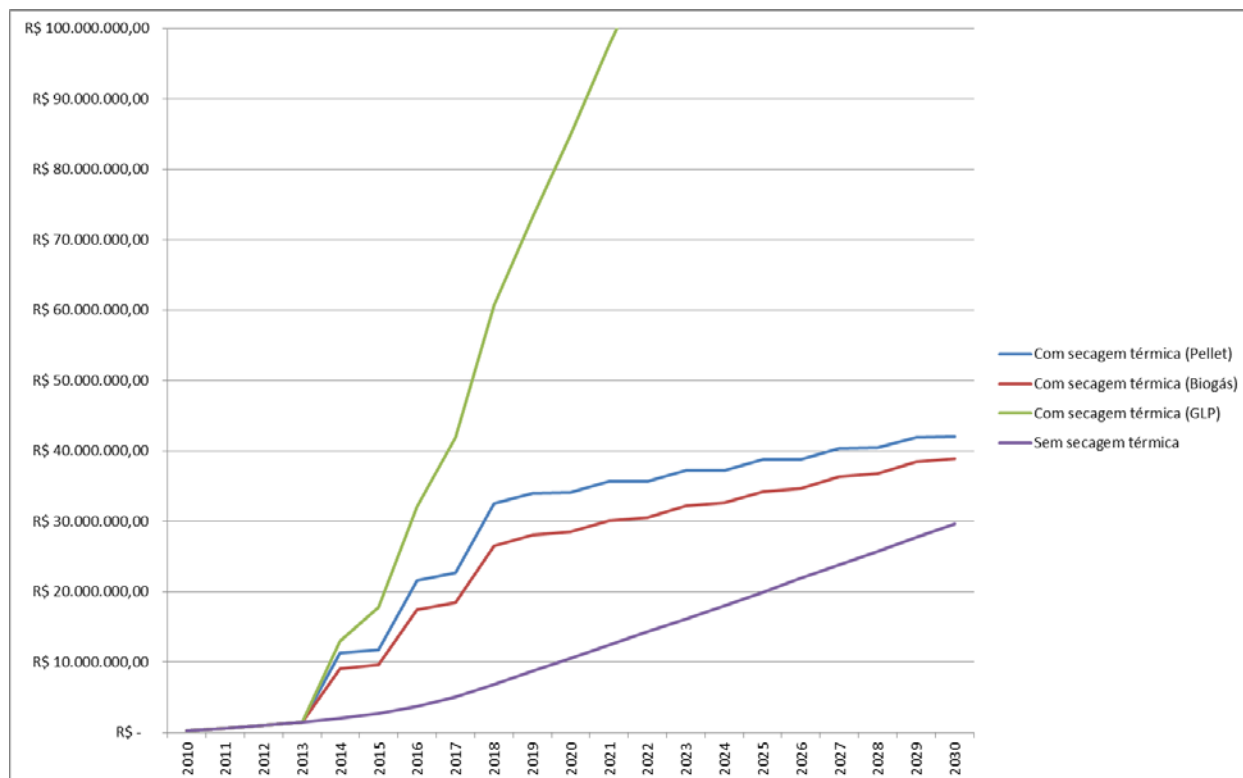
Na Tabela 32 abaixo segue a uma comparação entre a necessidade de biogás e a potencial produção de biogás nos digestores.

Tabela 32: Verificação do biogás – ETE São Miguel

Ano	Necessidade de biogás	Produção Potencial de Biogás (m³/h)
2010	265,4	334,5
2011	343,2	430,9
2012	421,0	527,4
2013	498,7	623,8
2014	576,5	720,2
2015	654,3	816,6
2016	979,4	1331,5
2017	1304,5	1846,4
2018	1629,5	2361,3
2019	1648,1	2390,8
2020	1666,6	2420,3
2021	1678,9	2436,7
2022	1691,3	2453,1
2023	1703,6	2469,5
2024	1714,2	2485,0
2025	1724,8	2500,4
2026	1735,4	2515,9
2027	1745,9	2531,3
2028	1756,5	2546,8
2029	1767,1	2562,3
2030	1777,7	2577,7

Portanto foi verificada que a potencial produção de biogás na ETE atende a necessidade do secador.

A seguir segue o Gráfico 7 de comparação dos cenários:

Gráfico 7: Comparação dos custos acumulados - ETE São Miguel

6.5 ETE Suzano

A ETE Suzano atualmente tem de capacidade de tratamento de 1,5m³/s, atende os municípios de Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Ribeirão Pires, Poá e Suzano e conta com os seguintes sistemas de tratamento:

-Tratamento preliminar:

- Gradeamento;
- Desarenador;

-Tratamento primário:

- Decantador primário.

-Lodos Ativados:

- Tanque de aeração;
- Decantador secundário.

-Digestão de lodo:

- Digestor anaeróbio.

-Adensamento:

- Filtro-prensa.

A Figura 42 apresenta uma vista aérea da área da ETE Suzano.



Figura 42: Vista aérea da ETE São Suzano

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

6.5.1 Comparação de custos do tratamento do lodo – ETE Suzano

Cálculo do índice:

População em 2030 ETE Suzano: 1379240 hab. x 90% = 1241316 hab.

Volume de lodo produzido 2030 ETE Suzano: 176 m³/dia = 176000 L/dia

Portanto dividindo o lodo pela população temos:

$$176000/1241316 = 0,142$$

Portanto é aceitável, pois se encontra dentro da faixa estabelecida pelo livro.

Para uma taxa de produção de 0,142L/hab.dia. A Tabela 33, apresenta a estimativa da produção de biogás na ETE Suzano.

Tabela 33: Estimativa de produção de biogás – ETE Suzano

ANO	POPULAÇÃO (HAB)	VOLUME DE LODO PRODUZIDO (m³/ano)	POPULAÇÃO C/ESG. TRAT. (HAB)	PERCENTUAL DE ATENDIMENTO	PRODUÇÃO POTENCIAL DE BIOGÁS (m³/h)
2010	1.095.512	11680,0	225.694	21%	235,1
2011	1.112.872	13140,0	253.906	23%	264,5
2012	1.130.232	14600,0	282.117	25%	293,9
2013	1.147.592	16060,0	310.329	27%	323,3
2014	1.164.952	17520,0	338.541	29%	352,6
2015	1.182.308	18980,0	366.752	31%	382,0
2016	1.197.487	31755,0	613.605	51%	639,2
2017	1.212.666	44530,0	860.458	71%	896,3
2018	1.227.845	57305,0	1.107.310	90%	1153,4
2019	1.243.024	58217,5	1.124.943	91%	1171,8
2020	1.258.201	59130,0	1.142.575	91%	1190,2
2021	1.271.678	59616,7	1.151.979	91%	1200,0
2022	1.285.155	60103,3	1.161.383	90%	1209,8
2023	1.298.632	60590,0	1.170.787	90%	1219,6
2024	1.312.109	61111,4	1.180.862	90%	1230,1
2025	1.325.583	61632,9	1.190.938	90%	1240,6
2026	1.336.315	62154,3	1.201.014	90%	1251,1
2027	1.347.047	62675,7	1.211.089	90%	1261,6
2028	1.357.779	63197,1	1.221.165	90%	1272,0
2029	1.368.511	63718,6	1.231.240	90%	1282,5
2030	1.379.240	64240,0	1.241.316	90%	1293,0

Assim, os custos com transporte e secagem para as quatro opções propostas serão as apresentadas nas Tabelas 34 a 37.

Tabela 34: Cenário 1 - ETE Suzano

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	11.680	R\$ 545.444,32	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 545.444,32	1.708		R\$ -	R\$ 545.444,32	R\$ 545.444,32
2011	13.140	R\$ 613.624,86	0		R\$ -	R\$ 613.624,86	1.925		R\$ -	R\$ 613.624,86	R\$ 1.159.069,18
2012	14.600	R\$ 681.805,40	0		R\$ -	R\$ 681.805,40	2.142		R\$ -	R\$ 681.805,40	R\$ 1.840.874,58
2013	16.060	R\$ 749.985,94	0		R\$ -	R\$ 749.985,94	2.358		R\$ -	R\$ 749.985,94	R\$ 2.590.860,52
2014	17.520	R\$ 818.166,48	0		R\$ -	R\$ 818.166,48	2.575		R\$ -	R\$ 818.166,48	R\$ 3.409.027,00
2015	18.980	R\$ 886.347,02	0		R\$ -	R\$ 886.347,02	2.792		R\$ -	R\$ 886.347,02	R\$ 4.295.374,02
2016	31.755	R\$ 1.482.926,75	0		R\$ -	R\$ 1.482.926,75	4.264		R\$ -	R\$ 1.482.926,75	R\$ 5.778.300,77
2017	44.530	R\$ 2.079.506,47	0		R\$ -	R\$ 2.079.506,47	5.736		R\$ -	R\$ 2.079.506,47	R\$ 7.857.807,24
2018	57.305	R\$ 2.676.086,20	0		R\$ -	R\$ 2.676.086,20	7.208		R\$ -	R\$ 2.676.086,20	R\$ 10.533.893,43
2019	58.218	R\$ 2.718.699,03	0		R\$ -	R\$ 2.718.699,03	7.313		R\$ -	R\$ 2.718.699,03	R\$ 13.252.592,46
2020	59.130	R\$ 2.761.311,87	0		R\$ -	R\$ 2.761.311,87	7.417		R\$ -	R\$ 2.761.311,87	R\$ 16.013.904,33
2021	59.617	R\$ 2.784.038,72	0		R\$ -	R\$ 2.784.038,72	7.472		R\$ -	R\$ 2.784.038,72	R\$ 18.797.943,05
2022	60.103	R\$ 2.806.765,56	0		R\$ -	R\$ 2.806.765,56	7.528		R\$ -	R\$ 2.806.765,56	R\$ 21.604.708,61
2023	60.590	R\$ 2.829.492,41	0		R\$ -	R\$ 2.829.492,41	7.583		R\$ -	R\$ 2.829.492,41	R\$ 24.434.201,02
2024	61.111	R\$ 2.853.842,60	0		R\$ -	R\$ 2.853.842,60	7.649		R\$ -	R\$ 2.853.842,60	R\$ 27.288.043,63
2025	61.633	R\$ 2.878.192,80	0		R\$ -	R\$ 2.878.192,80	7.714		R\$ -	R\$ 2.878.192,80	R\$ 30.166.236,42
2026	62.154	R\$ 2.902.542,99	0		R\$ -	R\$ 2.902.542,99	7.780		R\$ -	R\$ 2.902.542,99	R\$ 33.068.779,41
2027	62.676	R\$ 2.926.893,18	0		R\$ -	R\$ 2.926.893,18	7.845		R\$ -	R\$ 2.926.893,18	R\$ 35.995.672,59
2028	63.197	R\$ 2.951.243,37	0		R\$ -	R\$ 2.951.243,37	7.911		R\$ -	R\$ 2.951.243,37	R\$ 38.946.915,97
2029	63.719	R\$ 2.975.593,57	0		R\$ -	R\$ 2.975.593,57	7.976		R\$ -	R\$ 2.975.593,57	R\$ 41.922.509,53
2030	64.240	R\$ 2.999.943,76	0		R\$ -	R\$ 2.999.943,76	8.042		R\$ -	R\$ 2.999.943,76	R\$ 44.922.453,29

Tabela 35: Cenário 2 - ETE Suzano

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	11.680	R\$ 545.444,32	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 545.444,32	1.708		R\$ -	R\$ 545.444,32	R\$ 545.444,32
2011	13.140	R\$ 613.624,86	0		R\$ -	R\$ 613.624,86	1.925		R\$ -	R\$ 613.624,86	R\$ 1.159.069,18
2012	14.600	R\$ 681.805,40	0		R\$ -	R\$ 681.805,40	2.142		R\$ -	R\$ 681.805,40	R\$ 1.840.874,58
2013	16.060	R\$ 749.985,94	0		R\$ -	R\$ 749.985,94	2.358		R\$ -	R\$ 749.985,94	R\$ 2.590.860,52
2014	4.380	R\$ 204.541,62	0		R\$ -	R\$ 204.541,62	2.575	1	R\$ 7.500.000,00	R\$ 7.704.541,62	R\$ 10.295.402,14
2015	4.745	R\$ 221.586,76	0		R\$ -	R\$ 221.586,76	2.792	1	R\$ 375.000,00	R\$ 596.586,76	R\$ 10.891.988,90
2016	7.939	R\$ 370.731,69	0		R\$ -	R\$ 370.731,69	4.264	1	R\$ -	R\$ 370.731,69	R\$ 11.262.720,58
2017	11.133	R\$ 519.876,62	0		R\$ -	R\$ 519.876,62	5.736	2	R\$ 7.875.000,00	R\$ 8.394.876,62	R\$ 19.657.597,20
2018	14.326	R\$ 669.021,55	0		R\$ -	R\$ 669.021,55	7.208	2	R\$ -	R\$ 669.021,55	R\$ 20.326.618,75
2019	14.554	R\$ 679.674,76	0		R\$ -	R\$ 679.674,76	7.313	2	R\$ 750.000,00	R\$ 1.429.674,76	R\$ 21.756.293,51
2020	14.783	R\$ 690.327,97	0		R\$ -	R\$ 690.327,97	7.417	2	R\$ -	R\$ 690.327,97	R\$ 22.446.621,47
2021	14.904	R\$ 696.009,68	0		R\$ -	R\$ 696.009,68	7.472	2	R\$ 750.000,00	R\$ 1.446.009,68	R\$ 23.892.631,15
2022	15.026	R\$ 701.691,39	0		R\$ -	R\$ 701.691,39	7.528	2	R\$ -	R\$ 701.691,39	R\$ 24.594.322,54
2023	15.148	R\$ 707.373,10	0		R\$ -	R\$ 707.373,10	7.583	2	R\$ 750.000,00	R\$ 1.457.373,10	R\$ 26.051.695,65
2024	15.278	R\$ 713.460,65	0		R\$ -	R\$ 713.460,65	7.649	2	R\$ -	R\$ 713.460,65	R\$ 26.765.156,30
2025	15.408	R\$ 719.548,20	0		R\$ -	R\$ 719.548,20	7.714	2	R\$ 750.000,00	R\$ 1.469.548,20	R\$ 28.234.704,50
2026	15.539	R\$ 725.635,75	0		R\$ -	R\$ 725.635,75	7.780	2	R\$ -	R\$ 725.635,75	R\$ 28.960.340,24
2027	15.669	R\$ 731.723,30	0		R\$ -	R\$ 731.723,30	7.845	2	R\$ 750.000,00	R\$ 1.481.723,30	R\$ 30.442.063,54
2028	15.799	R\$ 737.810,84	0		R\$ -	R\$ 737.810,84	7.911	2	R\$ -	R\$ 737.810,84	R\$ 31.179.874,38
2029	15.930	R\$ 743.898,39	0		R\$ -	R\$ 743.898,39	7.976	2	R\$ 750.000,00	R\$ 1.493.898,39	R\$ 32.673.772,77
2030	16.060	R\$ 749.985,94	0		R\$ -	R\$ 749.985,94	8.042	2	R\$ -	R\$ 749.985,94	R\$ 33.423.758,71

Tabela 36: Cenário 3 - ETE Suzano

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	11.680	R\$ 545.444,32			R\$ -	R\$ 545.444,32	1.708		R\$ -	R\$ 545.444,32	R\$ 545.444,32
2011	13.140	R\$ 613.624,86			R\$ -	R\$ 613.624,86	1.925		R\$ -	R\$ 613.624,86	R\$ 1.159.069,18
2012	14.600	R\$ 681.805,40			R\$ -	R\$ 681.805,40	2.142		R\$ -	R\$ 681.805,40	R\$ 1.840.874,58
2013	16.060	R\$ 749.985,94			R\$ -	R\$ 749.985,94	2.358		R\$ -	R\$ 749.985,94	R\$ 2.590.860,52
2014	4.380	R\$ 204.541,62	1.923.661		R\$ 2.539.232,47	R\$ 2.743.774,09	2.575	1	R\$ 7.500.000,00	R\$ 10.243.774,09	R\$ 12.834.634,61
2015	4.745	R\$ 221.586,76	2.085.522		R\$ 2.752.889,57	R\$ 2.974.476,32	2.792	1	R\$ 375.000,00	R\$ 3.349.476,32	R\$ 16.184.110,93
2016	7.939	R\$ 370.731,69	3.185.350		R\$ 4.204.662,18	R\$ 4.575.393,86	4.264	1	R\$ -	R\$ 4.575.393,86	R\$ 20.759.504,79
2017	11.133	R\$ 519.876,62	4.285.178		R\$ 5.656.434,78	R\$ 6.176.311,40	5.736	2	R\$ 7.875.000,00	R\$ 14.051.311,40	R\$ 34.810.816,19
2018	14.326	R\$ 669.021,55	5.385.006		R\$ 7.108.207,39	R\$ 7.777.228,94	7.208	2	R\$ -	R\$ 7.777.228,94	R\$ 42.588.045,13
2019	14.554	R\$ 679.674,76	5.462.824		R\$ 7.210.927,15	R\$ 7.890.601,91	7.313	2	R\$ 750.000,00	R\$ 8.640.601,91	R\$ 51.228.647,04
2020	14.783	R\$ 690.327,97	5.540.642		R\$ 7.313.646,91	R\$ 8.003.974,88	7.417	2	R\$ -	R\$ 8.003.974,88	R\$ 59.232.621,92
2021	14.904	R\$ 696.009,68	5.582.145		R\$ 7.368.430,78	R\$ 8.064.440,46	7.472	2	R\$ 750.000,00	R\$ 8.814.440,46	R\$ 68.047.062,39
2022	15.026	R\$ 701.691,39	5.623.647		R\$ 7.423.214,66	R\$ 8.124.906,05	7.528	2	R\$ -	R\$ 8.124.906,05	R\$ 76.171.968,43
2023	15.148	R\$ 707.373,10	5.665.150		R\$ 7.477.998,53	R\$ 8.185.371,63	7.583	2	R\$ 750.000,00	R\$ 8.935.371,63	R\$ 85.107.340,06
2024	15.278	R\$ 713.460,65	5.714.065		R\$ 7.542.565,23	R\$ 8.256.025,89	7.649	2	R\$ -	R\$ 8.256.025,89	R\$ 93.363.365,95
2025	15.408	R\$ 719.548,20	5.762.979		R\$ 7.607.131,94	R\$ 8.326.680,14	7.714	2	R\$ 750.000,00	R\$ 9.076.680,14	R\$ 102.440.046,09
2026	15.539	R\$ 725.635,75	5.811.893		R\$ 7.671.698,65	R\$ 8.397.334,39	7.780	2	R\$ -	R\$ 8.397.334,39	R\$ 110.837.380,48
2027	15.669	R\$ 731.723,30	5.860.807		R\$ 7.736.265,35	R\$ 8.467.988,65	7.845	2	R\$ 750.000,00	R\$ 9.217.988,65	R\$ 120.055.369,13
2028	15.799	R\$ 737.810,84	5.909.721		R\$ 7.800.832,06	R\$ 8.538.642,90	7.911	2	R\$ -	R\$ 8.538.642,90	R\$ 128.594.012,03
2029	15.930	R\$ 743.898,39	5.958.635		R\$ 7.865.398,77	R\$ 8.609.297,16	7.976	2	R\$ 750.000,00	R\$ 9.359.297,16	R\$ 137.953.309,19
2030	16.060	R\$ 749.985,94	6.007.550		R\$ 7.929.965,47	R\$ 8.679.951,41	8.042	2	R\$ -	R\$ 8.679.951,41	R\$ 146.633.260,60

Tabela 37: Cenário 4 - ETE Suzano

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	11.680	R\$ 545.444,32	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 545.444,32	1.708		R\$ -	R\$ 545.444,32	R\$ 545.444,32
2011	13.140	R\$ 613.624,86	0		R\$ -	R\$ 613.624,86	1.925		R\$ -	R\$ 613.624,86	R\$ 1.159.069,18
2012	14.600	R\$ 681.805,40	0		R\$ -	R\$ 681.805,40	2.142		R\$ -	R\$ 681.805,40	R\$ 1.840.874,58
2013	16.060	R\$ 749.985,94	0		R\$ -	R\$ 749.985,94	2.358		R\$ -	R\$ 749.985,94	R\$ 2.590.860,52
2014	526	R\$ 24.544,99	0		R\$ -	R\$ 24.544,99	2.575	1	R\$ 9.800.000,00	R\$ 9.824.544,99	R\$ 12.415.405,51
2015	569	R\$ 26.590,41	0		R\$ -	R\$ 26.590,41	2.792	1	R\$ 490.000,00	R\$ 516.590,41	R\$ 12.931.995,93
2016	953	R\$ 44.487,80	0		R\$ -	R\$ 44.487,80	4.264	1	R\$ -	R\$ 44.487,80	R\$ 12.976.483,73
2017	1.336	R\$ 62.385,19	0		R\$ -	R\$ 62.385,19	5.736	2	R\$ 10.290.000,00	R\$ 10.352.385,19	R\$ 23.328.868,92
2018	1.719	R\$ 80.282,59	0		R\$ -	R\$ 80.282,59	7.208	2	R\$ -	R\$ 80.282,59	R\$ 23.409.151,51
2019	1.747	R\$ 81.560,97	0		R\$ -	R\$ 81.560,97	7.313	2	R\$ 980.000,00	R\$ 1.061.560,97	R\$ 24.470.712,48
2020	1.774	R\$ 82.839,36	0		R\$ -	R\$ 82.839,36	7.417	2	R\$ -	R\$ 82.839,36	R\$ 24.553.551,83
2021	1.789	R\$ 83.521,16	0		R\$ -	R\$ 83.521,16	7.472	2	R\$ 980.000,00	R\$ 1.063.521,16	R\$ 25.617.073,00
2022	1.803	R\$ 84.202,97	0		R\$ -	R\$ 84.202,97	7.528	2	R\$ -	R\$ 84.202,97	R\$ 25.701.275,96
2023	1.818	R\$ 84.884,77	0		R\$ -	R\$ 84.884,77	7.583	2	R\$ 980.000,00	R\$ 1.064.884,77	R\$ 26.766.160,74
2024	1.833	R\$ 85.615,28	0		R\$ -	R\$ 85.615,28	7.649	2	R\$ -	R\$ 85.615,28	R\$ 26.851.776,01
2025	1.849	R\$ 86.345,78	0		R\$ -	R\$ 86.345,78	7.714	2	R\$ 980.000,00	R\$ 1.066.345,78	R\$ 27.918.121,80
2026	1.865	R\$ 87.076,29	0		R\$ -	R\$ 87.076,29	7.780	2	R\$ -	R\$ 87.076,29	R\$ 28.005.198,09
2027	1.880	R\$ 87.806,80	0		R\$ -	R\$ 87.806,80	7.845	2	R\$ 980.000,00	R\$ 1.067.806,80	R\$ 29.073.004,88
2028	1.896	R\$ 88.537,30	0		R\$ -	R\$ 88.537,30	7.911	2	R\$ -	R\$ 88.537,30	R\$ 29.161.542,18
2029	1.912	R\$ 89.267,81	0		R\$ -	R\$ 89.267,81	7.976	2	R\$ 980.000,00	R\$ 1.069.267,81	R\$ 30.230.809,99
2030	1.927	R\$ 89.998,31	0		R\$ -	R\$ 89.998,31	8.042	2	R\$ -	R\$ 89.998,31	R\$ 30.320.808,30

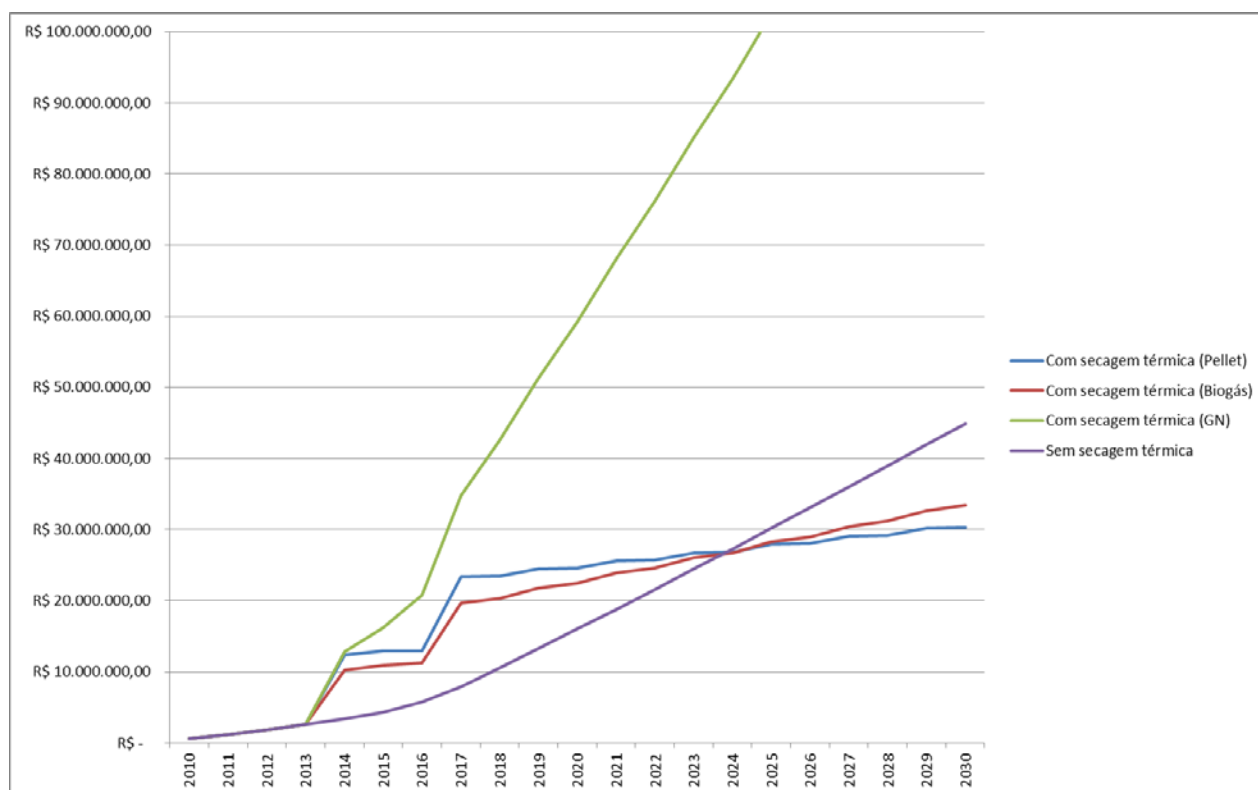
Na Tabela 38 abaixo segue a uma comparação entre a necessidade de biogás e a potencial produção de biogás nos digestores.

Tabela 38: Verificação do biogás - ETE Suzano

Ano	Necessidade de biogás	Produção Potencial de Biogás (m³/h)
2010	253,1	235,1
2011	285,2	264,5
2012	317,3	293,9
2013	349,4	323,3
2014	381,5	352,6
2015	413,6	382,0
2016	631,7	639,2
2017	849,7	896,3
2018	1067,8	1153,4
2019	1083,3	1171,8
2020	1098,7	1190,2
2021	1106,9	1200,0
2022	1115,2	1209,8
2023	1123,4	1219,6
2024	1133,1	1230,1
2025	1142,8	1240,6
2026	1152,5	1251,1
2027	1162,2	1261,6
2028	1171,9	1272,0
2029	1181,6	1282,5
2030	1191,3	1293,0

Portanto foi verificada que a potencial produção de biogás na ETE atende a necessidade do secador.

A seguir segue o Gráfico 8 de comparação dos cenários:

Gráfico 8: Comparação dos custos acumulados - ETE Suzano

6.6 ETE ABC

A ETE ABC atualmente tem capacidade instalada de tratamento de 3m³/s, atende os municípios de Diadema, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e São Paulo e conta com os seguintes sistemas de tratamento:

-Tratamento preliminar:

- Gradeamento;
- Desarenador;
-

-Tratamento primário:

- Decantador primário.
-

-Lodos Ativados:

- Tanque de aeração;
- Decantador secundário,

-Desinfecção:

- Tanque de cloreto férrico.

-Digestão de lodo:

- Digestor anaeróbio.

-Adensamento:

- Adensador por gravidade para lodos primários;
- Adensador por flotação para lodos secundários.

A Figura 43 apresenta uma vista aérea da área da ETE ABC.



Figura 43: Vista aérea da ETE ABC

Fonte: SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA (2010)

6.6.1 Comparação de custos do tratamento do lodo – ETE ABC

Cálculo do índice:

População em 2030 ETE ABC: 3511506 hab. x 90% = 3160355 hab.

Volume de lodo produzido 2030 ETE ABC: 361 m³/dia = 361000 L/dia

Portanto dividindo o lodo pela população temos:

$$361000/3160355 = 0,114$$

Portanto é aceitável, pois se encontra dentro da faixa estabelecida pelo livro.

Para uma taxa de produção de 0,114L/hab.dia a Tabela 39 apresenta a estimativa da produção de biogás na ETE ABC.

Tabela 39: Estimativa de produção de biogás – ETE ABC

ANO	POPULAÇÃO (HAB)	VOLUME DE LODO PRODUZIDO (m³/ano)	POPULAÇÃO C/ESG. TRAT. (HAB)	PERCENTUAL DE ATENDIMENTO	PRODUÇÃO POTENCIAL DE BIOGÁS (m³/h)
2010	3.151.907	24820,0	595.302	19%	620,1
2011	3.174.121	33653,0	807.160	25%	840,8
2012	3.196.335	42486,0	1.019.018	32%	1061,5
2013	3.218.549	51319,0	1.230.875	38%	1282,2
2014	3.240.763	60152,0	1.442.733	45%	1502,8
2015	3.262.977	68985,0	1.654.590	51%	1723,5
2016	3.282.299	87600,0	2.101.067	64%	2188,6
2017	3.301.621	106215,0	2.547.544	77%	2653,7
2018	3.320.943	124830,0	2.994.021	90%	3118,8
2019	3.340.265	125742,5	3.015.907	90%	3141,6
2020	3.359.585	126655,0	3.037.793	90%	3164,4
2021	3.376.440	127141,7	3.049.465	90%	3176,5
2022	3.393.295	127628,3	3.061.138	90%	3188,7
2023	3.410.150	128115,0	3.072.811	90%	3200,8
2024	3.427.005	128636,4	3.085.317	90%	3213,9
2025	3.443.858	129157,9	3.097.823	90%	3226,9
2026	3.457.388	129679,3	3.110.330	90%	3239,9
2027	3.470.918	130200,7	3.122.836	90%	3253,0
2028	3.484.448	130722,1	3.135.342	90%	3266,0
2029	3.497.978	131243,6	3.147.849	90%	3279,0
2030	3.511.506	131765,0	3.160.355	90%	3292,0

Assim, os custos com transporte e secagem para os 4 cenários propostos serão os apresentadas nas Tabelas 40 a 43.

Tabela 40: Cenário 1 - ETE ABC

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	24.820	R\$ 792.502,60	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 792.502,60	3.625		R\$ -	R\$ 792.502,60	R\$ 792.502,60
2011	33.653	R\$ 1.074.540,29	0		R\$ -	R\$ 1.074.540,29	4.925		R\$ -	R\$ 1.074.540,29	R\$ 1.867.042,89
2012	42.486	R\$ 1.356.577,98	0		R\$ -	R\$ 1.356.577,98	6.225		R\$ -	R\$ 1.356.577,98	R\$ 3.223.620,87
2013	51.319	R\$ 1.638.615,67	0		R\$ -	R\$ 1.638.615,67	7.525		R\$ -	R\$ 1.638.615,67	R\$ 4.862.236,54
2014	60.152	R\$ 1.920.653,36	0		R\$ -	R\$ 1.920.653,36	8.825		R\$ -	R\$ 1.920.653,36	R\$ 6.782.889,90
2015	68.985	R\$ 2.202.691,05	0		R\$ -	R\$ 2.202.691,05	10.125		R\$ -	R\$ 2.202.691,05	R\$ 8.985.580,95
2016	87.600	R\$ 2.797.068,00	0		R\$ -	R\$ 2.797.068,00	11.986		R\$ -	R\$ 2.797.068,00	R\$ 11.782.648,95
2017	106.215	R\$ 3.391.444,95	0		R\$ -	R\$ 3.391.444,95	13.847		R\$ -	R\$ 3.391.444,95	R\$ 15.174.093,90
2018	124.830	R\$ 3.985.821,90	0		R\$ -	R\$ 3.985.821,90	15.708		R\$ -	R\$ 3.985.821,90	R\$ 19.159.915,80
2019	125.743	R\$ 4.014.958,03	0		R\$ -	R\$ 4.014.958,03	15.813		R\$ -	R\$ 4.014.958,03	R\$ 23.174.873,83
2020	126.655	R\$ 4.044.094,15	0		R\$ -	R\$ 4.044.094,15	15.917		R\$ -	R\$ 4.044.094,15	R\$ 27.218.967,98
2021	127.142	R\$ 4.059.633,42	0		R\$ -	R\$ 4.059.633,42	15.972		R\$ -	R\$ 4.059.633,42	R\$ 31.278.601,39
2022	127.628	R\$ 4.075.172,68	0		R\$ -	R\$ 4.075.172,68	16.028		R\$ -	R\$ 4.075.172,68	R\$ 35.353.774,08
2023	128.115	R\$ 4.090.711,95	0		R\$ -	R\$ 4.090.711,95	16.083		R\$ -	R\$ 4.090.711,95	R\$ 39.444.486,03
2024	128.636	R\$ 4.107.361,16	0		R\$ -	R\$ 4.107.361,16	16.149		R\$ -	R\$ 4.107.361,16	R\$ 43.551.847,19
2025	129.158	R\$ 4.124.010,38	0		R\$ -	R\$ 4.124.010,38	16.214		R\$ -	R\$ 4.124.010,38	R\$ 47.675.857,57
2026	129.679	R\$ 4.140.659,59	0		R\$ -	R\$ 4.140.659,59	16.280		R\$ -	R\$ 4.140.659,59	R\$ 51.816.517,16
2027	130.201	R\$ 4.157.308,81	0		R\$ -	R\$ 4.157.308,81	16.345		R\$ -	R\$ 4.157.308,81	R\$ 55.973.825,97
2028	130.722	R\$ 4.173.958,02	0		R\$ -	R\$ 4.173.958,02	16.411		R\$ -	R\$ 4.173.958,02	R\$ 60.147.783,99
2029	131.244	R\$ 4.190.607,24	0		R\$ -	R\$ 4.190.607,24	16.476		R\$ -	R\$ 4.190.607,24	R\$ 64.338.391,23
2030	131.765	R\$ 4.207.256,45	0		R\$ -	R\$ 4.207.256,45	16.542		R\$ -	R\$ 4.207.256,45	R\$ 68.545.647,68

Tabela 41: Cenário 2 - ETE ABC

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	24.820	R\$ 792.502,60	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 792.502,60	3.625		R\$ -	R\$ 792.502,60	R\$ 792.502,60
2011	33.653	R\$ 1.074.540,29	0		R\$ -	R\$ 1.074.540,29	4.925		R\$ -	R\$ 1.074.540,29	R\$ 1.867.042,89
2012	42.486	R\$ 1.356.577,98	0		R\$ -	R\$ 1.356.577,98	6.225		R\$ -	R\$ 1.356.577,98	R\$ 3.223.620,87
2013	51.319	R\$ 1.638.615,67	0		R\$ -	R\$ 1.638.615,67	7.525		R\$ -	R\$ 1.638.615,67	R\$ 4.862.236,54
2014	15.038	R\$ 480.163,34	0		R\$ -	R\$ 480.163,34	8.825	2	R\$ 15.000.000,00	R\$ 15.480.163,34	R\$ 20.342.399,88
2015	17.246	R\$ 550.672,76	0		R\$ -	R\$ 550.672,76	10.125	3	R\$ 8.250.000,00	R\$ 8.800.672,76	R\$ 29.143.072,64
2016	21.900	R\$ 699.267,00	0		R\$ -	R\$ 699.267,00	11.986	3	R\$ -	R\$ 699.267,00	R\$ 29.842.339,64
2017	26.554	R\$ 847.861,24	0		R\$ -	R\$ 847.861,24	13.847	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 1.972.861,24	R\$ 31.815.200,88
2018	31.208	R\$ 996.455,48	0		R\$ -	R\$ 996.455,48	15.708	4	R\$ 7.500.000,00	R\$ 8.496.455,48	R\$ 40.311.656,36
2019	31.436	R\$ 1.003.739,51	0		R\$ -	R\$ 1.003.739,51	15.813	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 2.503.739,51	R\$ 42.815.395,86
2020	31.564	R\$ 1.011.023,54	0		R\$ -	R\$ 1.011.023,54	15.917	4	R\$ -	R\$ 1.011.023,54	R\$ 43.826.419,40
2021	31.785	R\$ 1.014.908,35	0		R\$ -	R\$ 1.014.908,35	15.972	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 2.514.908,35	R\$ 46.341.327,75
2022	31.907	R\$ 1.018.793,17	0		R\$ -	R\$ 1.018.793,17	16.028	4	R\$ -	R\$ 1.018.793,17	R\$ 47.360.120,92
2023	32.029	R\$ 1.022.677,99	0		R\$ -	R\$ 1.022.677,99	16.083	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 2.522.677,99	R\$ 49.882.798,91
2024	32.159	R\$ 1.026.840,29	0		R\$ -	R\$ 1.026.840,29	16.149	4	R\$ -	R\$ 1.026.840,29	R\$ 50.909.639,20
2025	32.289	R\$ 1.031.002,59	0		R\$ -	R\$ 1.031.002,59	16.214	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 2.531.002,59	R\$ 53.440.641,80
2026	32.420	R\$ 1.035.164,90	0		R\$ -	R\$ 1.035.164,90	16.280	4	R\$ -	R\$ 1.035.164,90	R\$ 54.475.806,70
2027	32.550	R\$ 1.039.327,20	0		R\$ -	R\$ 1.039.327,20	16.345	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 2.539.327,20	R\$ 57.015.133,90
2028	32.681	R\$ 1.043.489,51	0		R\$ -	R\$ 1.043.489,51	16.411	4	R\$ -	R\$ 1.043.489,51	R\$ 58.058.623,40
2029	32.811	R\$ 1.047.651,81	0		R\$ -	R\$ 1.047.651,81	16.476	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 2.547.651,81	R\$ 60.606.275,21
2030	32.941	R\$ 1.051.814,11	0		R\$ -	R\$ 1.051.814,11	16.542	4	R\$ -	R\$ 1.051.814,11	R\$ 61.658.089,32

Tabela 42: Cenário 3 - ETE ABC

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	24.820	R\$ 792.502,60	0		R\$ -	R\$ 792.502,60	3.625		R\$ -	R\$ 792.502,60	R\$ 792.502,60
2011	33.653	R\$ 1.074.540,29	0		R\$ -	R\$ 1.074.540,29	4.925		R\$ -	R\$ 1.074.540,29	R\$ 1.867.042,89
2012	42.486	R\$ 1.356.577,98	0		R\$ -	R\$ 1.356.577,98	6.225		R\$ -	R\$ 1.356.577,98	R\$ 3.223.620,87
2013	51.319	R\$ 1.638.615,67	0		R\$ -	R\$ 1.638.615,67	7.525		R\$ -	R\$ 1.638.615,67	R\$ 4.862.236,54
2014	15.038	R\$ 480.163,34	6.592.741		R\$ 8.702.418,07	R\$ 9.182.581,41	8.825	2	R\$ 15.000.000,00	R\$ 24.182.581,41	R\$ 29.044.817,95
2015	17.246	R\$ 550.672,76	7.563.910		R\$ 9.984.360,67	R\$ 10.535.033,43	10.125	3	R\$ 8.250.000,00	R\$ 18.785.033,43	R\$ 47.829.851,38
2016	21.900	R\$ 699.267,00	8.954.258		R\$ 11.819.620,38	R\$ 12.518.887,38	11.986	3	R\$ -	R\$ 12.518.887,38	R\$ 60.348.738,77
2017	26.554	R\$ 847.861,24	10.344.606		R\$ 13.654.880,10	R\$ 14.502.741,33	13.847	3	R\$ 1.125.000,00	R\$ 15.627.741,33	R\$ 75.976.480,10
2018	31.208	R\$ 996.455,48	11.734.954		R\$ 15.490.139,81	R\$ 16.486.595,28	15.708	4	R\$ 7.500.000,00	R\$ 23.986.595,28	R\$ 99.963.075,38
2019	31.436	R\$ 1.003.739,51	11.812.772		R\$ 15.592.859,57	R\$ 16.596.599,07	15.813	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 18.096.599,07	R\$ 118.059.674,46
2020	31.564	R\$ 1.011.023,54	11.890.590		R\$ 15.695.579,33	R\$ 16.706.602,87	15.917	4	R\$ -	R\$ 16.706.602,87	R\$ 134.766.277,32
2021	31.785	R\$ 1.014.908,35	11.932.093		R\$ 15.750.363,20	R\$ 16.765.271,55	15.972	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 18.265.271,55	R\$ 153.031.548,88
2022	31.907	R\$ 1.018.793,17	11.973.596		R\$ 15.805.147,07	R\$ 16.823.940,24	16.028	4	R\$ -	R\$ 16.823.940,24	R\$ 169.855.489,12
2023	32.029	R\$ 1.022.677,99	12.015.099		R\$ 15.859.930,94	R\$ 16.882.608,93	16.083	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 18.382.608,93	R\$ 188.238.098,05
2024	32.159	R\$ 1.026.840,29	12.064.013		R\$ 15.924.497,65	R\$ 16.951.337,94	16.149	4	R\$ -	R\$ 16.951.337,94	R\$ 205.189.435,99
2025	32.289	R\$ 1.031.002,59	12.112.928		R\$ 15.989.064,36	R\$ 17.020.066,95	16.214	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 18.520.066,95	R\$ 223.709.502,94
2026	32.420	R\$ 1.035.164,90	12.161.842		R\$ 16.053.631,06	R\$ 17.088.795,96	16.280	4	R\$ -	R\$ 17.088.795,96	R\$ 240.798.298,90
2027	32.550	R\$ 1.039.327,20	12.210.756		R\$ 16.118.197,77	R\$ 17.157.524,97	16.345	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 18.657.524,97	R\$ 259.455.823,88
2028	32.681	R\$ 1.043.489,51	12.259.670		R\$ 16.182.764,48	R\$ 17.226.253,98	16.411	4	R\$ -	R\$ 17.226.253,98	R\$ 276.682.077,86
2029	32.811	R\$ 1.047.651,81	12.308.584		R\$ 16.247.331,18	R\$ 17.294.982,99	16.476	4	R\$ 1.500.000,00	R\$ 18.794.982,99	R\$ 295.477.060,85
2030	32.941	R\$ 1.051.814,11	12.357.498		R\$ 16.311.897,89	R\$ 17.363.712,00	16.542	4	R\$ -	R\$ 17.363.712,00	R\$ 312.840.772,85

Tabela 43: Cenário 4 - ETE ABC

Ano	Volume a ser Transportado. (m³/ano)	Gasto Transporte (R\$/ano)	Consumo de GN (m³/ano)	Custo do GN (R\$/m³)	Custo GN (R\$/ano)	Gasto Total (GN + Transporte) (R\$/ano)	Produção de lodo - massa úmida. (kg/h)	Secadores instalados (un)	Investimento (R\$)	Custo Final (R\$)	Custo Final Acumulado (R\$)
2010	24.820	R\$ 792.502,60	0	R\$ 1,32	R\$ -	R\$ 792.502,60	3.625		R\$ -	R\$ 792.502,60	R\$ 792.502,60
2011	33.653	R\$ 1.074.540,29	0		R\$ -	R\$ 1.074.540,29	4.925		R\$ -	R\$ 1.074.540,29	R\$ 1.867.042,89
2012	42.486	R\$ 1.356.577,98	0		R\$ -	R\$ 1.356.577,98	6.225		R\$ -	R\$ 1.356.577,98	R\$ 3.223.620,87
2013	51.319	R\$ 1.638.615,67	0		R\$ -	R\$ 1.638.615,67	7.525		R\$ -	R\$ 1.638.615,67	R\$ 4.862.236,54
2014	1.805	R\$ 57.619,60	0		R\$ -	R\$ 57.619,60	8.825	2	R\$ 19.600.000,00	R\$ 19.657.619,60	R\$ 24.519.856,14
2015	2.070	R\$ 66.080,73	0		R\$ -	R\$ 66.080,73	10.125	3	R\$ 10.780.000,00	R\$ 10.846.080,73	R\$ 35.365.936,87
2016	2.628	R\$ 83.912,04	0		R\$ -	R\$ 83.912,04	11.986	3	R\$ -	R\$ 83.912,04	R\$ 35.449.848,91
2017	3.186	R\$ 101.743,35	0		R\$ -	R\$ 101.743,35	13.847	3	R\$ 1.470.000,00	R\$ 1.571.743,35	R\$ 37.021.592,26
2018	3.745	R\$ 119.574,66	0		R\$ -	R\$ 119.574,66	15.708	4	R\$ 9.800.000,00	R\$ 9.919.574,66	R\$ 46.941.166,92
2019	3.772	R\$ 120.448,74	0		R\$ -	R\$ 120.448,74	15.813	4	R\$ 1.960.000,00	R\$ 2.080.448,74	R\$ 49.021.615,66
2020	3.800	R\$ 121.322,82	0		R\$ -	R\$ 121.322,82	15.917	4	R\$ -	R\$ 121.322,82	R\$ 49.142.938,48
2021	3.814	R\$ 121.789,00	0		R\$ -	R\$ 121.789,00	15.972	4	R\$ 1.960.000,00	R\$ 2.081.789,00	R\$ 51.224.727,49
2022	3.829	R\$ 122.255,18	0		R\$ -	R\$ 122.255,18	16.028	4	R\$ -	R\$ 122.255,18	R\$ 51.346.982,67
2023	3.843	R\$ 122.721,36	0		R\$ -	R\$ 122.721,36	16.083	4	R\$ 1.960.000,00	R\$ 2.082.721,36	R\$ 53.429.704,02
2024	3.859	R\$ 123.220,83	0		R\$ -	R\$ 123.220,83	16.149	4	R\$ -	R\$ 123.220,83	R\$ 53.552.924,86
2025	3.875	R\$ 123.720,31	0		R\$ -	R\$ 123.720,31	16.214	4	R\$ 1.960.000,00	R\$ 2.083.720,31	R\$ 55.636.645,17
2026	3.890	R\$ 124.219,79	0		R\$ -	R\$ 124.219,79	16.280	4	R\$ -	R\$ 124.219,79	R\$ 55.760.864,96
2027	3.906	R\$ 124.719,26	0		R\$ -	R\$ 124.719,26	16.345	4	R\$ 1.960.000,00	R\$ 2.084.719,26	R\$ 57.845.584,22
2028	3.922	R\$ 125.218,74	0		R\$ -	R\$ 125.218,74	16.411	4	R\$ -	R\$ 125.218,74	R\$ 57.970.802,96
2029	3.937	R\$ 125.718,22	0		R\$ -	R\$ 125.718,22	16.476	4	R\$ 1.960.000,00	R\$ 2.085.718,22	R\$ 60.056.521,18
2030	3.953	R\$ 126.217,69	0		R\$ -	R\$ 126.217,69	16.542	4	R\$ -	R\$ 126.217,69	R\$ 60.182.738,87

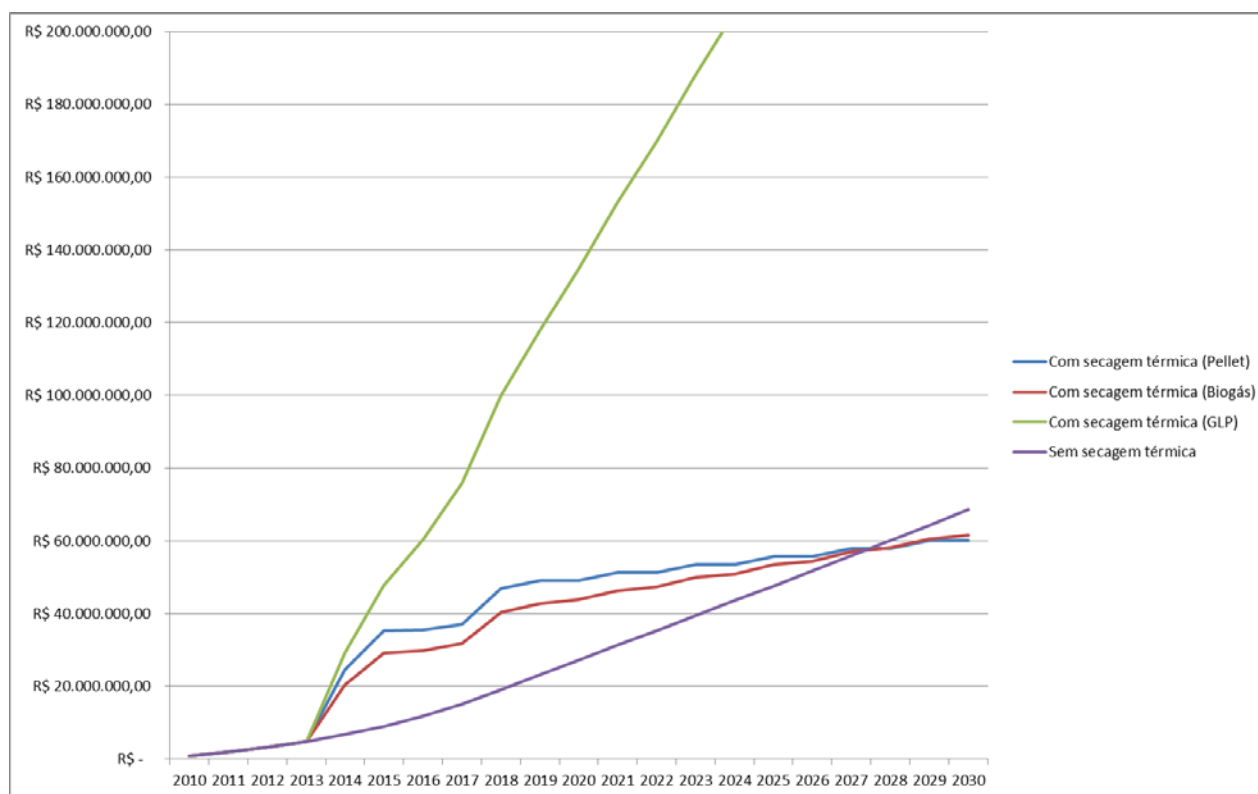
Na Tabela 44abaixo segue a uma comparação entre a necessidade de biogás e a potencial produção de biogás nos digestores.

Tabela 44: Verificação do biogás - ETE ABC

Ano	Necessidade de biogás	Produção Potencial de Biogás (m³/h)
2010	537,0	620,1
2011	729,6	840,8
2012	922,2	1061,5
2013	1114,8	1282,2
2014	1307,3	1502,8
2015	1499,9	1723,5
2016	1775,6	2188,6
2017	2051,3	2653,7
2018	2327,0	3118,8
2019	2342,5	3141,6
2020	2357,9	3164,4
2021	2366,1	3176,5
2022	2374,4	3188,7
2023	2382,6	3200,8
2024	2392,3	3213,9
2025	2402,0	3226,9
2026	2411,7	3239,9
2027	2421,4	3253,0
2028	2431,1	3266,0
2029	2440,8	3279,0
2030	2450,5	3292,0

Portanto foi verificada que a potencial produção de biogás na ETE atende a necessidade do secador.

A seguir o Gráfico 9 de comparação dos cenários:

Gráfico 9: Comparação dos custos acumulados - ETE ABC

6.7 Conclusão para ETEs de grande porte da RMSP

Conforme os resultados obtidos para as 5 ETEs da RMSP ficou evidente que a utilização de secadores térmicos se viabiliza, pois há uma amortização dos investimentos com o passar dos anos, mostrando que não só seria uma solução que se enquadraria na PNRS como também diminuiria os gastos com transporte e disposição dos rejeitos em aterros.

As análises mostram claramente que a compra de fontes de energia, como o GLP, para suprir a necessidade energética dos secadores, tornam a solução inviável, pois os preços para o transporte para o aterro ficam menores.

Com isso, a utilização do biogás se torna imprescindível para a secagem térmica, tanto ela sendo usada como combustível único, ou como complementação ao pellet.

7 CONCLUSÃO

Analizando os números da Sabesp de produção e tratamento de esgoto, da RMSP, e levando em conta o Plano Diretor, que prevê a universalização do tratamento de esgoto, constatamos que existe um grave problema sobre onde dispor o lodo que resulta do tratamento de esgotos. A crescente preocupação com a questão ambiental gera a necessidade de soluções ecológicas para essa questão, haja vista que a mera alocação desses detritos para aterros sanitários mostrou-se insuficiente. Além disso, segundo a PNRS deve-se procurar o aproveitamento energético dos resíduos e não apenas dispô-los em aterros sanitários. Com essa pressão legal, deve-se tornar mais usual e corriqueiro a procura por alternativas que atendam os requisitos da nova legislação ambiental.

A RMSP é um grande aglomerado urbano que produz enormes quantidades de lixo, sendo que todos os seus aterros sanitários já estão comprometidos. Ademais, encontram-se demasiado distantes do centro urbano, aumentando os custos de transporte, aumentando assim o custo como um todo. Diante desses entraves, uma medida que diminuísse o volume desse aporte de lodo geraria grande economia. Uma solução encontrada, que por ora se mostrou a mais eficaz, consiste em processar esse lodo, com imediata redução de seu volume e, inclusive, seu aproveitamento.

Este trabalho propõe como alternativa para a redução de volumes e enquadramento na legislação, a secagem térmica. O procedimento, apesar de envolver gastos de energia e um bom aporte financeiro inicial, eliminaria significativamente a disposição desse lodo em aterros, sendo que o produto desse lodo seco, denominado “pellet”, é potencialmente utilizável na agricultura e, mesmo, como combustível. Inclusive, se usado no próprio processo de secagem, acarretaria em diminuição dos onerosos gastos com a queima de combustível para abastecer os secadores.

Pelas análises feitas nesse trabalho, constatou-se que o uso de um combustível externo para a secagem do lodo é inviável economicamente sendo necessário o uso do biogás ou do próprio pellet. O biogás excedente (biogás que sobrou depois de ser

usado para o aquecimento dos biodigestores) atualmente é queimado sem uso da sua energia gerada, logo pode ser usado para a secagem do lodo. Caso não seja usada a energia do biogás ou do pellet a alternativa torna-se muito cara, não viabilizando economicamente.

Outro problema é que a queima do pellet pode gerar alguns gases tóxicos, material particulado e cinzas com metais. Logo se deve ter uma preocupação com o controle desses poluentes, o que encarece a solução da queima do pellet.

Como no Brasil ainda não se tem um mercado para a compra do pellet não foi considerado o possível ganho com essa venda. Mas o pellet tem um potencial preço de mercado o que poderia gerar receitas ao processo de tratamento de esgoto.

Assim a secagem térmica deve ser analisada para cada caso, considerando o volume de produção de lodo, distância do centro gerador para o aterro, custos dos equipamentos e sua operação e manutenção, alternativas de combustível e seu custo. Conforme visto anteriormente essa alternativa tende a ser viável para uma ETE de grande porte, sendo que nas ETEs de pequeno porte como a geração de lodo é relativamente pequena o investimento em equipamentos não é amortizado em um período curto de tempo, tornando uma alternativa não viável economicamente.

Conclui-se que a secagem térmica é uma excelente opção do ponto de vista ambiental, legal, técnico e econômico para a destinação do lodo. Como o saneamento básico é de responsabilidade do poder público, o Governo deve injetar incentivos financeiros para a compra desses equipamentos e incentivar a comercialização do pellet para que essa alternativa seja adotada em todo o território nacional.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT. **Secadores Térmicos**. Disponível em: <<http://www.albrecht.com.br/pt-br/default.php>>. Acesso em: 05 dez. 12.

ANDREOLI, Cleverson V., VON SPERLING, Marcos, FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. 3ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 6v.

CETESB, **Sistema de esgotos sanitários**. São Paulo, CETESB, 2ª Ed. 1977. 467p ilustr.

CHECONI DAVID, Airton. **Secagem térmica de lodos de esgoto**: Determinação da umidade de equilíbrio .2002. 151p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

COMGAS NATURAL. Disponível em <<http://www.comgas.com.br/pt/nossosServicos/Tarifas/Paginas/industrial.aspx>> acesso em 29 jun. 2013

ECKENFELDER, W. Wesley; GRAU, Petr: **Activated sludge process design and control**: Theory and practice. Second Edition. Pennsylvania, USA: Thecnomic Publishing CO INC. 1998. 1v. 333p.

FERNANDES, F.; LOPES, D. D.; ANDREOLI, C. V.; Silva, S.M.C.P. : Avaliação de alternativas e gerenciamento do lodo na ETE. In: **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte, DESA/UFMG . 2001. 484p.

GONÇALVES, R. F.; LUDUVICE, M.; VON SPERLING, M.: Avaliação de alternativas e gerenciamento do lodo na ETE, In: **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte, DESA/UFMG. 2001. 484p.

GOOGLE, **Google Maps**. Disponível em: < <https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=ml>>. Acesso em 17 nov. 2012

HUBER DO BRASIL. **Secagem de Lodo**. Disponível em: <<http://www.huber-technology.com.br/br.html>>. Acesso em: 01 dez. 2012.

KSC SECADORES. **Secadores Térmico**. Disponível em: <<http://www.kscsecadores.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 12.

LUDUVICE, M.; FERNANDES, F. : Principais tipos de transformação e descarto de lodo. In: ***Lodo de esgotos: tratamento e disposição final***. Belo Horizonte, DAS/UFMG. 2001. 484p.

METCALF & EDDY: **Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse**. New York, Metcalf & Eddy, Inc. 3 Ed. 1972. 782p.

METCALF & EDDY: **Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse**. New York, Metcalf & Eddy, Inc. 3 Ed. 1991. 1334p.

METCALF & EDDY: **Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse**. New York, Metcalf & Eddy, Inc. 4 Ed. 2003. 1815p

MIKI, M. K.; SOBRINHO, P.A.; VAN HAANDEL, A. C. : **Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos** – condicionamento, desaguamento mecanizado e secagem térmica do lodo. In: Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento. Rio de Janeiro, ABES. 417p.

PIERALISI. **Secadores Térmicos**. Disponível em:<<http://www.pieralisi.com/br>>. Acesso em: 06 dez. 12.

ROSA, Patrícia de B., SCHROEDER, Patrícia. **Avaliação do impacto da implantação da secagem térmica nos custos com disposição em aterros sanitários do lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto de uma**

metrópole. 2009. 91p. Dissertação (Graduação) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.** Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/>>. 17 nov. 2012

SABESP, **Plano diretor de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo – Relatório 10 – Consórcio Concremat/Cobrape.** 2009. 128p.

SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA, **Plano diretor de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo – PDE – Consórcio Concremat/Cobrape.** 2010. 192p.

VON SPERLING, Marcos, **Dimensionamento de lodos ativados por batelada utilizando os princípios da teoria do fluxo de sólidos.** Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 12p. (ARTIGO TÉCNICO)

VON SPERLING, Marcos, **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos:** Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. 1ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. 1v.

9 ANEXOS

ANEXO 1

Tabelas com os dados de monitoramento da ETE Guararema, do ano de 2008 ao ano de 2012. As tabelas mostram a eficiência do tratamento e as características do efluente lançado no manancial, Rio Paraíba do Sul.

Informativo Gerencial

Tratamento de Esgotos Sanitários - Lodos Ativados por Batelada

Quadro de Evolução de Eficiência em Remoção de DBO5 e Lançamento no manancial

	DBO5,20			Sól.Sed.	Sol. em Hexano		DQO		pH		Temperatura			DBO5,20		N. Amoniacal		Hora	Análises Bacteriológicas			Vazão	OD	Fósforo Total	
		Entrada	Saída	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Ar	entrada	saida	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Coleta	Escherichia Coli - NMP / 100mL	Tratada	Final	Montante	Jusante		
Data	%Remoção	mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	-	-	°C	°C	°C	mg/L	mg/L	mg/l	mg/L	h	Montante	Lançamento	Jusante	L/s	mg/L	mg/l	mg/L
11/01/2012	97,2	179	5	<0,1	32,9	<10	394,5	50	6,9	7,3	21	24	22	5	<3	0,64	0,46	12:39-13:50	1890	86	3100	9	3,4	<0,1	<0,1
27/03/2012	92,4	199	15	<0,1	45,2	<10	416	48	6,8	6,8	29	27	27	<3	<3	0,6	0,46	11:00-13:55	3100	<1	1950	10,3	4,4	<0,1	<0,1
23/04/2012	98,3	174	<3	<0,1	45,8	<10	326	<10	6,9	7,2	26	26,3	26,4	<3	<3	0,61	0,49	10:55-13:20	8500	727000	4100	10,5	5,6	<0,1	<0,1
01/06/2012	96,7	305	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	09:00-08:00	-	-	-	-	-	-	-
08/06/2012	98,6	230	<3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
15/06/2012	99	309	<3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
18/06/2012	95	284	14	<0,1	61,4	<10	567,5	43	6,7	7,1	23	23	21,6	<3	<3	0,29	0,25	12:10-15:50	10900	<1	2430	9	4,4	<0,1	<0,1
22/06/2012	99	325	<3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
29/06/2012	98,9	295	<3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
06/07/2012	99	305	<3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
11/07/2012	98,7	234	<3	<0,1	52,6	<10	521	32	7,1	6,6	23	22	22,4	<3	<3	0,43	0,39	12:40-15:30	7701	<1	7500	8,5	4	<0,1	<0,1
13/07/2012	95,8	335	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
20/07/2012	99,3	409	<3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-09:00	-	-	-	-	-	-	-
27/07/2012	95,5	427	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-09:00	-	-	-	-	-	-	-
03/08/2012	94,6	300	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-09:00	-	-	-	-	-	-	-
10/08/2012	98,9	277	<3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-09:00	-	-	-	-	-	-	-
17/08/2012	91	329	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
25/08/2012	96	316	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	09:00-08:00	-	-	-	-	-	-	-
31/08/2012	95	322	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
05/09/2012	97	244	7	<0,1	44,1	<10	444	102	7	7,1	24	23	23	<3	<3	0,33	0,29	10:40-13:30	11870	20	3100	21	4,1	<0,1	<0,1
07/09/2012	96	342	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
14/09/2012	93	267	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-
21/09/2012	97	384	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08:00-07:00	-	-	-	-	-	-	-

Informativo Gerencial

Tratamento de Esgotos Sanitários - Lodos Ativados por Batelada

Quadro de Evolução de Eficiência em Remoção de DBO5 e Lançamento no manancial

[illegible]

Informativo Gerencial

Tratamento de Esgotos Sanitários - Lodos Ativados por Batelada

Quadro de Evolução de Eficiência em Remoção de DBO5 e Lançamento no manancial

[illegible]

Divisão de Controle Sanitário - RVOC

Informativo Gerencial

Município: Guararema - Sede

Tratamento de Esgotos Sanitários - Lodos Ativados por Batelada

Quadro de Evolução de Eficiência em Remoção de DBO5 e Lançamento no manancial

Data	DBO5,20			Sól.Sed.	Sol. em Hexano		DQO		pH		Temperatura			DBO5,20		N. Amoniacal		Hora	Análises Bacteriológicas			Vazão
	%Remoção	Entrada	Saída	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Ar	entrada	saida	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Coleta	Escherichia Coli - NMP / 100mL			Tratada
		mg/L	mg/L	mL/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	-	-	°C	°C	°C	mg/L	mg/L	mg/l	mg/L	h	Montante	Lançamento	Jusante	L/s
16/01/2009	65,5	168	58	<0,1	42,2	8,8	289	138	6,9	7,2	24	27	26	-	-	-	-	10:35-11:15		81640		17,05
16/02/2009	87,7	188	23	<0,1	53,3	5,3	376,5	114	7,1	7,2	28	26	26	<3	<3	0,73	0,71	09:00-11:30	7400	13,1	5200	10,02
13/03/2009	22,2	18	14	<0,1	<10	<10	55	77	6,9	7,1	26	26,4	26,8	-	-	-	-	09:20-11:30		<1		3,54
08/04/2009	98,5	206	<3	<0,1	-	-	451,5	114	6,8	6,5	24	26,7	25,8	-	-	-	-	09:45-10:50		<1		29,98
24/06/2009	98,9	290	<3	<0,1	-	-	503	136	7	6,5	16	20,4	19,9	-	-	-	-	08:15-09:00		<1		15,17
27/07/2009	85,4	82	12	<0,1	22,6	<10	193	67	6,5	6,4	19	20,5	20	-	-	-	-	08:45-09:25		<1		34,83
10/08/2009	92,5	576	43	<0,1	165,3	<10	1278	95	6,7	6,7	20	21,8	21,2	-	-	-	-	09:00-10:00		<1		11,65
30/09/2009	92,5	214	16	<0,1	39,5	<10	444	147	6,9	6,9	17	22,1	22,5	-	-	-	-	10:40-13:20				19
21/10/2009	86,8	61	<8	<0,1	-	-	156	60	6,7	6,9	25	23,5	24,7	-	-	-	-	10:00-11:30		4,1		-

Informativo Gerencial

Tratamento de Esgotos Sanitários - Lodos Ativados por Batelada

Quadro de Evolução de Eficiência em Remoção de DBO5 e Lançamento no manancial

[illegible]

ANEXO 2

Tabela com uma análise feita do lodo seco da ETE Guararema, com sua composição, umidade e outras características.



AMBIOTEC
Laboratório de Tecnologia Ambiental Ltda.



SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 20 DE JUNHO 2012.

CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

ABNT - NBR 10.004 - 2004
ABNT - NBR 10.005 - 2004
ABNT - NBR 10.006 - 2004
ABNT - NBR 10.007 - 2004

CLIENTE :

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
Guararema

DESCRIÇÃO DO RESÍDUO : Lodo Seco

LOCAL DE AMOSTRAGEM : ETE

DATA/HORA DA AMOSTRAGEM : 25/05/12 10:15 h

DATA/HORA DO RECEBIMENTO : 25/05/12 15:00 h

DATA/HORA DO INÍCIO DA ANÁLISE : 25/05/12 15:10 h

RESPONSÁVEL PELA COLETA : Ambiotec

NÚMERO DE REGISTRO : 12 / 0001

RESULTADOS ANALITICOS

PORCENTAGEM MÉDIA DE UMIDADE NA BASE RECEBIDA: 7,5%

EXTRATO SOLUBILIZADO

Procedimento NBR 10.006 - 2004

Massa do Resíduo Solubilizada :270,3 g/L

PARÂMETROS ANALISADOS	RESULTADOS ENCONTRADOS (mg/L)	LIMITES ESPECIFICADOS (mg/L) *	LIMITES DE DETECÇÃO DO MÉTODO	METODOLOGIA ANALITICA***
Arsênio	< 0,0002	0,01	0,0001	E AA
Bário	0,05	0,7	0,007	E AA
Cádmio	< 0,004	0,005	0,001	E AA
Chumbo	< 0,028	0,01	0,009	E AA
Cianeto	< 0,005	0,07	0,007	E VIS
Cromo Total	< 0,023	0,05	0,023	E AA
Fenol	< 0,01	0,01	0,001	E VIS
Fluoreto	0,1	1,5	0,044	E VIS
Mercúrio	0,0002	0,001	0,0001	E AA
Nitrato (como N)	1,7	10,0	0,1	E VIS
Prata	< 0,023	0,05	0,007	E AA
Selênio	< 0,0002	0,01	0,0002	E AA
Ferro	3,9	0,3	0,006	E AA
Alumínio	< 0,118	0,2	0,037	E AA
Cloretos	8	250,0	0,4	E VIS
Cobre	0,010	2,0	0,003	E AA
Manganês	1,01	0,1	0,002	E AA
Sódio	64,2	200,0	0,007	E AA
Zinco	0,04	5,0	0,003	E AA
Surfactantes	< 0,1	0,5	0,001	E VIS
Sulfatos	7	250,0	1,0	E VIS
pH	6,3	---	---	Eletrometria

EXTRATO LIXIVIADO

Procedimento NBR 10.004 - Massa do Resíduo Lixiviada : 100 g / 2000 mL

Procedimento NBR 10.005 - 2004

pH do Lixiviado : 4,3

PARÂMETROS ANALISADOS	RESULTADOS ENCONTRADOS (mg/L)	LIMITES ESPECIFICADOS (mg/L) **	LIMITES DE DETECÇÃO DO MÉTODO	METODOLOGIA ANALITICA ***
Arsênio	< 0,0002	1,0	0,0001	E AA
Bário	0,43	70,0	0,007	E AA
Cádmio	0,006	0,5	0,001	E AA
Chumbo	< 0,028	1,0	0,009	E AA
Cromo Total	< 0,073	5,0	0,023	E AA
Fluoreto	0,1	150,0	0,3	E VIS
Mercúrio	0,0003	0,1	0,0001	E AA
Prata	< 0,023	5,0	0,007	E AA
Selênio	< 0,0002	1,0	0,0002	E AA

* Limites estabelecidos pela NBR 10.004, Anexo G (Normativo) -Padrões para o ensaio de solubilização

** Limites estabelecidos pela NBR 10.004, Anexo F (Normativo); Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação.

*** E AA = Espectrofotometria por Absorção Atômica. E VIS = Espectrofotometria na região visível.

*** CG / SM - Cromatografia Gasosa / Espectro de Massa

CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

INTRODUÇÃO

Tem por finalidade, realizar os ensaios na Massa Bruta, na Massa Solubilizada e na Massa Lixiviada do resíduo, conforme NBR 10.004, NBR 10.005, NBR 10.006 e NBR 10.007 segunda edição, de 31/05/04, para caracterização do mesmo quanto a sua classe.

O resíduo é classificado de acordo com os resultados encontrados nos ensaios citados, comparando com os parâmetros estabelecidos em cada norma.

O resíduo sólido pode ser classificado como:

- Resíduo Classe I: Resíduo Perigoso
- Resíduo Classe II: Resíduo Não Perigoso; divide - se em:
- Resíduo Classe II A: Resíduo Não Inerte
- Resíduo Classe II B: Resíduo Inerte

A classificação do resíduo se faz necessária para a obtenção do CADRI (Certificado de Aprovação e Destinação de Resíduo Industrial), junto ao órgão fiscalizador (CETESB), dando assim uma orientação de destino adequado ao resíduo, visando a preservação do meio ambiente e da saúde pública.

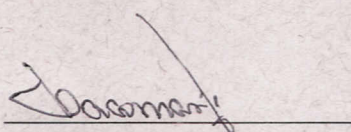
ENSAIOS: A preparação das amostras para realização dos ensaios é realizada conforme as normas citadas. Para a realização dos ensaios especificados, após a preparação das amostras, tem - se como referência o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th Edition.

As metodologias utilizadas nos ensaios estão relacionadas no próprio laudo de cada resíduo.

CONCLUSÃO:

PARA OS PARÂMETROS ANALISADOS DOS EXTRATOS SOLUBILIZADOS E LIXIVIADOS, A CONCENTRAÇÃO DE FERRO E MANGANÊS NÃO ATENDEM AOS LIMITES ESPECIFICADOS NO EXTRATO SOLUBILIZADO.
RESÍDUO CLASSE II A

Responsável Técnico:



Data: 20/06/12

Marcos Aurélio Jacomassi
Químico Resp.
C.R.Q. 04.310.907 4ª Região

ANEXO 3

Tabela com uma análise parasitológica do lodo seco. Demonstra que o pellet é inerte e sem a presença de organismos patagênicos.

ANÁLISE PARASITOLÓGICA

Helminto	Unidade	Biossólido Saída da Centrifuga Entrada Secador 25% ST	Biossólido Saída Secador 90% ST	Biossólido Saída Secador 80% ST	Biossólido Saída Secador 70% ST	Biossólido Saída Secador 60% ST	Biossólido Saída Secador 50% ST	VMP Padrão CONAMA n° 375/06
Ascaris sp. ***	ovos viáveis/grama	0,26	0	0	0	ND	0	-
Toxacara sp. ***	ovos viáveis/grama	0	0	0	0	ND	0	-
Trichuris trichiura ***	ovos viáveis/grama	0	0	0	0	ND	0	-
Trichuris vulpis ***	ovos viáveis/grama	0	0	0	0	ND	0	-
Trichuroidea ***	ovos viáveis/grama	0,04	0	0	0	ND	0,03	-
Hymenolepis diminuta ***	ovos viáveis/grama	0,43	0	0	0	ND	0,02	-
Taenia sp. ***	ovos viáveis/grama	0	0	0	0	ND	0	-
Total Geral ***	ovos viáveis/grama	0,73	0	0	0	ND	0,05	0,25
Protozoários ***	ovos viáveis/grama	0,6	0	0,04	0,03	ND	0,05	-

Parâmetros	Unidade	Biossólido Saída da Centrifuga Entrada Secador 25% ST	Biossólido Saída Secador 90% ST	Biossólido Saída Secador 80% ST	Biossólido Saída Secador 70% ST	Biossólido Saída Secador 60% ST	Biossólido Saída Secador 50% ST	VMP Padrão CONAMA n° 375/06
Salmonella ***	gramas de ST	ND	ND	ND	ND	ausência	ausência	ausência em 10 g / ST
Coliformes Termotolerantes **	NMP / g ST	1,8 x 10 ⁴	1,1 x 10 ¹	ND	ND	1,2 x 10 ²	8,3 x 10 ²	10 ³ / g ST
Adenovírus	UFF / g ST	ND	ND	ND	ND	ND	NI	0,25/ g ST
Vírus do Gênero Enterovírus****	UFF / g ST	ND	ND	ND	ND	ND	NI	0,25/ g ST

VMP - Valor Máximo Permitido - CONAMA 375/06

ND - Não Disponível

NI - Não Identificado

* Análises realizadas na Instituto Agrônomo de Campinas - IAC

** Análises realizadas no laboratório da Ambient

*** Análises realizadas na Fundação da Universidade Federal do Paraná - FUNPAR

**** Análises realizadas pelo laboratório Ambiental

ANEXO 4

Especificações técnicas do secador Bruthus da Albrecht. Encontra-se as características técnicas, os componentes do secador e suas descrições, as características do equipamento, os consumos de cada tipo de combustível e o preço de compra.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Hidráulica, Saneamento e Meio Ambiente
Projeto: SABESP Região Metropolitana
At.: Eng. Paulo Lyra
e-mail: paulolyra39@gmail.com

Oferta nº 149 / 2013
SISTEMA DE SECAGEM TÉRMICA DE LODO SANITÁRIO
BRUTHUS
Desenho 5452CSP

Resumo da proposta:

- **Introdução**
- **Dados Técnicos**
- **Escopo de fornecimento**
- **Vantagens do processo**
- **Itens fora do escopo de fornecimento**
- **Condições de venda**

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

INTRODUÇÃO

SECAGEM TÉRMICA

A desidratação e higienização de lodos provenientes de estações de tratamento de esgoto vêm de encontro à necessidade do mercado de saneamento e atende a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010). Os resultados alcançados com o gerenciamento adequado dos lodos sanitários minimizam consideravelmente os impactos relativos à disposição de lodos *in natura* em aterros industriais, agregando valor ao lodo seco através de sua aplicação como biossólido ou biocombustível alternativo para o próprio processo de secagem. Neste sentido, a combinação do secador granulador de lodos BRUTHUS e o Gerador de calor DRAKO é apresentada como uma solução sustentável e ambientalmente correta para o tratamento térmico dos lodos sanitários.

A secagem térmica ocorre pelo contato do lodo adensado com os gases pré-aquecidos, em um ambiente de pressão levemente reduzida, favorecendo a liberação da umidade presente no lodo.

O Secador Térmico BRUTHUS é empregado para lodos desaguados em centrífuga, filtro-prensa, prensa desaguadora, leito de secagem ou outros processos que garantam um teor de sólidos de aproximadamente 10 a 20%.

O projeto de sistema de secagem térmica levará em conta os seguintes requisitos:

- a) Sistema interno de granulação do lodo para garantir uma perfeita homogeneização e aumentar a eficiência de secagem;
- b) Garantia de uma perfeita higienização quanto à patógenos;
- c) Concentração de sólidos na saída do secador de até 90%;
- d) Redução de peso e volume;
- e) Tratamento de gases composto de multiciclone e lavador de gases, para a eliminação de odor, material particulado e enquadramento das emissões atmosféricas

O tempo de residência no secador granulador é suficiente para bloquear a atividade biológica no lodo, garantindo a higienização do material, permitindo sua utilização como componente de recomposição de solos degradados, por exemplo. A utilização da secagem térmica também proporciona a redução do volume de lodo, diminuindo os custos de transporte e disposição final, além de permitir sua utilização como biocombustível sólido para a geração de energia térmica necessária para a secagem do próprio lodo.

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

VANTAGENS DO PROCESSO

- Processo contínuo e automatizado;
- Redução de peso e volume, facilitando manuseio, transporte e disposição;
- Granulação e higienização do resíduo;
- Aproveitamento do biogás e do próprio lodo seco como combustível para a secagem do lodo;
- Redução do passivo ambiental com possibilidade de conversão do lodo em biosólido ou em biocombustível.

1 – DADOS TÉCNICOS

1.1 - Características do equipamento.

Carga de lodo úmido:	5.000 kg/h a 20% de sólidos
Comprimento do tambor :	20.000 mm
Diâmetro do tambor :	3.600 mm
Vazão de ar do ventilador :	84.035 m ³ /h a 320° C
Massa de água a evaporar:	3.750 kg/h
Massa de resíduo seco:	1.250 kg/h

1.2 - Consumos.

1.2.1 - Energia térmica requerida: 3.700.000 kcal/h

1.2.2 – Consumo de Biogás: 740,7 Nm³/h (PCI 5.000 kcal/Nm³)
Consumo de gás Natural: 426,4 Nm³/h
Consumo de gás GLP: 336,7 Kg/h
Consumo de lodo seco: 1.322 kg/h (PCI 2.800 kcal/kg)

1.2.3 – Vazão de água do Lavador de Gases: 12,7 m³/h

1.2.4 - Potência elétrica instalada: 150 kW

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

2. ESCOPO DE FORNECIMENTO

2.1 - Fará parte do fornecimento:

Item	Descrição	Quant.
A	Transportador helicoidal saída centrífuga	1
B	Bomba deslocamento positivo tipo Nemo	2
C	Moega de carga do secador	1
D	Transportador helicoidal alimentação	1
E	Secador rotativo	1
F	Painel comando	1
G	Caixa de entrada do secador	1
H	Duto de saída do secador	1
I	Multiciclone	1
J	Queimador a gás	1
K	Lavador de gases	1
L	Exaustor	1
M	Silo de lodo úmido	1
N	Silo de cinzas	1
O	Silo de lodo seco	1
P	Tanque de drenagem de condensado	2
Q	Sistema de desulfurização do biogás	1
R	Gasômetro de 2.100 m ³	1
S	Gerador de calor DRAKO	1
T	Moega de carga gerador de calor	1

2.2 – Itens não mencionados acima e que também fazem parte do fornecimento:

- Válvulas, tubulações, pressostatos, corta chama, temoválvula, e todos os componentes referentes a linha de biogás para o secador;
- Sistemas de transporte pneumático para lodo seco e cinzas do gerador de calor;
- Tubulações para transporte do lodo centrífugado por meio de bomba tipo Nemo;
- Fornecimento de toda mão-de-obra especializada, materiais, ferramentas e equipamentos de apoio, necessários para desenvolver todos os trabalhos relacionados ao fornecimento (inclusive supervisão técnica de montagem eletromecânica, execução de testes de fabrica e de campo, start-up);
- Fornecimento de materiais, instrumentos, equipamentos, mão-de-obra e serviços para executar inspeção e testes de fábrica e de campo;
- Fornecimento de Data Book e folha de dados dos equipamentos e acessórios;
- Fornecimento de manuais de operação, manutenção e instalação dos equipamentos;
- Fornecimento de lubrificantes para o primeiro enchimento;

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

- Desenho dimensional dos equipamentos e instalação, com especificação e lista de materiais, fluxograma de processo, desenhos de locação de bases e suportes, desenhos de suportes e ancoragens;
- Termo de garantia;
- Especificação de pintura;
- Cronograma de fabricação;
- Transporte de nossa fábrica até a ETE;

2.3 – Especificação dos componentes do equipamento:

2.3.1 – Bomba de Deslocamento Positivo Tipo Nemo

O lodo proveniente do prédio de desaguamento será bombeado para um silo de lodo centrifugado por meio de bomba de deslocamento positivo tipo Nemo[®].

A bomba de deslocamento positivo Nemo[®] possui as seguintes características: Carcaça em aço carbono; anéis “O” em viton; partes giratórias em AISI 304; rotor em AISI 304 com cromo duro especial UM 40; estator em borracha SBE e bocal de pressão ANSI 16.5.

O lodo centrifugado é bombeado até o secador por uma bomba de deslocamento positivo tipo Nemo que irá dosar o lodo em um transportador helicoidal responsável por alimentar o lodo no secador.

A calha do transportador helicoidal de alimentação do lodo é confeccionada em aço inox 304 e o helicóide em aço carbono com dupla mancalização no lado do acionamento.

A alimentação do lodo deve obedecer a um criterioso fluxo afluyente contínuo, controlado por inversor de frequência e CLP, de forma a garantir uma distribuição homogênea de vazão, sem a necessidade da intervenção de um operador.

Os transportadores de lodo são totalmente protegidos de forma a garantir que não ocorra o derramamento do material, bem como sobrecarga dos motores.

As tubulação de bombeamento de lodo serão confeccionadas em tubo de aço inox 304.

2.3.2 - Fonte de Energia Térmica

A energia térmica necessária para secar o lodo será proveniente de um gerador de calor, o qual permitirá a queima de biocombustíveis sólidos (como o próprio lodo seco) e também a queima de biogás e gás GLP/Natural.

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

O gerador de calor será responsável pelo fornecimento dos gases quentes que serão direcionados para o secador térmico BRUTHUS, através de uma tubulação isolada termicamente. Nesta interligação não ocorre dissipação dos gases quentes para atmosfera. Entretanto constam na linha monitores específicos para controle da combustão, incluso termopar, registráveis no sistema supervisorio.

2.3.2.1 – Queimador a Gás

O queimador a gás será do tipo monobloco, modulante, automático e permite operar com biogás, gás GLP e/ou Natural.

O projeto prevê um cavalete para biogás, e outro para uso de gás GLP e/ou Natural, os quais serão montados dentro das normas de segurança e operação conforme norma ABNT e NBR, funcionando como suporte adicional de energia para o gerador de calor ou como fonte principal.

2.3.2.2 – Gerador de Calor DRAKO

O gerador de calor fornecido utiliza a tecnologia de grelha móvel, sendo composto de fornalha, câmara de pós-queima, conjunto de grelha móvel, sistema de carga e extrator de cinza, além do sistema de exaustão integrado ao secador de lodo.

Na combustão em grelha móvel, o combustível é continuamente alimentado por um lado da grelha e caminha horizontalmente, à medida que vai sendo consumido. Parte do ar de combustão é introduzido por baixo da grelha e a cinza é descarregada pelo lado oposto da alimentação. A vazão de ar pode ser distribuída ao longo da grelha, facilitando o controle de combustão.

A parede do gerador de calor é construída em tijolos refratários, constituindo assim superfícies contínuas e vedadas com concreto refratário. O teto é formado por tijolos refratários em formato de cunha. Nas paredes existem aberturas construídas a partir das extremidades, onde são montadas as portas de visita, visores de nível e outros acessórios.

No teto da fornalha encontra-se instalado um dumper de admissão de ar, responsável pela mistura dos gases quentes que serão fornecidos para o processo subsequente de secagem. O funcionamento do dumper está condicionado ao Set point de temperatura requerido na secagem com comando por cilindro pneumático acionado por válvula elétrica e retorno-mola. Caso ocorra queda de energia o dumper abre automaticamente, liberando os gases residuais e de expansão, evitando assim o risco de explosão ou principio de incêndio dentro da fornalha.

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

O conjunto de grelha móvel é constituído por elementos fundidos montados sobre cavaletes móveis, especialmente projetada para queima de combustíveis sólidos. Os elementos possuem aberturas para permitir a passagem do ar de combustão uniformemente sobre toda a grelha.

O extrator de cinzas removerá as cinzas resultantes da queima do lodo seco. Este material será conduzido para um silo de cinzas por meio de transporte pneumático composto por dutos, ventilador e válvula rotativa. Todos os componentes serão confeccionados em aço carbono.

Os ventiladores de ar primário e secundário, reguladores de fluxo, dutos e sistema de alimentação de combustível serão fornecidos em aço carbono, com pintura resistente a temperatura, de acordo com a aplicação.

2.3.3 – Secador rotativo BRUTHUS

O secador granulador de lodos BRUTHUS apresenta-se como uma tecnologia que utiliza gases quentes para secagem do lodo.

O tambor do secador é construído em corpo cilíndrico de 3 estágios, confeccionado em chapa de aço carbono SAC 300.

Externamente, o tambor possui isolamento térmico com lã de rocha revestida com chapa de alumínio. Este isolamento tem por finalidade garantir a proteção pessoal e a otimização energética.

O tambor possui internamente aletas direcionadoras de fluxo, moinhos e peneiras que tem por finalidade a granulação do lodo, garantindo a troca térmica e perfeita higienização do lodo. O sistema motriz é constituído por acionamento direto em duas rodas de apoio para uma melhor distribuição de cargas. O controle de velocidade do tambor é efetuado através de inversor de frequência.

As rodas motrizes e as de apoio serão revestidas em poliuretano para reduzir o nível de ruído, evitar vibração e aumentar a vida útil da pista de rolamento.

O secador será montado em uma base construída em perfil “I” de aço carbono, dotada de coxins de borracha para evitar transferência de vibração para a base civil.

Para manutenção, os componentes possuem o acesso facilitado e devidamente identificado por meio de plaquetas, de acordo com norma ABNT e manual de manutenção e operação.

A secagem do lodo úmido no secador granulador BRUTHUS ocorre em uma única passagem, sem necessidade de reprocessamento do material, evitando a

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

formação de excesso de finos, risco de incêndio e problemas de emissões de material particulado.

2.3.4 - Saída do Lodo Seco e Separação de Finos (Multiciclone)

A descarga de lodo seco é efetuada pneumaticamente utilizando os gases quentes do processo de secagem como meio de transporte. Um multiciclone promove a separação do lodo seco dos gases pela parte inferior do equipamento e direciona os gases residuais para o lavador de gases.

O lodo seco mais os finos retidos pelo multiciclone serão descarregados por uma válvula rotativa e transportados pneumaticamente para um silo de lodo seco.

O transporte pneumático é composto por um ventilador centrífugo, dutos e uma válvula rotativa, confeccionado em aço carbono, jateado e pintado.

O multiciclone será confeccionado em chapa de aço carbono SAC 300.

2.3.5 - Lavador de Gases

Os gases residuais contendo as partículas menores que 40 microns serão conduzidos a um lavador de gases, responsável por reter o material particulado a fim de atender o que estabelece a Resolução CONAMA 316/02, quanto à emissão atmosférica de fonte fixa.

O lavador de gases será do tipo hidrociclone, confeccionado em aço inox 304. O sistema é dotado de aspersão de água composto de bomba de água, bomba dosadora, fluxômetro, manômetro e bicos aspersores.

Pode-se utilizar água de reuso na bomba do lavador de gases, desde que este reuso contemple um filtro na linha para retenção de partículas acima de 0,28mm. O efluente gerado poderá retornar à estação de tratamento de efluentes. Uma bomba dosadora será fornecida para a dosagem de produto químico inibidor de odores ou para tratamento de compostos específicos.

2.3.6 – Exaustor

Um exaustor centrífugo confeccionado em chapa de aço carbono SAC 300, é responsável pela extração dos gases e manutenção da depressão em todo o sistema, liberando os gases na atmosfera com temperatura inferior a 70 °C por meio de uma chaminé apropriado.

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

A chaminé do lavador de gases será confeccionada em aço carbono SAC 300 e terá uma tomada para análise de emissões atmosféricas. O ponto de amostragem poderá ser disponibilizado conforme definido pela NBR10700: Planejamento de Amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias e NBR10701: Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias.

2.3.7 – Unidade de compressão de biogás

A unidade de compressão de biogás é composta por um rack com dois compressores tipo soprador rotativo, medidores de vazão, válvulas de controle de fluxo e válvulas anti-retorno. Esta unidade tem por finalidade comprimir o biogás a uma pressão acima de 1.000 mmCA e manter a vazão e pressão do biogás constantes na entrada do queimador e estabilizar a combustão na câmara de queima.

2.3.8 - Painel de Comando

O painel de comando do secador de lodo é dotado de CLP, inversores de frequência, contactores e relês, para assegurar um funcionamento contínuo e totalmente automatizado ao sistema, sem a necessidade de intervenção humana, podendo ser interligado ao sistema supervisorio da própria ETE.

O painel de comando é montado dentro das normas ABNT, NR10, proteção IP-55, operação em 24 VCA.

O controlador do Secador de Lodo (CLP) permite o ajuste automático de forma a manter a eficiência do sistema de secagem mesmo durante variações na vazão e/ou umidade na carga através do ajuste na temperatura no secador;

O secador possui um sistema de segurança no CLP que atua automaticamente no caso de anomalias operacionais, levando o sistema a uma condição segura.

Outras variáveis monitoradas:

- Temperatura de saída dos gases;
- Velocidade do Tambor Secador;
- Velocidade do Transportador de Alimentação;
- Temperatura de Entrada dos Gases;
- Horímetro para controle de manutenção preventiva;
- Consumo de biogás;
- Pressão, vazão e volume do gasômetro;

Em caso de elevação excessiva da temperatura interna do secador, dispositivos específicos serão acionados, manual ou automaticamente.

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

Os equipamentos estão atrelados a um sistema supervisorio que permite operar ou monitorar remotamente. Este supervisorio deve registrar qualquer anomalia de processo e permite gerar relatórios e gráficos operacionais e de manutenção. Completam este fornecimento um circuito composto por duas câmaras de monitoramento em tempo real.

2.3.9 - Gasômetro para acumulação do biogás com capacidade de 2.100 m³

- Volume útil: 2.100 m³
- Pressão de serviço: 20 mbar
- Diâmetro do gasômetro: 16,81 m
- Altura do gasômetro (a partir da fundação): 12,61 m
- Diâmetro externo do anel de ancoragem: 14,72 m
- Temperatura máxima do gás: 40 °C
- Produção de gás: 900 m³/h
- Capacidade máxima captação: 900 m³/h
- Velocidade máxima dos ventos: 150 km/h

- **Membrana exterior** do gasômetro fabricada em tecido de poliéster, Recoberta por ambos os lados de PVC resistente a radiação ultravioleta, protegido por fungicida, conforme norma DIN 4102 classe B1, em forma de bola 3/4, adicionalmente reforçada em todas as uniões e termosoldado por alta frequência, resistente a ruptura instantânea aproximadamente 5.000 N/5 cm., cor branca.

- **Membrana interior e membrana de fundo**, fabricadas em tecido de poliéster, recoberto em ambos os lados de PVC, resistente a radiação ultravioleta, protegido por fungicida, conforme norma DIN 4102 classe B1, cor amarelo.

- **Janela transparente** composta de anel de vedação e placa acrílica de 550 mm para visualizar o interior do gasômetro.

- **Válvula anti-retorno**, para evitar a descarga da membrana exterior em caso de parada do soprador quando o gasômetro não esta em operação com gás, confeccionado em aço inox 304.

- **Ventilador de insuflamento**, para manter a membrana externa inflada, será fornecido um ventilador com acionamento elétrico.

- **Ventilador de insuflamento auxiliar**, para o caso de falta de energia elétrica na ETE, será fornecido um ventilador com acionamento a motor a biodiesel.

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

2.3.10 – Sistema de Desulfurização

O sistema para retenção de gás sulfídrico e retirada de umidade de biogás é constituído por um filtro com enchimento em palha de aço carbono alocados dentro de uma vaso confeccionado em polipropileno. O fluxo ascendente permeia o recheio do tanque de desulfurização reagindo com o mesmo, reduzindo o potencial corrosivo do biogás.

Os agentes corrosivos condensados podem ser retirados através de uma purga localizada na parte inferior do tanque. O meio filtrante deverá ser preenchido periodicamente, de acordo com as instruções do manual de manutenção.

2.3.11 – Tanque de Condensado

Tanques confeccionados em aço inox 304 são responsáveis pela retirada de condensado e impurezas presentes na linha de biogás, próximo ao balão de acumulação de biogás e junto ao tanque de desulfurização.

2.3.12 – Silo de Lodo Centrifugado

O lodo centrifugado é transportado por meio de bomba de deslocamento positivo tipo Nemo para um silo com capacidade nominal de 44 m³, confeccionado em chapa de aço ASTM- A36.

Uma segunda bomba de deslocamento positivo tipo Nemo é responsável pela transferência do lodo úmido armazenado para a moega de carga do secador de lodo BRUTHUS.

O silo será montado a uma altura suficiente para permitir a entrada de um caminhão basculante na parte inferior, caso seja necessário a destinação direta do lodo úmido.

O silo será composto por:

- Corpo do silo em aço ASTM-A36;
- Estrutura de elevação confeccionada em viga “U” 8”;
- Escada externa com guarda corpo;
- Escada interna tipo marinheiro;
- Plataforma e guarda corpo superior;
- Válvula solenóide 5 vias e de 3 vias;
- Válvula borboleta de descarga com atuador pneumático;
- Válvula de segurança para silo metálico;
- Porta de inspeção;

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

- Sistema de medição de volume;
- Automação do silo;

2.3.14 – Silo de Lodo Seco

O lodo seco será transportado pneumaticamente para um silo com capacidade nominal de 44 m³, confeccionado em chapa de aço ASTM- A36.

A descarga de lodo seco é controlada por uma válvula rotativa de velocidade variável.

O silo de lodo seco será montado a uma altura suficiente para permitir a entrada de um caminhão basculante na parte inferior.

O silo será composto por:

- Corpo do silo em aço ASTM-A36;
- Estrutura de elevação confeccionada em viga “U” 8”;
- Escada externa com guarda corpo;
- Escada interna tipo marinheiro;
- Plataforma e guarda corpo superior;
- Válvula rotativa;
- Filtro antipoluição WAM, em aço inox, filtro de cartucho, autolimpeza;
- Válvula de segurança para silo metálico;
- Porta de inspeção;
- Sistema de medição de volume;
- Automação do silo;
- Sistema contra-incêndio, dispositivo contra explosão;

2.3.15 – Silo de Cinzas do Combustor

As cinzas resultantes da combustão do lodo seco serão transportadas pneumaticamente para um silo com capacidade nominal de 44 m³, confeccionado em chapa de aço ASTM- A36.

A descarga do silo possui uma válvula tipo borboleta com acionamento pneumático.

O silo será montado a uma altura suficiente para permitir a entrada de um caminhão basculante na parte inferior.

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

O silo será composto por:

- Corpo do silo em aço ASTM-A36;
- Estrutura de elevação confeccionada em viga "U" 8";
- Escada externa com guarda corpo;
- Escada interna tipo marinheiro;
- Plataforma e guarda corpo superior;
- Válvula solenóide de 5 vias e de 3 vias;
- Válvula borboleta de descarga com atuador pneumático;
- Filtro antipoluição WAM, em aço inox, filtro de cartucho, autolimpeza;
- Válvula de segurança para silo metálico;
- Porta de inspeção;
- Sistema de medição de volume;
- Automação do silo;
- Sistema contra-incêndio, dispositivo contra explosão;

3. COMPONENTES

Os componentes de manutenção mecânicos, gás, elétricos e eletrônicos são itens de primeira linha e de fácil acesso no mercado Brasileiro. Citam-se:

- Motores: WEG
- Motorreduzores: SEW
- Rolamentos: NSK, SKF
- Mancais: Bürger
- Bomba de transporte de lodo tipo Nemo: Netzsch
- Transportador helicoidal: WAM
- Bomba de água para lavador de gases: Schneider
- Inversores de frequência: Danfoss;
- CLP: Muller;
- Queimador a gás: Weishaupt;
- Compressores radiais: Ibram;
- Medidor de vazão de gás: Contech;
- Válvulas reguladoras de biogás: Groth
- Válvula corta chama: Groth;
- Termoválvula: Groth;
- Bomba dosadora para lavador de gases: Prominent
- Bicos spray: Spray tec
- Bomba de lodo Tipo Nemo: Netzsch

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

4. ITENS FORA DO ESCOPO DE FORNECIMENTO

- Energização do painel de comando em 220/380/460 volts / 60 Hz;
- Infraestrutura de alvenaria e tubulações de interligação (água e esgoto);
- Aterramento de todos os componentes;
- Cobertura para os equipamentos;

5. PEÇAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (Período: 2 anos)**LISTAGEM DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO PERIÓDICA**

Item	Descrição	Código	Quant.
01	Corrente ANSI 50-1 Passo 5/8"		0,951m
02	Emenda para corrente ANSI 50-1 passo 5/8"		01 pç
03	Redução para corrente ANSI 50-1 passo 5/8"		01 pç
04	Corrente 60-2 Passo 3/4"		0,9m
05	Emenda para corrente 60-2 Passo 3/4"		02 pç
06	Rolamento 6405-ZZ		02 pç
07	Amortecedor de vibração (coxin)		02 pç
08	Rolamento 22209K CDKE4511 (45x85x23)		04 pç
09	Bucha de fixação H309		04 pç
10	Anel de bloqueio SR 85x8		08 pç
11	Roldana guia do tambor		02 pç
12	Rodas de apoio Ø305		02 pç
13	Corrente ANSI 50-2 Passo 5/8"		1,00m
14	Emenda para corrente ANSI 50-2 passo 5/8"		01 pç
15	Termoresistência PT-100 inox316		01 pç
16	Vedação para tambor		24 pç
17	Engrenagem 1.50.23		01 pç
18	Engrenagem 1.50.23		01 pç
19	Eixo motriz da roda de apoio		01 pç
20	Eixo movido da roda de apoio		01 pç
21	Engrenagem 1.60.23		01 pç
22	Engrenagem 1.60.23		01 pç
23	Mola roldana de encosto		01 pç
24	Mancal da roda de apoio		02 pç
25	Junta de expansão Ø330		01 pç
26	Junta de expansão Ø565		01 pç
27	Kit manutenção queimador		01 pç
28	Inversor de frequência 0,75KW		01 pç
29	Inversor de frequência 7,5 KW		01 pç
30	Transdutor linear DK6		01 pç

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

31	Isolador galvânico		01 pç
32	Rolo compressor		02 pç
33	Peneira primeira passagem		01 pç
34	Peneira segunda passagem		01 pç
35	Válvula rotativa		01 pç
36	Bomba Schneider		01 pç
37	Ventilador		01 pç
38	Módulo CLP Easy		01 pç
39	IHM KG2		01 pç
40	Inversor de frequência 0,75KW		01 pç
41	Inversor de frequência 7,5 KW		01 pç

6. CONDIÇÕES DE VENDA

6.1 – Preço Total: **CIF R\$ 9.800.000,00**

Obs.: O ICMS (8,8%) está incluso no preço e o IPI é isento.

6.2 - Forma de pagamento: 20% sinal com o pedido
10% na aprovação dos projetos executivos;
20% na inspeção na fábrica;
20% na entrega (posto na obra);
20% na conclusão da montagem;
10% no stat-up / treinamento;

6.3 - Previsão de entrega: **210 dias**

6.4 - Validade da oferta : **60 dias.**

6.5 – Instalação/Start-up e Treinamento: A previsão para colocar o equipamento em funcionamento, contando com a ajuda de: dois técnicos eletroeletrônicos mais seis mecânicos é de: 60 dias com o equipamento no local. A mão-de-obra de instalação, conforme descrito acima, já está inclusa no preço. Se houver qualquer atraso na montagem não relacionados aos técnicos da Albrecht e que seja necessário a permanência dos mesmo por um período superior ao previsto acima, o custo de mão de obra será de R\$ 95,00 a hora/técnico dentro do horário normal de trabalho mais as despesas de passagens, hospedagens, alimentação e deslocamentos.

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br

6.6 - Garantia: 12 meses do star-up ou 18 meses do faturamento, o que ocorrer primeiro. A garantia é válida somente nos itens que compõe o produto originalmente integrado e montado pelos técnicos da Albrecht.

Com nossos melhores cumprimentos,

Luiz Francisco Ferreira
Departamento Comercial Meio Ambiente e Saneamento
Tel.: (47) 4009-3313
Celular: (47) 9932-1186
e-mail: Luiz.ferreira@albrecht.com.br

ALBRECHT EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.

BR 101 Km 29 - 89239-500 - Joinville - Santa Catarina - Tel.: (47) 4009-3300 - Fax: (47) 4009-3333
Caixa Postal: 7171 - E-mail: albrecht@albrecht.com.br - Home Page: www.albrecht.com.br