

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

MARIO EDUARDO CABEZAS

ESTUDO DE VIABILIDADE DA REDUÇÃO DE CUSTOS LOGÍSTICOS PELA
INTRODUÇÃO DE SECADORES SOLARES NA SECAGEM DE LODO DE ESGOTO
SANITÁRIO DOMÉSTICO

SÃO PAULO

2021

MARIO EDUARDO CABEZAS

ESTUDO DE VIABILIDADE DA REDUÇÃO DE CUSTOS LOGÍSTICOS PELA
INTRODUÇÃO DE SECADORES SOLARES NA SECAGEM DE LODO DE ESGOTO
SANITÁRIO DOMÉSTICO

Trabalho Aplicado apresentado à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão para Competitividade.

Linha de Pesquisa: *Supply Chain*

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique Rigato Vasconcellos

SÃO PAULO

2021

Cabezas, Mario Eduardo.

Estudo de viabilidade da redução de custos logísticos pela introdução de secadores solares na secagem de lodo de esgoto sanitário doméstico / Mario Eduardo Cabezas. - 2021.

139 f.

Orientador: Luís Henrique Rigato Vasconcellos.

Dissertação (mestrado profissional MPGC) – Fundação Getulio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo.

1. Lodo de esgoto. 2. Saneamento. 3. Integração vertical. 4. Viabilidade econômica. 5. Logística empresarial. I. Vasconcellos, Luís Henrique Rigato. II. Dissertação (mestrado profissional MPGC) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo. III. Fundação Getulio Vargas. IV. Título.

CDU 658.86/.87

AGRADECIMENTOS

Nesta oportunidade quero aproveitar para agradecer a todas as pessoas que se fizeram essenciais ao longo da minha graduação, colegas, companheiros de trabalho, amigos e professores, que sempre forneceram incentivo e apoio para que em nenhum momento eu desistisse de realizar o meu sonho.

Escrever um trabalho de conclusão de curso é mais difícil do que eu pensava e mais gratificante do que eu jamais poderia imaginar, portanto, nada disso teria sido possível sem o apoio de todos vocês.

Principalmente, quero agradecer aos meus familiares, que ao longo do percurso de meus estudos estiveram sempre presentes, em especial, aos meus pais que ficaram ao meu lado durante todas as lutas e me ensinaram que a melhor batalha é aquela que se vence pelos caminhos da educação.

Eles me ensinaram disciplina, amor, boas maneiras, respeito e muito mais, que me ajudaram a ter sucesso na vida. É por causa de seus esforços e incentivos que tenho um legado para transmitir à minha família, onde antes não existia.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Luís Henrique Rigato, que soube com paciência, sabedoria e habilidade me conduzir por esta jornada; ainda mais naqueles momentos que ele demonstrou acreditar mais em mim do que eu mesmo.

Deus abençoe a todos!

RESUMO

O objetivo primordial deste trabalho foi apresentar os principais fatores competitivos que afetam a introdução do equipamento, secador solar de lodo sanitário, a jusante do corrente processo de tratamento do esgoto doméstico que ocorre em uma ETE – Estação de Tratamento de Esgoto – no Brasil. Este estudo abordou, do ponto de vista da ETE, os fatores que ameaçam e os que favorecem a verticalização e a competitividade da cadeia de tratamento sanitário. Para esta finalidade, foi empregado um estudo de caso único, utilizando-se de uma abordagem quantitativa e exploratória, com coleta de dados feita junto a uma ETE no estado de São Paulo. A partir deste trabalho, pode-se concluir que o uso do secador solar na resolução de problemas do lodo gerado pelas ETEs se destaca no cumprimento de metas econômicas e ambientais importantes. O resultado da investigação do estudo de caso demonstrou que a verticalização do processo sanitário pela introdução da secagem solar constitui um processo importante para o gerenciamento do lodo de esgoto, pois pela redução da massa e o volume do lodo e, conseqüentemente, reduz-se o custo de manuseio, transporte e descarte deste lodo.

Palavras-chave: lodo sanitário, esgoto doméstico, secador solar, integração vertical, ETE, redução de custos, pesquisa exploratória, pesquisa quantitativa e estudo de caso.

ABSTRACT

The main objective of this work was to present the main competitive factors that affect the introduction of the equipment, a solar sanitary sludge dryer, downstream of the current domestic sewage treatment process that takes place in an ETE – Sewage Treatment Station – in Brazil. This study addressed, from the point of view of the ETE, the factors that threaten and those that favor the verticalization and competitiveness of the sanitary treatment chain. For this purpose, a single case study was used, using a quantitative and exploratory approach, with data collection carried out at an ETE in the state of São Paulo. From this work, it can be concluded that the use of the solar dryer in solving sludge problems generated by ETEs stands out in meeting important economic and environmental goals. The result of the investigation of the case study demonstrated that the verticalization of the sanitary process by introducing solar drying is an important process for the management of sewage sludge, as it reduces the mass and volume of the sludge and, consequently, reduces the cost of handling, transporting and disposing of this sludge.

Keywords: sanitary sludge, domestic sewage, solar dryer, vertical integration, ETE, cost reduction, exploratory research, quantitative research and case study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: ETE de lodo ativado.....	15
Figura 2: Três centrífugas da ETE de São José do Rio Preto.....	16
Figura 3: Deságue do lodo.....	17
Figura 4: Esquema do secador solar com duas pistas.....	19
Figura 5: O espaçador do secador solar – vista lateral.....	19
Figura 6: Secagem do lodo.....	21
Figura 7: Casa de Lodo da ETE de São José do Rio Preto.....	24
Figura 8: Utilização de caçamba de 12 m ³ para a coleta do lodo na ETE de São José do Rio Preto.....	29
Figura 9: Mercado de transporte no Brasil.....	32

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de biossólido e número de viagens para transporte de 6 t de massa seca.....	29
Tabela 2: Comparação dos custos da disposição final do lodo de esgoto.....	30
Tabela 3: Planilha para a conclusão dos cálculos para a análise financeira.....	48
Tabela 4: Resultado econômico da introdução do secador com parâmetros atuais correntes.....	52
Tabela 5: Aplicação da variação do teor SS do lodo desaguado para 27%.....	54
Tabela 6: Aplicação da variação do teor SS do lodo desaguado para 31%.....	55
Tabela 7: Aplicação da variação do teor de SS do lodo seco para 75%.....	56
Tabela 8: Aplicação da variação do teor de SS do lodo seco para 80%.....	57
Tabela 9: Aplicação da variação do teor de SS do lodo seco para 90%.....	58
Tabela 10: Custos dos serviços de coleta, transporte e descarte do lodo variando com a inflação.....	59
Tabela 11: Aplicação da variação do custo da coleta, transporte e descarte do lodo para R\$ 253,00.....	60
Tabela 12: Aplicação da variação do custo da coleta, transporte e descarte do lodo para R\$ 318,00.....	61
Tabela 13: Aplicação da variação do custo da coleta, transporte e descarte do lodo para R\$ 348,00.....	62
Tabela 14: Aplicação da variação do custo do kWh para R\$ 0,75.....	63
Tabela 15: Aplicação da variação do custo do kWh para R\$ 1,00.....	64
Tabela 16: ROI e <i>payback</i> em função do teor de sólidos no lodo desaguado.....	66
Tabela 17: ROI e <i>payback</i> em função do teor de sólidos no lodo seco.....	66
Tabela 18: ROI e <i>payback</i> em função da variação do custo do descarte final do lodo.....	66
Tabela 19: ROI e <i>payback</i> em função da variação do custo do kWh.....	66
Tabela 20: Novo cálculo de ROI e <i>payback</i> em função dos parâmetros de “piores” <i>paybacks</i>	67
Tabela 21: Novo cálculo de ROI e <i>payback</i> em função dos parâmetros de “melhores” <i>paybacks</i>	68

Tabela 22: Resumo de ROI e <i>payback</i> em função dos parâmetros de “piores” <i>paybacks</i>	73
Tabela 23: Resumo de ROI e <i>payback</i> em função dos parâmetros de “melhores” <i>paybacks</i>	74
Tabela 24: Investimento por parte da ETE.....	84

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: Síntese dos conceitos apresentados na Revisão Bibliográfica.....	33
Quadro 2: Características gerais dos métodos de pesquisa quantitativos e qualitativos.....	35
Quadro 3: Abordagem metodológica.....	37
Quadro 4: Perguntas exploratórias e respectivas respostas.....	42
Quadro 5: Cálculo de custos de aquisição do secador com todos os seus componentes.....	44
Quadro 6: Resumo dos dados quali-quantitativos para o estudo de caso.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Contraposição de ROI e <i>payback</i> dos 11 ensaios.....	65
Gráfico 2: ROI e <i>payback</i> em função do teor de sólidos no lodo desaguado.....	70
Gráfico 3: ROI e <i>payback</i> em função da variação do custo do kWh.....	71
Gráfico 4: ROI e <i>payback</i> em função do teor de sólidos no lodo seco.....	72
Gráfico 5: ROI e <i>payback</i> em função da variação do custo do descarte final do lodo.....	73

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Apresentação do Tema	14
1.2 Justificativa do Trabalho	19
1.2.1 Os potenciais ganhos financeiros	19
1.2.2 A crescente produção de lodo.....	22
1.2.3 Descarte do lodo	23
1.2.4 A introdução de secadores solares	23
1.2.5 A possibilidade de o lodo gerar receita	24
1.3 Objetivo.....	25
1.3.1 Objetivo geral	25
1.3.2 Objetivos específicos	25
1.4 Estrutura do Trabalho	25
2 REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 Falta de uma Tratativa Preestabelecida para a Gestão do Lodo	26
2.2 Integração Vertical	26
2.3 Logística Verde	27
2.4 Redução Volumétrica para o Transporte e Descarte de Lodo	28
2.5 O Transporte Rodoviário no Brasil.....	31
2.6 Resumo do Referencial Teórico	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 Tipos de Pesquisa.....	35
3.2 Categorias de Pesquisa	36
3.3 Abordagem Metodológica.....	36
3.3.1 Proposições de pesquisa	37
3.4 A Escolha do Secador Solar	38
3.5 Caracterização da ETE Estudada.....	39
3.5.1 Perguntas exploratórias – Questionário estruturado	40
3.6 Estudo de Caso.....	40
3.7 Consulta à Abetre	41
4 ESTUDO DE CASO: ETE DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	42
4.1 Respostas às Perguntas Exploratórias – Entrevista	42
4.2 Cálculos de custos de aquisição do secador, Fretes & Impostos e Supervisão & Comissionamento	43
4.3 Parâmetros Relevantes ao Estudo de Caso	45

4.4 Desenvolvimento dos Cálculos	47
4.5 Estudo pela Variação dos Parâmetros Relevantes.....	51
4.5.1 Primeiro ensaio.....	51
4.5.2 Ensaio variando o teor de sólidos do lodo desaguado	53
4.5.3 Ensaio variando o teor de sólidos do lodo seco	56
4.5.4 Ensaio variando o custo do descarte do lodo	58
4.5.5 Ensaio variando o custo do kWh	62
4.5.6 Resumo dos resultados obtidos	64
5 RESULTADO DO ESTUDO	69
5.1 Variando TD	69
5.2 Variando CW	70
5.3 Variando TS.....	71
5.4 Variando CC.....	72
5.5 Variando simultaneamente quatro parâmetros: TD, TS, CC e CW	73
5.6 Transcrito resultante da entrevista à Abetre	75
6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	78
6.1 Respostas para as Proposições.....	78
6.2 Desenvolvimento do Projeto de Pesquisa.....	80
6.3 Limitações do Trabalho e recomendações para futuros estudos.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS E APÊNDICES	90
Process description.....	97
Process data	99
Main features of the energy chain	108

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Tema

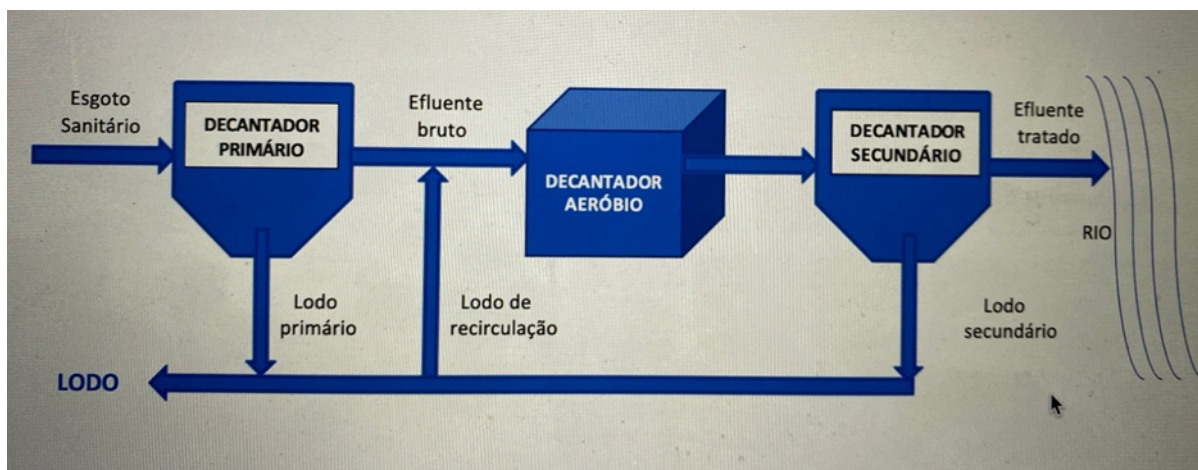
Efluentes domésticos são provenientes de unidades tais como fossas sépticas, caixas de gordura e despejos sanitários que abrangem os líquidos resultantes das necessidades fisiológicas, dos hábitos de higiene pessoal e da casa, como lavar as mãos, a louça, as roupas, tomar banho e da lavagem de áreas comuns, além de restos de alimentos. Toda a água que é eliminada nesse uso é chamada de esgoto sanitário doméstico, segundo definição da Norma Brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986). Este deve ser tratado, caso contrário pode impactar diretamente a saúde das famílias e populações, uma vez que possui micro-organismos que causam doenças, como esquistossomose, leptospirose, cólera e piodermite. Pode afetar também os ecossistemas do planeta ao contaminar rios, lagos, represas e mares, porque possui excesso de sedimentos (SANESUL MS, 2021). O tratamento é feito em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Esses locais conseguem, através de processos químicos e biológicos de decomposição impostos pelo padrão de saúde da Resolução 357 (CONAMA, 2005), tratar o esgoto.

O tratamento do esgoto em uma ETE gera dois subprodutos, conforme apresenta a Figura 1: o efluente tratado — água com baixa carga poluidora, atendendo a rigorosos padrões máximos de contaminação (matérias orgânicas, óleos graxos, materiais sedimentáveis, metais pesados, entre outros), o que permite que esse material seja despejado em meios hídricos, como rios, córregos e lagoas —, e o lodo (primário e secundário) — efluente predominantemente orgânico de coloração esverdeada e escura, composto em grande parte de água, substâncias minerais, orgânicas e coloides em processo de decomposição anaeróbia.

O tratamento primário dos esgotos objetiva principalmente remover sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Os sólidos sedimentados no fundo da unidade são continuamente raspados e direcionados ao poço de acúmulo de lodo. Assim, chamamos de lodo o material que é sedimentado e removido do fundo de decantadores (quer seja do primário quanto do secundário), enquanto o lodo líquido clarificado é removido pela superfície. Sendo que no caso do decantador secundário o clarificado já está pronto para o descarte final.

Ao se planejar o gerenciamento de lodo, os seguintes aspectos necessitam ser levados em consideração e quantificados: a produção de lodo na fase líquida e o descarte de lodo da fase líquida e sólida (ANDREOLI, SPERLING, FERNANDES, 2014). A destinação do lodo após seu tratamento fará parte do objeto central deste trabalho aplicado.

Figura 1: ETE de lodo ativado



Fonte: Elaborado pelo autor.

A geração do lodo é definida pela capacidade da ETE, medida em litros/segundo, sendo que esta está diretamente relacionada ao número de habitantes do respectivo município. Existem ETEs cuja capacidade de tratamento de esgoto sanitário varia de 5 litros/segundo; outras chegam a 3.000 litros/segundo, como é o caso da ETE Barueri/SP, uma das maiores da América Latina.

Importante apontar que o lodo é composto basicamente do sólido seco (SS) e de água, sendo que o teor de sólido seco do lodo é de 1% a 2% em massa e volume logo após seu tratamento. Traduz-se, portanto, que, para cada 1.000 t de lodo gerado, sua composição é de 20 t de sólidos e 980 t de água (ANDREOLI, SPERLING, FERNANDES, 2014).

Segundo os mesmos autores, o lodo com o teor de 2% SS se apresenta ainda no estado líquido, sendo que sua operação de transporte tende a ser complexa e ineficiente. Desta forma, o lodo, antes de seguir para seu destino final — aterros sanitários, incineração, lançamento no oceano, uso agrícola (adubo) ou uso industrial (água de reuso) —, será submetido ao processo de secagem por desaguamento, etapa fundamental para a redução de massa de água e volume do lodo a ser transportado e descartado.

Os principais processos utilizados para o desaguamento do lodo são os seguintes: leitos de secagem, lagoas de lodos, centrífugas, filtros a vácuo, prensas desaguadoras e filtros prensa; cada um com seus pontos positivos e negativos. Foge do escopo deste trabalho o detalhamento destes processos listados. Entretanto relativo às centrífugas apresentaremos brevemente alguns pontos.

A taxa de sedimentação dos sólidos em um líquido pode ser maximizada por meio da substituição da força gravitacional por uma força centrífuga. A centrífuga é um equipamento

físico-mecânico que se utiliza da força centrífuga para separar dois líquidos entre si ou separar líquidos e sólidos. O processo baseia-se na diferença de densidade entre os meios. A força centrífuga se assemelha ao que ocorre em um decantador por gravidade. No entanto, utiliza uma força 500 a 3.000 vezes maior que a força da gravidade (MIKI et al., 2006).

Figura 2: Três centrífugas da ETE de São José do Rio Preto



Fonte: O autor.

Segundo Von Sperling (2001), pelo uso de uma centrífuga obtém-se secagem média de 30% SS, mas, para o Exemplo 1, explicativo hipotético que se segue, adotou-se, por ser uma condição mais restritiva e real para lodos orgânicos, a capacidade de secagem de apenas 20% SS.

Exemplo 1: Redução do volume do lodo primário pelo uso de centrífugas.

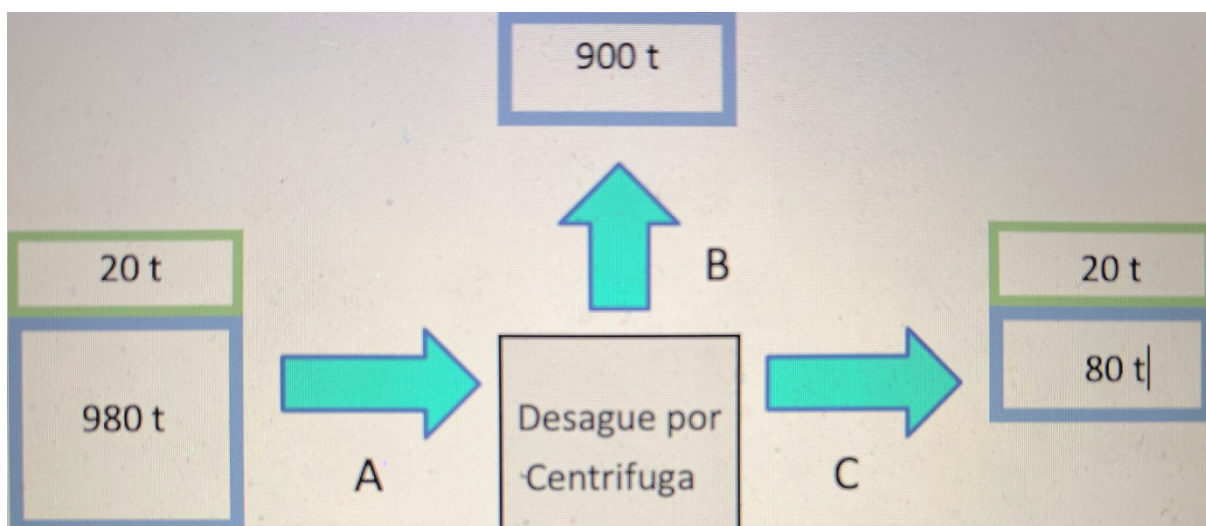
No exemplo, partimos de 1.000 t de lodo a 2% de sólidos secos. Desta forma, o lodo que entra na centrífuga é composto de 2% de sólidos, 20 t, e 80% de água, 980 t.

O papel da centrífuga, por diferença de densidade, é separar os sólidos do líquido, de modo que esse líquido, a água, possa ser expurgado (demarcado com a seta B na figura abaixo). Naturalmente, esse equipamento não adiciona ou retira o material seco do lodo; assim, as mesmas 20 t de sólido seco que entraram (demarcado com a seta A na figura abaixo) têm que sair (demarcado com a seta C na figura abaixo).

A centrífuga não separa 100% a água que o lodo contém. Sua capacidade de secagem adotada neste exemplo é de 20%. Assim, as 20 t de SS que entraram e também saíram da centrífuga representam 20% do total de lodo que sai da centrífuga. Como 20 t representam 20%

do total, temos que o total que sai da centrífuga é 100 t. Como das 100 t sabemos que 20 t é de sólido seco, as demais 80 t são compostas de água. Como entraram 1.000 t de lodo na centrífuga (A) e o material que saiu do equipamento representa 100 t de lodo, temos que, por diferença, 900 t de água também saíram da centrífuga (na figura representada pela seta B).

Figura 3: Deságue do lodo



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Von Sperling (2018).

Resumo dos cálculos do Exemplo 1 para o balanço de massa de secagem por centrífuga:

Tipo de lodo: primário

Geração anual de lodo: 1.000 t (A)

Teor de sólidos do lodo primário: 2% SS $\rightarrow (A) * 2\% = 20 \text{ t de SS e } 980 \text{ t de água}$

Teor de sólidos do lodo desaguado: 20% SS $\rightarrow 20 \text{ t de SS} / 20\% = 100 \text{ t de desaguado}$

Geração anual de lodo desaguado: 100 t (C) $\rightarrow 100 \text{ t} - 20 \text{ t de SS} = 80 \text{ t de água}$

Eliminação anual total de água: 900 t (B) $\rightarrow (A) - (C) = (B)$

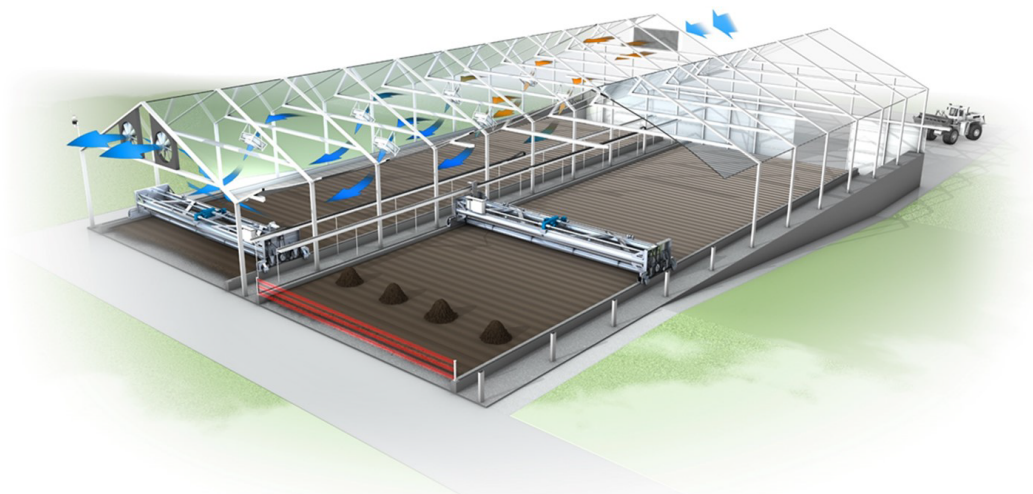
Atualmente, o lodo oriundo da centrífuga segue para aterros sanitários. **A ideia central deste trabalho aplicado é justamente explorar a possibilidade de reduzir os custos associados ao transporte e descarte do lodo após o processo de centrifugação através da adoção de um secador solar.** Dito de outra forma, caso um secador solar fosse introduzido, **haveria ganhos financeiros e ambientais que justificassem sua adoção? Quais seriam? Quais os principais motivadores para sua adoção? E os principais obstáculos?**

Importante salientar que fabricantes norte-americanos e alemães já desenvolveram o equipamento, denominado secador solar de lodo. Esses secadores têm a capacidade apregoada

por seus fabricantes de acrescentar o deságue do lodo — saindo dos usuais 30% (em teor de sólidos) e chegando à faixa de 75% a 95%. No melhor dos cenários, teríamos a seguinte proporção para cada 1.000 t de lodo desaguado por secadores solares: 950 t de sólidos e apenas 5 t de água.

Das Especificações Técnicas, que constam do Anexo 3 – Cotação DE190006533/002 completa para o secador solar Huber SOLSTICE SRT-11, são oriundas as informações que constam deste parágrafo. Secadores solares são dispositivos mecânicos que funcionam no interior de uma estufa de vidro (paredes e telhado) que contém, sobre trilhos, o espaçador. *Vide* Figura 4. No caso do secador oferecido à ETE de São José do Rio Preto (ETE utilizada no presente estudo de caso); este espalha o lodo sobre os 1.573 m² de área para uma estufa de dimensões úteis de 143 m de comprimento e 11 m de largura. O espaçador também revolve e controla a espessura da camada de lodo a ser seca pela luz solar e movimenta o lodo da entrada da estufa (em um extremo da estufa) ao seu fim (porta de saída no outro extremo da estufa). As estufas são dotadas de ventiladores verticais e horizontais que movimentam e renovam todo o ar no seu interior. Os ventiladores, extraíndo ou introduzindo ar na estufa, e o espaçador, no seu movimento longitudinal (ao longo do comprimento da estufa) e vertical (determinando a espessura da camada de lodo a ser seco, com o limite máximo da altura de 300 mm), são controlados por um microprocessador, que também computa dados oriundos de duas estações meteorológicas: uma interna e outra externa; ambas medem umidade, temperatura, pressão atmosférica, movimento do ar (externo: por exemplo, o vento), direção do sol conforme a época do ano, etc. O intuito é otimizar a secagem do lodo da seguinte forma: a maior quantidade de lodo seco no menor tempo possível. As Figuras 4 e 5 apresentam ilustrações sobre os secadores solares do lodo.

Figura 4: Esquema do secador solar com duas pistas.



Fonte: Cotação BR200004228/001 de secador solar enviada à ETE em estudo.

Figura 5: O espaçador do secador solar – vista lateral.



Fonte: Cotação BR200004228/001 de secador solar enviada à ETE em estudo.

1.2 Justificativa do Trabalho

Cinco linhas de raciocínio serão utilizadas para justificar este trabalho: os potenciais ganhos financeiros, o aumento crescente da produção de lodo, a necessidade do descarte do lodo, a disponibilidade de secadores solares no mercado e a possibilidade de o lodo gerar receita. Esses temas são apresentados a seguir.

1.2.1 Os potenciais ganhos financeiros

Este trabalho consiste no estudo de viabilidade econômica da introdução, no processo de tratamento do lodo à jusante, do secador solar de lodo. O lodo de 2% de teor de sólido passa ao teor de 20% com o uso de centrífugas, como já demonstrado no Exemplo 1. Esse lodo

oriundo da centrífuga pode chegar a um teor de 75% a 90% SS, conforme informam as Especificações Técnicas da Proposta (Anexo 2) do secador oferecido à ETE de São José do Rio Preto. A redução de volume do lodo desaguado pelo uso de secadores solares será demonstrada no Exemplo 2, a seguir. Adotaremos a capacidade de secagem média de 80% para o secador em questão.

Exemplo 2: Redução de volume do lodo desaguado pelo uso de secadores solares.

No Exemplo 1, partimos de 1.000 t/ano de lodo a 2% SS; após o processamento efetuado pela centrífuga, temos 100 t/ano a 20% SS (composto de 20% de sólidos, 20 t, e 80% de água, 80 t). Neste exemplo, partiremos destas 100 t de lodo alimentando o secador solar, uma vez que este se posiciona à jusante da centrífuga.

O papel do secador solar é separar os sólidos do líquido, de modo que esse líquido, a água, possa evaporar (demarcada com a seta B na Figura 6, abaixo). Naturalmente, esse equipamento não adiciona ou retira material sólido do lodo; assim, as mesmas 20 t de sólido seco que entraram (demarcado com a seta A na figura abaixo) terão que sair (demarcado com a seta C na figura abaixo).

Nenhum processo de secagem separa 100% da água que o lodo contém. Sua capacidade de secagem adotada neste exemplo é de 80%. Assim, as 20 t de SS que entram e também saem do secador solar representam 80% do total de lodo que sai do secador. Como 20 t de SS representam 80% do total, temos que o total de lodo que sai da centrífuga são 25 t, usando a Rega de Três. Essas 25 t se sabe-se ser compostas por 20 t de sólido seco; as demais 5 t consistem em água. Como entraram 100 t de lodo no secador solar (A) e o material que saiu do equipamento representa 25 t de lodo, temos que, por diferença, 75 t de água também saíram do secador (na figura, representado pela seta B).

Resumo dos cálculos do Exemplo 2 para o balanço de massa de secagem pelo secador solar:

Tipo de lodo: desaguado após centrífuga

Geração anual de lodo: 100 t (A)

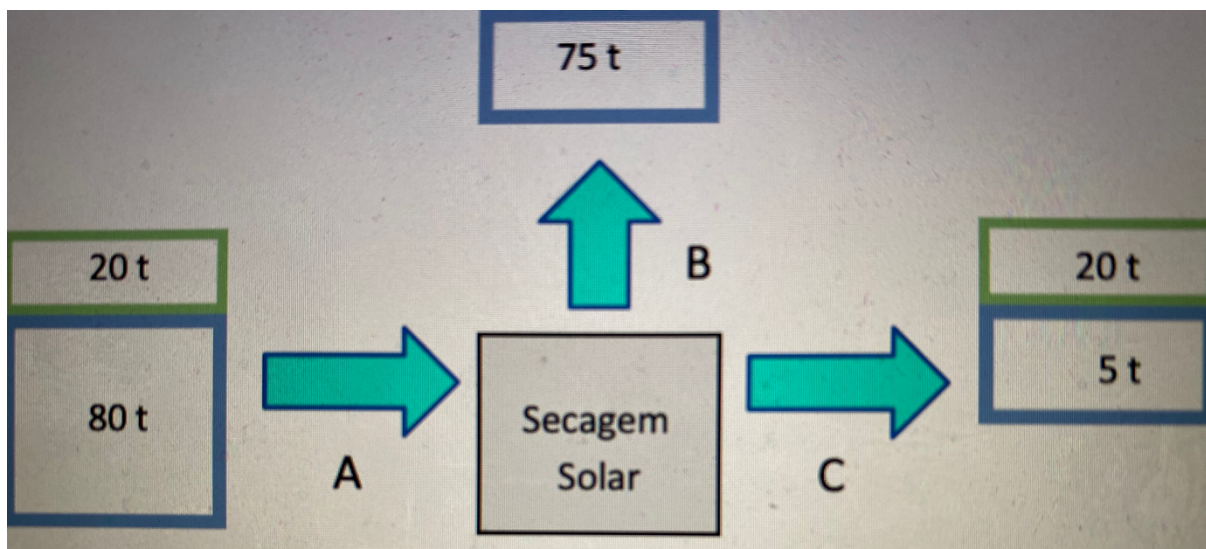
Teor de sólidos do lodo desaguado: 20% → 20 t de SS e 80 t de água

Teor de sólidos do lodo seco: 80% → 20 t de SS/80% = 25 t de lodo seco

Geração anual de lodo seco: 25 ton (C) → 25 t – 20 t SS = 5 t de água

Eliminação anual de água: 75 t (B) → (A) – (C) = (B)

Figura 6: Secagem do lodo



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Von Sperling (2018).

O principal motivador teórico para a utilização de um secador solar na secagem do lodo desaguado é a economia, como exemplificaremos a seguir a partir do Exemplo 2. Tem-se, assim, também a principal justificativa para este trabalho.

De acordo com a primeira visita do pesquisador ao local do caso estudado, na cidade de São José do Rio Preto, o custo contratual do transporte e descarte do lodo é de R\$ 277,00 por tonelada, independentemente de ele ser desaguado ou seco. Esse valor será central neste trabalho, pois representará a base de cálculo para futuras projeções.

No Exemplo 3, abaixo, há a possibilidade de visualização da economia potencial que um secador solar pode trazer ao caso.

Exemplo 3: Ordem teórica de grandeza da economia ocasionada pelo uso de secadores solares aplicado à ETE de São José do Rio Preto.

A produção anual de lodo desaguado pela ETE estudada pode atingir 16.000 t/ano. Se o transporte e descarte de 1 t de lodo desaguado (após a centrifuga) custa R\$ 277,00, teremos que o custo do transporte e descarte de 16.000 t será de R\$ 4.432.000,00 por ano. Segundo os cálculos do Exemplo 2, para as mesmas condições, tem-se que 16.000 t de lodo desaguado são transformados em 4.000 t de lodo seco após o secador solar. O custo do transporte e descarte desse lodo, para o mesmo custo por tonelada de R\$ 277,00, será de R\$ 1.108.000,00. Por subtração dos custos, temos que a economia gerada é de R\$ 3.324.000,00 em um ano.

Resumo dos cálculos do Exemplo 3:

Quantidade de lodo desaguado a 20% de SS: 16.000 t/ano

Respectivo custo do transporte + descarte: 4.432.000 R\$/ano (**A**) $\rightarrow = 16.000 \times 277$

Quantidade de lodo seco após secagem pelo secador: 4.000 t/ano

Respectivo custo do transporte + descarte: 1.108.000 R\$/ano (**B**) $\rightarrow = 4.000 \times 277$

Economia anual depois do secador solar: 3.324.000 R\$/ano $\rightarrow = (\mathbf{A}) - (\mathbf{B})$

Note-se que, nos cálculos do Exemplo 3, não foram considerados os custos de aquisição do secador solar, o consumo de energia elétrica e o custo com a manutenção do equipamento. O intuito foi apresentar apenas uma ordem de grandeza da economia ocasionada pelo uso dos secadores solares aplicado aos dados reais de uma ETE existente, como o é a ETE de São José do Rio Preto, em termos relativos apenas à geração de lodo.

1.2.2 A crescente produção de lodo

A produção típica de lodo ativado em uma ETE é de 50 g/dia para cada habitante (METCALF & EDDY, 1991). Para uma população de 21.571.281 habitantes, como é o caso da região metropolitana de São Paulo (IBGE, 2018), a produção diária de lodo é de 1.078,6 t.

Segundo Sperling et al. (2008), o tratamento do lodo, entenda-se o seu manuseio, transporte e descarte, ou seja, o gerenciamento do lodo produzido por uma ETE pode atingir de 20% a 60% do custo total de operação da estação. A redução desse custo pode trazer vantagem competitiva à cadeia, que se concretiza na possibilidade de uma maior rentabilidade para as operadoras de ETEs, o que, em última instância, pode acarretar a redução da tarifa cobrada do consumidor, usuário dos serviços de saneamento.

Para o caso da ETE de São José do Rio Preto, o gerenciamento do lodo atinge 21% de um custo anual de operação de R\$ 20 mi.

Normalmente os operadores de ETEs concentram-se no esforço para reduzir os custos no tratamento do esgoto com mão de obra e insumos como energia elétrica e produtos químicos que são consumidos continuamente durante todo o tempo de operação. Outro esforço por parte dos operadores é a adoção de novas tecnologias, ou o refinamento das existentes, no tratamento do esgoto. Como dito anteriormente, este trabalho visa estudar se a introdução de secadores solares pode reduzir os custos com o transporte e o descarte de lodo em aterros sanitários tal qual ocorre em diversos países. No Brasil, o único secador hoje em funcionamento opera na ETE Baguaçu de Araçatuba – SP.

1.2.3 Descarte do lodo

Devido ao grande volume de lodo gerado no tratamento do esgoto doméstico; à dificuldade de sua destinação final, usualmente dirigido para aterros sanitários; ao esgotamento de aterros já em uso, bem como à dificuldade de encontrar novas áreas para implantação, a questão do descarte do lodo tem se tornado um problema cada vez mais pertinente na área ambiental (ROSA, 2014). A quantidade de lodo gerada tem tendência de aumento devido ao crescimento populacional natural e à universalização dos serviços de saneamento, conforme prescreve o Marco Regulatório do Saneamento. Diante desse cenário crítico, segundo Lee e Santos (2011), as aplicações tradicionais de destinação final do lodo serão inviáveis econômica e ambientalmente.

Assim, mais uma vez justifica-se a busca de alternativas que elevem o teor de sólidos do lodo de modo a reduzir a utilização de aterros sanitários e, conseqüentemente, a redução dos custos com a utilização dos mesmos.

Vale notar que a utilização de aterros se torna um passivo ambiental para qualquer empresa de saneamento geradora de lodo; eliminá-los ou reduzir sua utilização contribui não apenas para a conservação do meio ambiente como para a própria imagem da empresa que reduz a sua utilização.

1.2.4 A introdução de secadores solares

Quanto à utilização de secadores solares, cuja vida útil é de pelo menos 10 anos sem que seja necessária uma revitalização, os custos de aquisição são da ordem de € 1,8 mi: aquisição do equipamento composto por três estufas, custo da supervisão de montagem, frete e impostos relativos à importação. Quanto aos custos operacionais, temos: o consumo de energia elétrica, supostamente baixo; conservação e manutenção semanal e mensal; e a redução da necessidade de operador, pois o processo é todo automatizado. Com relação ao transporte do lodo à estufa, roscas transportadoras (parte integrante do equipamento) passam a ser necessárias. O número de viagens feitas, entretanto, pelos caminhões transportadores — cujas caçambas são utilizadas, hoje, para o transporte do lodo da Casa de Lodo (que contém a centrífuga) ao aterro sanitário — pode ser reduzido. Pode ser reduzida, inclusive, a própria utilização dos aterros para o descarte final do lodo.

Figura 7: Casa de Lodo da ETE de São José do Rio Preto



Fonte: O autor.

No Brasil, não há ETEs que tenham sido projetadas para, já no início de sua operação, incluir o secador solar. Assim, qualquer ETE hoje teria que dispor de uma área consideravelmente grande para alocação do equipamento e teria que passar pelo processo migratório decorrente da introdução de uma solução adicional de tratamento para o descarte do lodo. Também temos que considerar o custo com a construção de uma base plana de concreto para suportar todo o equipamento. Eventualmente pode ser necessário arcar com o custo de terraplenagem da área, preparando-a para receber a base de concreto.

A aquisição de um secador importado toma de 9 a 15 meses do momento em que o *down payment* é efetuado até o seu comissionamento e entrega para operação — então, não mais supervisionada por parte do fabricante. Por questões de garantia, a montagem do equipamento já faz parte do preço de venda, conforme informações oriundas do fabricante (Anexo 3).

As informações que até aqui constam deste trabalho foram fornecidas pela Huber do Brasil, fornecedora do secador solar SOLSTICE SRT-11, fabricado pela Huber Technology na Alemanha. Será justificada, mais adiante, a escolha desse secador solar para o estudo de caso aqui desenvolvido.

Lodo tem cheiro desagradável, lodo seco a 80% em teor de umidade já é inodoro, e, como é tratado dentro da estufa do secador solar, o processo todo é inodoro. Isso permite que ETEs sejam operacionais em regiões urbanas, por exemplo, mais próximas a shoppings, condomínios de casas, hotéis, etc.

1.2.5 A possibilidade de o lodo gerar receita

O lodo a 90% de desidratação é um lodo seco, de textura arenosa e classificado, segundo a norma NBR 10.004, como lodo classe IIA, por conter material orgânico já suficientemente — mas não completamente — inerte e não perigoso.

O lodo assim classificado, e eis o ponto importante que queremos ressaltar, pode ser manuseado com as mãos e, principalmente, pode ser uma fonte de receita a partir de sua venda como adubo agrícola ou para os fornos da indústria cimenteira como combustível e como matéria-prima na própria fabricação do cimento.

Neste trabalho, estamos avaliando a viabilidade da introdução dos secadores solares no processo que resulta em geração de lodo seco. Para tanto, não se está considerando qualquer tipo de receita oriunda da venda do lodo seco classe IIA.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo geral

Verificar a possibilidade da redução de custos logísticos — transporte e descarte de lodo em aterros sanitários — pela introdução do processo físico-mecânico de secagem de lodo por secadores solares em estações de tratamento de esgoto sanitário.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar fatores que levam à redução de custos logísticos na coleta, transporte e descarte de lodo em aterros sanitários;
- Tomar conhecimento dos fatores que levam à otimização do processo de secagem solar para lodo de ETE;
- Verificar, pelo estudo de caso, os principais motivadores para a implantação de secadores solares e os fatores que podem dificultar a sua adoção.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi estruturado em oito capítulos. No capítulo introdutório, são apresentados o tema, a justificativa e os objetivos que se desejam conseguir pelo trabalho. Em seguida, o segundo capítulo, sobre o referencial teórico, está dividido em cinco temáticas: a falta de uma tratativa preestabelecida para a gestão do lodo, integração vertical, logística verde, a redução

volumétrica para o transporte e descarte do lodo e o transporte rodoviário no Brasil. No terceiro capítulo, o processo metodológico adotado pelo pesquisador é apresentado. No capítulo quatro, o caso individual é apresentado e estudado. Já no quinto capítulo, os resultados do estudo de caso são apresentados. As conclusões, recomendações para estudos futuros e as limitações do caso em estudo são apresentadas no sexto capítulo. Todo o referencial bibliográfico consultado para a elaboração do trabalho é apresentado no capítulo sete. Por fim, os anexos e apêndices são apresentados no oitavo e último capítulo deste trabalho aplicado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Falta de uma Tratativa Preestabelecida para a Gestão do Lodo

Por envolver diferentes aspectos, como os técnicos, econômicos, ambientais e legais, as avaliações de alternativas de transporte para disposição do lodo e a própria disposição do lodo são complexas, normalmente extrapolam os limites das estações de tratamento sanitário — com o agravante de que as avaliações de alternativas mais baratas são negligenciadas na concepção da implantação das ETEs. Isso leva os operadores dessas unidades à tratativa do gerenciamento do lodo de forma emergencial, mantendo, assim, os custos elevados dessa etapa do tratamento sanitário por falta de estudo e escolha de alternativas que façam o transporte e a destinação final do lodo terem seus custos reduzidos (ANDREOLI, SPERLING, FERNANDES, 2014).

Por esses motivos, Manzochi (2008) afirma que:

[...] ainda não foi estabelecida uma metodologia que defina os critérios e parâmetros necessários para qualificar e quantificar os vários elementos a serem considerados em uma análise de custo x benefício para a estruturação de um sistema de gestão do lodo, ou por falta de conhecimento dos dados que devem ser monitorados e controlados, ou por desconhecimento dos processos e técnicas envolvidos.

Afirmado isto, faz-se necessário trazer à atenção do leitor que este estudo não contemplará o estabelecimento de uma tecnologia que defina os critérios e parâmetros referidos acima. Vamos estudar, como prevê o objetivo deste trabalho, os parâmetros que afetam o custo do transporte e a disposição final do lodo, uma vez que, então, terá sido produzido na ETE e desaguado por uma centrífuga que levará o lodo a um teor de pelo menos 20% de sólidos (ANDREOLI, SPERLING, FERNANDES, 2014).

2.2 Integração Vertical

Integração vertical é uma estratégia de expansão que agrega dois ou mais processos de uma mesma cadeia de valor. Ou seja, ela acontece quando uma das empresas da fusão passa a dominar também outras etapas do seu processo produtivo.

Segundo Levi (1985), a principal razão que leva uma empresa a integrar verticalmente é a obtenção de vantagem competitiva. No caso, ter-se-ia um fator estratégico pela eliminação de um fornecedor de serviços, ou pela redução do seu uso, como o seria pela eliminação completa ou pela redução parcial da coleta, transporte e disposição do lodo em aterros sanitários pela introdução de um novo equipamento na cadeia produtiva.

Sob a ótica da transformação de uma organização empresarial que se movimenta na direção de sua verticalização pela introdução de uma nova etapa da cadeia, a abordagem não pode ser considerada por esta empresa como a única forma de integrar a cadeia, segundo Adelman (1955); que conceitua também que organizações empresariais já podem surgir integradas verticalmente, desde a sua fundação. Acrescenta ainda a ideia de que a integração vertical não engloba apenas os processos produtivos, mas também os de logística e distribuição — como viu-se anteriormente, não ocorre no meio sanitário quando se refere a ETEs.

2.3 Logística Verde

A logística verde possui aspectos mais amplos do que a logística comum, pois se preocupa com a redução dos impactos ambientais, uma vez que adiciona a todas as atividades logísticas uma preocupação ecológica. Diferentemente da logística reversa, que se preocupa principalmente com o retorno dos resíduos de pós-consumo e pós-venda ao ciclo produtivo, a logística verde agrega valor econômico, logístico, entretanto, também ambiental (RESENDE, 2004).

O chorume, também conhecido como lixiviado, ou líquido percolado, é um líquido escuro gerado pela decomposição da matéria orgânica em aterros sanitários e lixões. Além de possuir um cheiro forte de desagradável, o chorume originado em aterros sanitários e lixões pode poluir o solo, águas subterrâneas e rios.

O projeto de um aterro sanitário deve prever a instalação de elementos para captação, armazenamento e tratamento do chorume e do biogás, além de sistemas de impermeabilização superior e inferior das camadas de lodo que vão sendo depositadas umas sobre as outras no processo contínuo de descarte do lodo sanitário. Esses componentes são fundamentais para que

a obra seja considerada segura e ambientalmente correta. Existem, porém, muitos aterros sanitários não regularizados e que não tratam o chorume de forma adequada, contribuindo para os impactos citados (SERAFIGIM et al., 2003).

Sob a perspectiva da logística verde, i.e., a preocupação com a redução dos impactos ambientais, temos que o chorume é uma questão que chama a atenção em favor dos secadores solares, que, ao reduzirem o teor de umidade do lodo, contribuem sobremaneira para a diminuição — quando não eliminam por completo — da necessidade do descarte do lodo em aterros, reduzindo a geração de chorume.

2.4 Redução Volumétrica para o Transporte e Descarte de Lodo

Com origem na Casa de Lodo — que contém a centrífuga —, o lodo é transportado por esteiras ou roscas transportadoras deste ponto ao enchimento de caçambas do tipo Brook, com capacidade de 5 m³ cada, acopladas a caminhões com dispositivos hidráulicos de carga e descarga denominados *poliguindastes*. Caminhões basculantes, geralmente de 12 m³, podem também ser utilizados para o transporte do lodo. Alternativamente as caçambas, quer sejam a de tipo Brook ou aquelas acopladas em caminhões, podem ser carregadas por pás carregadeiras de pneus ou retroescavadeiras e devem ser caçambas totalmente vedadas e possuir lona plástica para cobertura; é necessária também a utilização de cones de sinalização na carga e descarga (VG RESÍDUOS, 2020)

Segundo Godoy (2013):

Além de respeitar a capacidade volumétrica da caçamba transportadora, outros cuidados devem ser tomados no transporte de biossólido, lembrando que é de total responsabilidade da empresa geradora do resíduo. Deverão ser observadas também as condições das estradas a percorrer, distância, tipos de veículos, limpeza dos pneus ou de qualquer outra parte do veículo ao sair da ETE, não carregar nem transportar em dias chuvosos se a operação não puder ser realizada em ambiente e caminhões cobertos.

Figura 8: Utilização de caçamba de 12 m³ para a coleta do lodo na ETE de São José do Rio Preto



Fonte: O autor.

Este trabalho aplicado tenciona estudar a viabilidade da introdução na cadeia produtiva de secadores solares, num processo de integração vertical em que o transporte do lodo possa ser reduzido em número de viagens, de caminhão, ao destino final. A Tabela 1, a seguir, indica essa redução para o transporte de 6 t de lodo (massa seca) em função do teor de umidade desse mesmo lodo.

Tabela 1: Quantidade de biossólido e número de viagens para transporte de 6 t de massa seca

Tipo de biossólido	Teor do lodo seco (médio)	Quantidade de biossólido úmido (toneladas)	Número de caminhões caçamba (capacidade 12 t)
Lodo bruto	2,00%	300	25,00
Lodo adensado	8,00%	75	6,25
Prensa desaguadora	15,00%	40	3,30
Centrífuga	30,00%	20	1,67
Filtro prensa	40,00%	15	1,25
Secagem térmica	90,00%	6,67	0,56

Fonte: Von Sperling (2001).

O custo de transporte é um importante parâmetro para a viabilidade econômica da própria ETE. Quanto maior o volume transportado por viagem, menor o custo unitário de transporte (VON SPERLING, 2001).

A variação de 2% para 30% de teor de sólido seco reduz o volume de carga a ser transportado a apenas 6,7% do volume original. Esta é a redução volumétrica típica quando do uso do deságue por centrífugas. Já no caso da variação de 30% para 90%, a redução é menor, 33,3% do volume original, como se pode calcular a partir dos dados da Tabela 1.

É relativamente recente no Brasil a preocupação com o descarte correto do lodo de esgotos. Assim, as empresas gerenciadoras de saneamento básico procuravam apenas se livrar do resíduo sem a preocupação com o meio ambiente e/ou as comunidades circunvizinhas atendidas pelos serviços. As formas mais utilizadas eram o descarte da torta de lodo em aterros sanitários — *landfill* — e o descarte do lodo líquido, bombeado através de dutos até alto-mar — descarga oceânica (NUVOLARI et al., 2011).

Os processos hoje de disposição final de 90% do lodo produzido no mundo englobam descarte em aterros, uso agrícola e incineração — devido à crescente preocupação com a preservação ambiental, a descarga oceânica não é mais utilizada (sendo inclusive proibida nos EUA e na Europa) (GODOY, 2013). Vemos, pela Tabela 2, que, descartada a descarga oceânica, a utilização de aterros sanitários é o processo mais barato.

Tabela 2: Comparação dos custos da disposição final do lodo de esgoto

Alternativas de disposição final	Custo (US\$/t)
Oceânica	12 a 50
Aterros sanitários	20 a 60
Reciclagem agrícola	20 a 125
Incineração	55 a 250

Fonte: ANDREOLI et al. (2006).

A redução volumétrica para o transporte do lodo proporcionada pela alteração do método de deságue, i.e., do uso da centrífuga para o uso de secadores térmicos, é a mesma redução volumétrica para a disposição final do lodo. A alteração do método de deságue acarreta a redução volumétrica do que será transportado na mesma quantidade daquilo que será descartado em aterros sanitários. Ou seja, na redução volumétrica, embora a mesma, quando motivada pelo transporte, ganha-se a redução de custos com o transporte; quando motivada pelo descarte final do lodo, ganha-se a redução de custos com menos lodo sendo armazenado inutilmente, que se traduz em uma vantagem econômica, ponto de nosso interesse. É ainda ecológica, uma vez que se obtém maior vida útil para os aterros já existentes ou a menor necessidade de criação de novos aterros.

2.5 O Transporte Rodoviário no Brasil

Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT) em conjunto com o Centro de Estudos em Logística da UFRJ, no trabalho *Transporte de Cargas no Brasil: Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País*, os indicadores básicos ou parâmetros para a análise da eficiência do transporte no Brasil são i) aspectos econômicos, ii) oferta de transporte, iii) segurança e iv) energia e meio ambiente.

Observe-se que a análise de cada um desses parâmetros depende de medidas comparativas, sem as quais não se pode fazer qualquer tipo de conclusão sobre o atual estágio do transporte no Brasil. Entretanto, o nosso ponto focal não é estudar o transporte no Brasil, amplamente falando, mas, sim, o transporte do modal rodoviário do lodo de ETE no Brasil.

No transporte, o esforço se mede em TKU — toneladas transportadas multiplicadas pelos quilômetros úteis cuja carga foi transportada. A produtividade é obtida pelo quociente entre TKU pelo número de trabalhadores que contribuem para o respectivo esforço.

No parâmetro econômico, a produtividade do setor é uma das mais importantes medidas. No Brasil, ela é apenas 22% daquela registrada no sistema de transporte dos Estados Unidos. Para o modal apenas do transporte rodoviário, a produtividade brasileira e a norte-americana são de, respectivamente, 0,6 e $1,8 \cdot 10^6$ TKU/empregado. Para o mesmo número de empregados alocados no transporte, o Brasil produz anualmente 0,6 milhões de toneladas por quilômetro útil; enquanto, nos Estados Unidos, a produtividade é o triplo da brasileira.

O comportamento, ou as características, do transporte rodoviário do Brasil, embora deva ser estudado comparativamente, deve sê-lo feito com os países de área continental como a nossa. No que tange à oferta de transporte, segundo estudo da Confederação Nacional do Transporte (CNT), esse índice é medido pela Densidade de Transporte que corresponde ao cálculo a partir do número de quilômetros de infraestrutura disponível por cada km^2 de área do país. Brasil e China têm índices próximos, respectivamente 17,3 e 17,8 $\text{km}/1.000 \text{ km}^2$. Para Canadá e México, os índices, são de, respectivamente, 39,6 e 45,3 $\text{km}/1.000 \text{ km}^2$. Para os Estados Unidos, o índice é de 447 $\text{km}/1.000 \text{ km}^2$ — significativamente maior do que o de todos os países aqui mencionados.

A disponibilidade de rodovias pavimentadas no Brasil é ainda pequena. Em 1999, eram cerca de 164.213 km pavimentados sobre um total de 1.725.000 km de rodovia. Soma-se a esse fato a baixa qualidade da infraestrutura existente, cujo estado de conservação é avaliado como péssimo, ruim ou deficiente em 78% da sua extensão, segundo estudo da Confederação Nacional do Transporte (CNT).

O número de acidentes nas estradas do Brasil, se comparado com o dos Estados Unidos, tem aumentado. Exemplificamos esse aumento informando que, em 1995, a percentagem de acidentes no Brasil acima dos EUA era de 144%. Três anos depois, o número já havia crescido para 226%. Outro parâmetro indicador da segurança (ou insegurança) no setor do transporte de cargas no Brasil é o número total de ocorrências de roubo de carga, que tem crescido. Como noção desse crescimento, o estudo da CNT afirma que, em 1994, o número de roubos girava em torno de 2.700, contra 7.500 em 2001.

Em termos energéticos, medidos a partir do número de BTUs (*British Thermal Unit*) gastos pelo setor para cada dólar gerado no PIB do país, o Brasil tem um aproveitamento 29% pior do que o norte-americano. Em 1999, o índice brasileiro era de 83.924 BTUs por US\$ gerado no PIB, contra 64.862 BTUs por US\$ gerado no PIB em 1996. Observa-se também, segundo o estudo da CNT, que, tendo um aproveitamento energético inferior, as emissões de NO_x (óxidos de nitrogênio) e CO (monóxido de carbono) são, em termos relativos, superiores às norte-americanas.

As informações contidas nos próximos parágrafos desta seção foram afirmadas com base na experiência do pesquisador, que atua no setor de saneamento ligado à geração de lodo doméstico há 8 anos — tendo desenvolvido carreira, nesse período, de comprador pleno de equipamentos que perfazem uma ETE e no gerenciando de uma frota de 70 caminhões voltados para a coleta de efluentes, desobstrução de redes de coleta de efluentes e para o gerenciamento de lodo enquanto nas premissas de ETES.

Figura 9: Mercado de transporte no Brasil



Fonte: <https://www.ilos.com.br/web/a-representatividade-dos-grandes-operadores-logisticos-em-transportes/>. Acesso em: 05 nov. 2020, às 15:29.

O grande transportador não transporta lodo nem água. São empresas cujo perfil é incompatível com o transporte de carga de apenas alguns metros cúbicos (de 5 a 12 m³, conforme a capacidade das caçambas abertas disponíveis ou implementos do tipo tanque).

Grandes transportadores detêm frotas compostas por cavalos mecânicos que tracionam a carga ou por caminhões do tipo baú (carga seca), mas não caminhões caçamba, poliguindastes ou tanques de água. Assim como é inexistente, em grandes transportadores, frota de caminhões para o jateamento de água e caminhões combinados (compartimento para jato de água e compartimento do tipo limpa-fossa). É do perfil do grande transportador a preferência por viagens de longa distância (interestaduais) para ganhos compatíveis com o vulto dos investimentos utilizados na composição da sua frota.

Em não se tratando de um empresário puro (ou investidor) do ramo, o pequeno transportador é o próprio transportador autônomo que cresceu no seu negócio e, de proprietário de um caminhão, passa a possuir o segundo e assim por diante. Isso é válido para autônomos que transportam terra, grama, água, lodo, detritos, etc. O que caracteriza o transportador autônomo é que, além de proprietário do caminhão único, ele é também o operador do caminhão.

2.6 Resumo do Referencial Teórico

O Quadro 1 apresenta uma síntese sobre como cada autor aborda as respectivas questões em pauta.

Quadro 1: Síntese dos conceitos apresentados na Revisão Bibliográfica

Local	Autores e Fontes	Abordagem
2.1	Andreoli, Sperling e Fernandes (2014)	A tratativa do gerenciamento do lodo de forma emergencial.
	Manzochi (2008)	Não foi estabelecida uma metodologia que defina os critérios e parâmetros necessários para qualificar e quantificar os vários elementos a serem considerados em uma análise de custo x benefício para a estruturação de um sistema de gestão do lodo.
2.2	Levi (1985)	A principal razão que leva uma empresa a integrar verticalmente é a obtenção de vantagem competitiva.
	Adelman (1955)	Conceitua que organizações empresariais já podem surgir integradas verticalmente, desde a sua fundação.
2.3	Resende (2004)	Conceitua que a logística verde adiciona a todas as atividades logísticas uma preocupação ecológica.

Local	Autores e Fontes	Abordagem
		Conceitua que a logística reversa se preocupa principalmente com o retorno dos resíduos de pós-consumo e pós-venda ao ciclo produtivo, agregando-lhe valor econômico, logístico e também ambiental.
	Serafim (2003)	Afirma que existem muitos aterros sanitários não regularizados que não tratam o chorume de forma adequada, contribuindo para os impactos ambientais negativos.
2.4	Godoy (2013)	Lembra que é de total responsabilidade da empresa geradora do resíduo o seu transporte e descarte de forma adequada.
	Von Sperling (2001)	Afirma que o custo de transporte é um importante parâmetro para a viabilidade econômica da própria ETE.
	Nuvolari et al. (2011)	Afirmam que, até recentemente no Brasil, as empresas gerenciadoras de saneamento básico procuravam apenas se livrar do resíduo, sem a preocupação com o meio ambiente e/ou as comunidades circunvizinhas atendidas pelos serviços.
		Afirmam que o descarte da torta de lodo em aterros sanitários (<i>landfill</i>) é o método mais utilizado.
	Godoy (2013)	Afirma que os processos hoje de disposição final de 90% do lodo produzido no mundo englobam descarte em aterros, uso agrícola e incineração.
	Andreoli et al. (2006)	Avalia que os custos do descarte do lodo para a reciclagem agrícola e para a incineração são, respectivamente, duas e três vezes maiores em relação ao custo do uso de aterros sanitários.
2.5	Confederação Nacional do Transporte (CNT)	Apresenta que, no parâmetro econômico, a produtividade do setor de transportes no Brasil é apenas 22% daquela registrada no sistema de transporte dos Estados Unidos.
		Apresenta que, para o modal apenas do transporte rodoviário, a produtividade brasileira e a norte-americana são de, respectivamente, 0,6 e 1,8 10 ⁶ TKU/empregado. Para o mesmo

Local	Autores e Fontes	Abordagem
		número de empregados alocados no transporte, o Brasil produz anualmente 0,6 milhões de toneladas por quilômetro útil; enquanto, nos Estados Unidos, a produtividade é o triplo da brasileira.

Fonte: O autor.

3 METODOLOGIA

Uma vez definida a finalidade da pesquisa, é necessário que o pesquisador estabeleça o modo exploratório da investigação.

3.1 Tipos de Pesquisa

Quando a finalidade é descrever ou explicar um evento ou uma situação, a abordagem deve ser feita por meio de uma pesquisa qualitativa; quando a finalidade é descritiva ou causal, utiliza-se a pesquisa quantitativa. Em ambos os casos, objetiva-se extrair novas informações e conhecimentos através da questão por ela colocada, possibilitando o estabelecimento das relações e o aprofundamento do conhecimento existente, conforme Godoy (1995).

Podemos traçar o seguinte comparativo entre os tipos de pesquisa quantitativo e qualitativo, apresentado no Quadro 2:

Quadro 2: Características gerais dos métodos de pesquisa quantitativos e qualitativos.

Tipos de Pesquisa	
Estudos Quantitativos	Estudos Qualitativos
Processo dedutivo	Processo indutivo
Teste de hipótese	Produz teoria
Positivismo e objetivismo	Construtivismo e fenomenologia
Números são usados diretamente para representar propriedade de algo	Sem atribuição direta de números
Foco na precisão	Foco nos comportamentos
Uso de ferramentas estatísticas para coleta e análise de dados	Podem ser usadas ferramentas de estratificação de ideias.
Análise baseada em variáveis	Análise baseada em descrições
Pesquisador distante	Pesquisador envolvido

Fonte: Santos (2014).

Na pesquisa quantitativa, o método exploratório usado é o emprego de instrumentos estatísticos aplicados aos dados durante todo o processo, desde a coleta até a análise. Tal processo tem como principal objetivo garantir precisão, baseada no comportamento dos dados de uma determinada população amostral, evitando, segundo Raupp e Beuren (2006), distorções na análise.

3.2 Categorias de Pesquisa

Segundo Munareto et al. (2013), os projetos de pesquisa podem ser agrupados em três categorias: i) descritivo; ii) explicativo ou causal; e iii) exploratório. A escolha da categoria é função do fenômeno sendo estudado, ou melhor, define como se quer abordar o fenômeno. Nos projetos descritivos, a abordagem é descritiva das características de uma população, fenômeno ou análises das relações entre as variáveis que afetam o fenômeno. Nos projetos explicativos, a abordagem visa a identificação de fatores que podem determinar ou contribuir para a ocorrência do fenômeno estudado. Já as pesquisas exploratórias são usadas quando o tema em estudo foi pouco explorado e tem como objetivo proporcionar uma visão geral sobre um determinado fato ou fenômeno.

3.3 Abordagem Metodológica

Visando o aprofundamento do objetivo geral e dos específicos deste trabalho, utilizou-se o percurso metodológico de pesquisa do tipo quantitativo e a categoria exploratória — esta, pelo emprego de questionário estruturado quando da pesquisa em campo. Não houve a preocupação de generalizar qualquer conclusão. Como abordagem metodológica, foi utilizado o **estudo de caso**.

Essa metodologia se refere ao estudo de um caso particularizado. Assim, uma única ETE está sendo estudada, situada na cidade paulista de São José do Rio Preto. Através dessa ETE, teve-se acesso a dados e parâmetros operacionais reais hoje em prática nesse caso real em estudo.

Quando da visita do autor à ETE de São José do Rio Preto, foi solicitado que o nome da operadora da ETE, bem como o próprio nome da ETE, não fosse mencionado. Assim, a ETE em estudo será sempre referida apenas como a ETE de São José do Rio Preto.

A escolha desta ETE se deu por conveniência do autor. Primeiramente por se tratar de uma ETE que se prontificou a disponibilizar seus dados operacionais. Mas, principalmente, por outros dois motivos, a saber: i) por ser uma ETE que há dois anos vem avaliando a possibilidade de ter um secador solar Huber SOLSTICE SRT-11 (tal qual o equipamento identificado pelo autor como o apropriado para o estudo deste caso em questão; a escolha é justificada mais à frente) e, assim, ter todo o interesse em cooperar e por também ii) já dispor da respectiva cotação técnica/comercial do equipamento particularizada e apropriada para instalação e operação. Em suma, o critério de seleção da ETE a ser estudada foi a conveniente disponibilidade de todas as informações necessárias para que o estudo viesse a ser efetuado na sua completude.

O percurso metodológico percorrido neste trabalho aplicado pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3: Abordagem metodológica

	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA	4ª ETAPA
	Visitação do Pesquisador	Pesquisa Documental	Estudo de Caso: Projeções de Cenários	Resultados
OBJETIVOS	Levantamento de dados pertinentes à ETE em estudo	Levantamento de dados teóricos sobre o tema em estudo	Estudo pela variação dos parâmetros que afetam o custo da secagem do lodo quando do uso de secador solar	Apresentar a análise dos resultados do estudo de caso à luz da pesquisa documental
FERRAMENTAS	Observação direta e emprego de questionário estruturado em entrevista	Consulta à bibliografia disponível	Cálculos matemáticos com respaldo teórico	Análise criteriosa, analítica e crítica por parte do autor
DATAS	nov. 20	out. 20 a fev. 21	fev. 21	mar. a abr. 21

Fonte: O autor.

3.3.1 Proposições de pesquisa

O intuito de trabalhar-se com proposições de pesquisa é garantir que a pesquisa seja percorrida pelo pesquisador com foco nos seus objetivos principais, evitando que ela se torne uma coleta demasiadamente grande e infundada de dados, obstruindo a questão focal do trabalho. O atual trabalho será norteado por três proposições, a saber:

- **P1:** O processo de integração vertical pela introdução do secador solar à jusante na operação de ETEs pode reduzir os custos logísticos com a coleta, transporte e descarte do lodo.
- **P2:** O modelo integrado verticalmente pode ser mais competitivo que o modelo não integrado.
- **P3:** O modelo com ETEs integradas pode ser viável para qualquer porte de ETE.

3.4 A Escolha do Secador Solar

A escolha do secador solar (fabricante e modelo) foi realizada com base naquele que fosse mais presente nas ETEs pelo mundo, ou seja, o mais popular como indicativo daquele que tem hoje a maior aceitação no mercado mundial. Após consulta ao mercado nacional e internacional, o Huber SOLSTICE SRT-11, do fabricante alemão Huber Technology, foi o secador escolhido (*vide* Anexo 1) — há 270 unidades do equipamento em operação em diversos países pelo globo.

Outro fator determinante na escolha foi o fato de este apresentar a maior quantidade de informações técnicas, atendendo plenamente à nossa necessidade por dados como: a vazão máxima de lodo úmido quando da entrada do secador e seu consumo elétrico anual. Esses valores são de, respectivamente, **16.000 t/ano** e **333.346 kWh/ano**, conforme consta das propostas BR200004228/001, de 25 de março de 2020, da Huber do Brasil à ETE em estudo (Anexo 3) e proposta DE190006533/002, de 03 de fevereiro de 2020, da Huber Technology (Anexo 4).

A necessidade de termos solicitado à Huber duas cotações para o mesmo equipamento justifica-se pelo fato de que, na primeira — cotação brasileira —, não consta o custo da estufa envidraçada. Essa cotação contempla todos os dados e medidas aplicáveis à ETE de São José do Rio Preto, com exceção da estufa. Isso se deu porque a ETE avalia a possibilidade de reutilizar uma estrutura metálica já disponível para alocação do secador a ser adquirido. Não se poderia prescindir desse custo na contabilização total do custo do secador em estudo; assim, esse custo específico foi obtido numa segunda cotação — cotação alemã —, que contempla um secador, incluindo a estufa, das mesmas proporções que o secador proposto à ETE.

A vazão máxima de lodo suportada pelo secador — 16.000 t/ano — é a capacidade máxima que o secador pode tratar de lodo desaguado por ano pela utilização de uma estufa com três módulos, como dimensionado pelo fabricante em sua proposta (Anexo 8.3). A vazão de geração de lodo desaguado pela ETE, segundo a própria ETE, como veremos mais à frente, foi

de 14.000 t/ano em 2018 e de 15.000 t/ano em 2019. Se mais um módulo fosse adicionado aos três já existentes, alterando a capacidade do secador pelo fator de 1,333, teríamos a nova capacidade máxima de 21.000 t/ano e um secador superdimensionado.

Um terceiro valor parâmetro relevante fornecido pelo fabricante (na cotação brasileira) é o teor de sólidos do lodo seco, ou seja, o teor final do lodo quando da saída do secador solar, que pode atingir: **85% ± 5%**. Esses valores são função da radiação global no local da instalação do secador, que, no caso, medida pelo fabricante do equipamento, é de 1.968 kWh/m²/ano. Assim, mais adiante, ensaiaremos, para avaliação da Análise Financeira do processo, ferramenta cerne para este estudo, variações desse relevante parâmetro, entre outros: o teor de sólido seco do lodo quando da saída do secador.

Por fim, o quarto parâmetro fornecido pelo fabricante do secador solar trata-se de uma estimativa baseada na experiência desse mesmo fabricante: o custo anual da manutenção preventiva e corretiva com o equipamento para sua perfeita operação. Essa estimativa de custo não contempla aqueles custos com reparos requeridos por acidentes (e/ou por desastres naturais) envolvendo o secador. Para tanto, a operadora do equipamento deve segurá-lo pela contratação de uma apólice securitária, se assim o desejar.

O custo com a manutenção anual é calculado a partir do valor de aquisição do equipamento — não do valor do equipamento — aqui no Brasil (com frete e impostos), mais o valor de aquisição dos três espaçadores, três módulos de estufas e respectivos periféricos junto à fábrica na Alemanha. Multiplica-se, assim, esse valor de aquisição por 2%, segundo o fabricante, para se ter o custo anual com manutenção.

3.5 Caracterização da ETE Estudada

ETEs variam entre si por diversos parâmetros, como exemplificado abaixo com os dados reais obtidos por pesquisa em campo junto à ETE de São José do Rio Preto. Dois, entretanto, são os mais usados na caracterização de uma estação de tratamento.

O primeiro parâmetro é a vazão de entrada que alimenta a ETE, *Q*, medida em litros por segundo. ETEs podem ser sistemas de tratamento de esgoto produzido por populações de milhares a milhões de habitantes ou, em termos mais precisos, com vazões que vão de 5 l/s a 3.000 l/s. Vale ressaltar que ETEs podem ser ampliadas, obtendo-se assim múltiplos da sua capacidade original. Entretanto, o conhecimento do valor numérico de *Q* não é necessário ou mesmo relevante para este estudo. No caso presente, o importante é ter-se conhecimento da vazão de lodo desaguado pela centrífuga e que adentrará o secador solar; o que não deixa

também de constituir-se em um parâmetro que venha a particularizar a ETE de São José do Rio Preto.

O segundo parâmetro de relevância na caracterização de uma ETE é a definição do processo biológico que será empregado no tratamento do efluente. São diversas as possibilidades de processos. Apresentamos o processo de lodo ativado convencional como esquematizado na Figura 1 por ser o processo adotado na ETE de São José do Rio Preto. A escolha do processo é determinante para as características do lodo gerado, que, por sua vez, é determinante no desempenho do processo de secagem, quer seja solar ou não. Exemplos de parâmetros que caracterizam a ETE em estudo constam do parágrafo a seguir; são dados extraídos das respostas ao questionário estruturado quando da visita em campo.

A ETE de São José do Rio Preto tem uma vazão real de operação de 1.220 l/s, com picos de 1.600 l/s em dias chuvosos; início de operação em 2010; a população hoje atendida é de 460.000 habitantes; a mão de obra contratada é de 30 funcionários; a quantidade total de lodo desaguado gerado foi de 14.000 t em 2018 e de 15.000 t em 2019; o processo de tratamento do lodo é por lodo ativado, e o processo empregado para o deságue do lodo primário se dá pela utilização de centrífugas.

3.5.1 Perguntas exploratórias – Questionário estruturado

Segundo Yin (2015), a entrevista é uma das fontes mais ricas para o estudo de caso, pois estabelece conversas guiadas, proporcionando uma linha de investigação consistente. Para a coleta de dados, através de uma entrevista, elaborou-se um questionário estruturado com perguntas exploratórias que visam o conhecimento da ETE com a obtenção dos respectivos valores numéricos e informações que se fizeram pertinentes ao tratamento e à secagem do lodo para os ensaios a que este trabalho se propõe a conduzir.

O Apêndice 1 traz as onze perguntas estruturadas utilizadas na condução da entrevista à equipe da ETE de São José do Rio Preto em novembro de 2020.

3.6 Estudo de Caso

Para sustentar a pesquisa, foi escolhido o estudo de caso, que tem por natureza a característica empírica do processo de investigação de um fenômeno real do passado ou atual, em que o contexto de ocorrência não está totalmente definido, de acordo com Miguel (2007). Ou ainda, conforme descrito por Yin (2015), são utilizados para responder questões do tipo

“Como?” ou “Por quê?”, em situações em que o pesquisador não tem controle sobre os eventos complexos e contemporâneos.

Como o objeto deste trabalho de pesquisa está na linha de gestão de operações, optou-se por uma pesquisa exploratória e descritiva, associada a um estudo de caso, que tem sido largamente utilizado para a gestão de operações. A importância do estudo de caso na gestão em questão pode ser vista no excerto abaixo:

[...] a maioria das pesquisas conduzidas no campo do gerenciamento de operações é baseada em métodos de pesquisa racionalista, análise de levantamento estatístico primordial e modelagem matemática [...], mas como os resultados da pesquisa quantitativa terão que ser explicados por métodos qualitativos [...] a pesquisa de caso é muito importante para o nosso campo (VOSS, TSIKRIKTSIS e FROLICH, 2002).

3.7 Consulta à Abetre

De forma a completar o estudo de caso único, optou-se, neste trabalho, pela realização de consulta a instituições como a Associação Brasileira de Tratamento de Resíduos e Efluentes (Abetre). O motivo fundamental da escolha do pesquisador pela consulta foi reconhecer que, para melhor atingir o objetivo proposto, i.e., estudar a possibilidade da introdução de secadores solares à jusante do processo de tratamento convencional por uma ETE, era necessário ter conhecimento também da visão e das informações oriundas de empresas que geram o lodo. E, assim, de forma mais conclusiva, poder aculturar-se sobre a gestão de resíduos de ETE.

Foram consultadas três associações para que respondessem o Questionário de Perguntas formulado, que consta do Apêndice 2: a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), a Associação Brasileira de Empresas de Gerenciamento de Resíduos (Abrager) e a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (Abetre).

Os resíduos referidos pela primeira associação consultada trata-se de entulhos de obras civis. A segunda associação consultada tem como associados apenas empresas privadas e tem por finalidade, divergente do foco aqui pesquisado, a defesa dos interesses das empresas de coleta, transporte, reciclagem, logística reversa, gerenciamento e tecnologia de tratamento de resíduos sólidos. Os resíduos tratados pela ABRAGER seria, por exemplo, os resíduos hospitalares e não o lodo de ETEs. A ABETRE, entretanto, congrega entre seus 40 associados empresas de grande porte que inclui operadoras que geram o lodo doméstico.

4 ESTUDO DE CASO: ETE DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

4.1 Respostas às Perguntas Exploratórias – Entrevista

Conforme consta do Quadro 3 (pág. 37, Sobre a Abordagem Metodológica), a 1ª Etapa consiste de uma visitação do pesquisador à ETE de São José do Rio Preto – SP com o intuito de coletar diversas informações, tanto operacionais sobre a ETE quanto dados técnicos para efetuar os cálculos das planilhas de simulação apresentadas mais à frente. Uma segunda consulta se fez necessária a ETE e no Quadro 4 temos a compilação de todos dados coletados.

Quadro 4: Perguntas exploratórias para a entrevista e respectivas respostas

A.	Qual o seu nome, qual a sua formação e qual sua função?
	Nomes não serão mencionados, mas estaremos respondendo em dupla: eu, químico de formação atuando junto à Coordenadoria de Tratamento de Esgoto e Resíduos, ligada à Gerência de Operação e Manutenção – Esgotos; e o engenheiro de automação, coordenador de manutenção da planta.
B.	Quando a ETE iniciou sua operação? Hoje, qual o seu efetivo?
	A ETE iniciou suas operações em 2010, contando hoje com um efetivo de 30 colaboradores.
C.	Qual é a população atendida pela ETE? Qual a ordem de grandeza do custo anual de operação da estação?
	A população atendida hoje corresponde à população urbana da cidade, que é de 460 mil habitantes. A ordem de grandeza do custo de operação da ETE é de R\$ 20 mi por ano.
D.	Qual a vazão de efluente que adentra a ETE? Esse valor é constante?
	A ETE opera no seu normal com a vazão de efluente a ser tratado de 1.220 l/s. Esse valor é influenciado pela estação do ano e pelo horário do dia, podendo atingir 1.600 l/s em dias de chuvas.
E.	Qual é o processo de tratamento do lodo?
	Esse processo é feito por lodo ativado.
F.	Qual o processo empregado para o deságue do lodo primário?
	Utilizamos-nos de três centrífugas.
G.	Qual a quantidade anual do lodo desaguado? Qual o teor desse lodo seco?
	A quantidade do lodo desaguado atingiu, em 2018, o valor de 14 mil toneladas e, em 2019, 15 mil toneladas. O teor do lodo desaguado com que temos operado é de 23% SS.

H.	Houve tentativas operacionais de elevar esse teor? Se sim, qual foi o teor atingido? Se não, quais foram os fatores que impediram de operar nessa faixa de teor mais elevado?
	Na verdade, temos procurado manter os 23% SS com a aceitação limite de $\pm 2\%$. Tentar elevar esse valor implicaria no uso de polímero(s) misturado(s) ao lodo a ser desaguado, naturalmente a um certo custo: o custo de aquisição do(s) polímero(s), que é um montante elevado. Elevado o suficiente para prejudicar a relação custo-benefício da introdução do(s) polímero(s).
I.	Houve ou ainda há o interesse em acrescentar à jusante do atual processo que gera o lodo desaguado algum outro desaguador de lodo, de modo a atingir-se um lodo ainda mais seco? Se sim, qual o processo adicional que foi identificado/escolhido?
	Sim, temos o interesse em desaguar mais ainda o lodo que provém da centrífuga, pois, como se sabe, quanto mais seco o lodo estiver tanto menos água se estará transportando para o descarte. Há dois anos temos estudado a introdução, à jusante do atual processo, de um secador solar de fabricação alemã.
J.	Há uma cotação para a aquisição desse equipamento?
	Sim, há uma cotação que contempla a fabricação, o transporte até a ETE vindo da Alemanha, impostos de importação do equipamento, serviços de supervisão da instalação, comissionamento e treinamento por 60 dias da operação. A essa cotação também já foi somado por nós o custo de R\$ 2.800.000 para as obras civis de preparação do solo com terraplenagem e construção das bases de concreto no qual será assentada toda a estufa e o custo de R\$ 2.500.000 com a montagem do equipamento sob supervisão do fabricante. O item que intencionalmente não consta da cotação é a estufa; pretendemos, a princípio, nacionalizá-la.
K.	Qual é o custo da coleta, do transporte e descarte do lodo hoje adotado pela ETE? Qual o custo do kWh hoje em prática para o consumo de energia elétrica por parte da ETE?
	O custo do kWh é de R\$ 0,50. Já o conjunto de coleta, transporte e descarte custa R\$ 277,00 por tonelada de lodo. Valor este adotado pela ETE com base no resultado do leilão público realizado para esse fim.

Fonte: Pesquisa de campo por entrevista.


4.2 Cálculos de custos de aquisição do secador, Fretes & Impostos e Supervisão & Comissionamento

Por razões já justificadas anteriormente e a seu pedido, a cotação brasileira para a ETE de São José do Rio Preto não contempla o custo da estufa. Para a proposta deste trabalho aplicado se faz necessário, porém, trabalhar com o valor total do custo de um secador. Assim, no Quadro 5, abaixo, apontam-se os componentes do secador solar (mecânicos, elétricos e eletrônicos), que, somados, agregam o valor final TOTAL do equipamento à porta da fábrica, na cidade de Berching – Alemanha.

Quadro 5: Cálculo de custos de aquisição do secador com todos os seus componentes

Pos.	Descrição - COTAÇÃO BRASILEIRA	Qt.	Preço Total		
1	Sistema automático de alimentação e distribuição do lodo dentro da estufa	1	€ 97.705	⇒	€ 97.705
2	Pá revolvedora de lodo - Solar Dryer SRT 11	3	€ 423.504	⇒	€ 423.504
3	Estufa - NÃO INCLUÍDA na cotação brasileira	0	€ 0		
4	Estação meteorológica para controle climático	1	€ 1.280	⇒	€ 1.280
5	Ventiladores para controle do fluxo de ar	39	€ 29.486	⇒	€ 29.486
6	Exaustores para fluxo de ar	15	€ 11.341	⇒	€ 11.341
7	Especificação de segurança	1	€ 6.152	⇒	€ 6.152
8	Sistema automático de transporte de lodo desaguado do silo até a estufa	1	€ 43.830	⇒	€ 43.830
9	Sistema automático de coleta de lodo seco ao longo da largura da estufa	1	€ 55.681	⇒	€ 55.681
10	Sistema automático de descarte de lodo seco da estufa para as caçambas	1	€ 20.048	⇒	€ 20.048
11	Painel elétrico de automação e controle do sistema de secagem solar	1	€ 126.320	⇒	€ 126.320
12	Painel elétrico de automação e controle do sist. alimentação e descarte autom. lodo	1	€ 10.729	⇒	€ 10.729
13	Serviços de supervisão da instalação, comissionamento e treinamento operacional	1	€ 150.000		
14	Frete e impostos	1	€ 275.359		
Total da cotação = aquisição equipamento (excluída estufa) + frete internacional e impostos			€ 1.251.438		

Pos.	Excerto - COTAÇÃO ALEMÃ	Qt.	Preço Total		
1.4	Estufa	1	€ 402.500	⇒	€ 402.500



CUSTO TOTAL: espaçadores, estufa e periféricos (em €):	€ 1.228.579
Cotação do euro em 19 jan 21:	R\$ 6,47
CUSTO TOTAL: espaçadores, estufa e periféricos (em R\$):	R\$ 7.948.905

Fonte: Cotações oriundas do fabricante, Anexos 3 e 4.

A inclusão de aquisição da estufa, não contemplada pela cotação brasileira, acarreta acréscimos em dois outros custos já apresentados: frete & impostos e supervisão & comissionamento. Não se teria como dimensionar a quantidade de *containers* marítimos que fariam o transporte das placas de vidro e estruturas metálicas que compõem a estufa desmontada, bem como qual viria a ser o custo com sua importação. Assim, pela avaliação deste

autor, estão sendo acrescentados 15% aos custos com frete, impostos e comissionamento, valores estes já conhecidos.

Deste modo, então, tem-se (o euro a R\$ 6,47 em 19 jan. 2021) que:

- Custos com serviços de supervisão da instalação, comissionamento e treinamento operacional = $150.000 * R\$ 6,47 * 1,15 = \text{R\$ } 1.116.075$
- Custos com frete marítimo e impostos de importação = $275.359 * R\$ 6,47 * 1,15 = \text{R\$ } 2.048.809$

4.3 Parâmetros Relevantes ao Estudo de Caso

A seguir, no Quadro 6, encontram-se listadas de forma compacta todas as informações qualitativas e quantitativas obtidas do fabricante do equipamento, também todas as oriundas da pesquisa em campo junto à ETE de São José do Rio Preto, bem como todas aquelas já fruto de cálculos efetuados a partir das anteriores. Os parâmetros diretamente ligados ao estudo de caso (marcados em negrito) têm sua relevância justificada no próprio quadro.

Quadro 6: Resumo dos dados quali-quantitativos para o estudo de caso

a.	Vazão máxima de lodo desaguado à entrada do secador: 16.000 t/ano Conforme a radiação solar local, há a possibilidade de que sejam secas quantidades superiores a 16.000 t de lodo em um ano. Pode também ocorrer o inverso. Assim, estamos trabalhando com o valor nominal apresentado pelo fabricante do secador. Para todos os efeitos, esse parâmetro é um gargalo no processo, pois, para o mesmo investimento, quanto maior for a quantidade de lodo a ser seco pelo secador menor será o <i>payback</i> simples do investimento.
b.	Consumo elétrico anual do secador solar: 333.346 kWh/ano Quanto menor for o consumo energético do secador, mais econômico este será. Ver-se-á mais adiante que, pelo custo de 50 centavos por kWh, este equipamento despenderá 167 mil reais em energia elétrica por ano.
c.	Radiação solar global em São José do Rio Preto: 1.968 kWh/m²/ano
d.	Teor de sólidos totais do lodo seco, média anual, à saída do secador: 85% ± 5% SS Quanto mais seco for o lodo à saída do secador, mais eficiente este poderá ser considerado e mais proveitoso para o investidor o equipamento se tornará. Por outro lado, não se pode esperar teores de sólidos do lodo seco superiores a 90%, uma vez que este é o valor máximo informado pelo fabricante aplicável à cidade de São José do Rio Preto.
e.	Teor de sólidos totais do lodo seco, média anual, à saída do secador conforme variações das condições climáticas do local da instalação: 70% a 90% SS

	Na mesma linha de raciocínio apresentada no item acima, d. , não vamos estudar eficiências de teor de lodo seco inferior a 70% SS nem superiores a 90% SS, uma vez que extrapolam a capacidade do secador, segundo o fabricante, para as condições de irradiação solar aplicáveis a São José do Rio Preto. Isso não significa, entretanto, que o secador nunca possa atingir a capacidade de secagem de 95% SS.
f.	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção do secador: 2% Esse valor, como visto anteriormente, foi obtido junto ao fabricante do secador e não será variado em nossos estudos de forma alguma.
g.	Custo p/ aquisição equipamento (espaçadores, estufa e periféricos): R\$ 7.948.905,00 Conforme visto no Quadro 5, esse custo de aquisição do equipamento corresponde à compra do secador nas condições Incoterm FCA – Berching, Alemanha. Esse valor será multiplicado por 2% (item f. , acima), no intuito de se ter calculado o custo com a manutenção anual com o equipamento.
h.	Frete marítimo e impostos de importação: R\$ 2.048.809,00 O equipamento será transportado por via ferroviária, fluvial, marítima e terrestre do porto seco de Berching às instalações da ETE de SJRP; tendo todo ele passado pelo processo de nacionalização no Porto de Santos/SP. Todas as etapas aqui descritas serão executadas pela Huber do Brasil.
i.	Serviços de supervisão, comissionamento e treinamento operacional: R\$ 1.116.075,00 Embora a montagem de todo o equipamento seja atribuição da ETE (fornecimento de mão de obra e equipamentos como guindastes), esta será completamente supervisionada pela equipe técnica da Huber Technology, que, por sua vez, também dará o startup no equipamento, colocando-o em perfeitas condições de operação. Por fim, a Huber Technology treinará por 60 dias úteis a equipe de operação da ETE; terminando aqui suas obrigações contratuais.
j.	Ano que a ETE iniciou as operações: 2010
k.	Efetivo atual: 30 colaboradores
l.	População atendida pela ETE: 460 mil habitantes
m.	Custo anual de operação da ETE: R\$ 20 mi
n.	Vazão de efluente adentrando a ETE: 1.220 l/s com picos de 1.600 l/s
o.	Processo de tratamento do lodo: Lodo ativado
p.	Processo de deságue do lodo primário: Uso de 3 centrífugas
q.	Quantidade de lodo desaguado pelas centrífugas: 14.000 t em 2018 e 15.000 t em 2019
	Teor de sólido seco do lodo desaguado: 23% SS

r.	Quanto mais seco o lodo desaguado for, mais econômico será o transporte e descarte do lodo, como temos repetidamente demonstrado ao longo deste trabalho aplicado. Assim, operadoras de ETEs procuram atingir valores do teor de sólido seco do lodo desaguado (à saída da centrífuga) mais próximos da capacidade máxima da centrífuga, que pode atingir até 35% SS. Por sua vez, se o secador for empregado, maiores poderão ser os teores de sólido seco que este poderá atingir para o mesmo período de tempo de secagem.
s.	Custo, por parte da ETE, das obras civis para preparação do solo com terraplenagem e construção das bases de concreto para assentamento da estufa: R\$ 2.800.000,00 Esse valor foi estimado pela ETE, uma vez que ela própria executará as obras civis.
t.	Custo, por parte da ETE, da montagem do equipamento: R\$ 2.500.000,00 Esse valor foi estimado pela ETE, uma vez que ela própria executará a montagem do equipamento, ainda que sob supervisão do fabricante do equipamento.
u.	Custo adotado pela ETE para a coleta, transporte e descarte do lodo desaguado: R\$ 277,00 por tonelada Esse valor foi adotado pela ETE de SJRP com base no resultado de proposta comercial vencedora, para coleta, transporte e descarte do lodo por ela gerado, em leilão público. Veja a proposta no Anexo 2. Esse parâmetro é chave no desenvolvimento deste trabalho, uma vez que ele é o multiplicador para determinação do custo da coleta, transporte e descarte do lodo.
v.	Custo do kWh quando do consumo de energia elétrica: R\$ 0,50 Custo real em prática pela ETE, obtido junto à concessionária local de energia elétrica.

Fonte: Pesquisa de campo e cotações da Huber do Brasil e Huber Technology (respectivamente, Anexos 3 e 4).

4.4 Desenvolvimento dos Cálculos

De modo a atingir o objetivo proposto do estudo de viabilidade da redução dos custos logísticos pela introdução de secadores solares, proceder-se-á da seguinte maneira, a saber (entenda-se por custos logísticos os custos com a coleta do lodo na ETE, transporte do lodo da ETE ao aterro sanitário por caminhões — com caçambas de 12 m³ — e descarte do lodo em aterro sanitário):

- [1] – Cálculo dos custos logísticos (anual) da ETE no cenário atual;
- [2] – Cálculo dos custos logísticos (anual) da ETE no cenário com o secador solar;
- [3] – Cálculo dos ganhos por diferença dos custos calculados em [1] e [2] e projeção dos ganhos no período de 10 anos aplicada a inflação de 5%;
- [4] – Cálculo do investimento por parte da ETE com a aquisição do secador solar;
- [5] – Análise financeira a partir de [3] e [4].

Como se nota acima, para se concluir os cálculos para a análise financeira são necessários cálculos ordenadamente concatenados. Assim, optou-se pela elaboração de uma planilha de cálculo (em MS Excel), apresentada na Tabela 3, que permitirá que esses cálculos sejam efetuados à medida que a planilha seja alimentada com os dados pertinentes.

Tabela 3: Planilha para a conclusão dos cálculos para a análise financeira

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual				CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo		R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)		ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado		% SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga		ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	0	R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar				CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador		%SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)		ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	0	R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual		kWh/ano	
J	Preço do kWh		R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	0	R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos		R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção		--	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	0	R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	0	R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO				CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada		--	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano		R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano		R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano		R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano		R\$/ano	= $\sum P1*(1+P)^i$ i=de3a8
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano		R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	0	R\$	= \sum de P1 a P5
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE				CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos		R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE		R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento		R\$	
U	Montagem a cargo da ETE		R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE		R\$	
W	Provisionamento para contingências		R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	0	R\$	= \sum de R a W
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA				CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investments, ROI:		--	= (Q-X)/X
Z	Payback simples		anos	= X/P1

Fonte: O autor.

Há valores (de parâmetros) que alimentarão a Tabela 3 que são constantes, independentes das variações que outros parâmetros venham a sofrer para os ensaios que se farão

mais adiante para avaliação da análise financeira final. Por exemplo, o valor do parâmetro da linha **I**, que corresponde ao consumo anual de energia elétrica por parte do equipamento, é um valor que não varia significativamente, uma vez que se constitui da soma de consumo de partes individuais (motores e periféricos eletrônicos) do equipamento todo e do tempo que o fabricante pressupõe que cada parte individual estará operando quando do funcionamento do equipamento completo de secagem. Linhas de valores constantes: **B, L, M, P, R, S, T, U e V**.

Como referido no parágrafo anterior, há valores que são temporariamente constantes. São constantes como **A**, o valor do custo da coleta, transporte e descarte do lodo segundo o contrato que há entre a ETE e a CONSTROESTE, empresa que oferece esses serviços por R\$ 277,00 a tonelada de lodo coletado, transportado e descartado. Não que esses parâmetros não possam, para os ensaios futuros, ser alterados para que o estudo dos resultados finais sobre a análise financeira seja avaliado adequadamente para que, assim, se atinja o objetivo a que este trabalho se propõe. Como o próprio valor de **A**, por exemplo, que será variado para mais e para menos de modo a se observar o reflexo, nos anos de *payback*, que essa variação acarreta. Deste modo, os valores que são constantes para um mesmo ensaio, mas que irão variar de ensaio para ensaio, são os das seguintes linhas: **A, C, F e J**. Dada a importância que os quatro parâmetros exercem neste estudo, estes serão analisados quando dos ensaios, onde individualmente terão suas variações sendo abordadas.

Há linhas de cálculos na Tabela 3 que são, ao ver deste autor, de compreensão direta, ou seja, que não requerem maiores explicações: linhas **E, H, K, N, O, Q e X**. Veja-se, por exemplo, o cálculo em **K**, em que se multiplica o valor do custo do kWh, em reais, pela quantidade do consumo de energia elétrica, em kWh, consumida em um ano. O resultado é o custo do consumo anual de energia elétrica.

Por outro lado, há cálculos de compreensão mais complexa, como os que correspondem às linhas **D, G, de P1 a P5, W, Y e Z**. Estes estão sendo individualmente abordados a seguir a partir de dados numéricos escolhidos pontualmente apenas para que se tenha uma abordagem mais clara.

Seja a quantidade de lodo saindo da centrífuga de 10.000 t/ano e este lodo composto por 20% de sólidos. Pela multiplicação de um parâmetro pelo outro, tem-se que a quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrífuga (**D**) é de 2.000 t/ano. Seja esta a quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrífuga que adentra o secador solar e que, naturalmente, sai do secador, uma vez que este retira apenas água do lodo (por evaporação). Seja também a capacidade de secagem do secador, de 80%. Ou seja, o lodo que sai do secador corresponde a 80% em sólidos. Assim, as 2.000 t/ano que entraram pelo secador (e que saem do secador)

correspondem a 80% do lodo que sai do secador. Por regra de três, obtém-se que a quantidade total de lodo que sai do secador é de 2.500 t/ano (**G**). Note que, para o cálculo de **D** e **G**, empregou-se a mesma teoria aplicada nos Exemplos 1 e 2 nas primeiras páginas deste trabalho.

O cálculo constante da linha **P1** é deveras importante, pois é a primeira vez que se faz o cálculo da diferença do ganho do antes e do depois da introdução do secador solar para determinado conjunto de parâmetros. Se essa subtração for negativa ou praticamente próxima do zero (ainda que de valor positivo), o secador, se introduzido à jusante do(a) desaguador(a) de lodo, não se mostrará viável. Pelo contrário, essa subtração constante da linha **P1** deve ser suficientemente positiva, de modo que se possa ainda absorver o custo do investimento na aquisição e montagem do equipamento e haja ganhos significativos que justifiquem o empreendimento.

De **P2** a **P5**, temos a projeção dos ganhos através do segundo ano ao décimo ano dos ganhos, levando-se em conta a inflação anual de 5% (**P**). Pela utilização de fórmula de matemática financeira, fez-se essa projeção de ano após ano até que o somatório desses ganhos seja calculado na linha **Q**.

Os custos de aquisição do equipamento, importação, frete, supervisão da montagem e do comissionamento são valores protegidos por contrato que venha a ser firmado entre o adquirente do equipamento, no caso a ETE de São José do Rio Preto, e a fabricante, Huber do Brasil. Nesse contrato, como consta da proposta comercial, não se permite a variação de valores previamente pactuados e contratados. Não obstante, a proposta comercial é expressa em euros. Assim, os valores **R**, **S** e **T** são fixos (com exceção pela variação do euro para o real). Por isso, apenas para os custos da montagem e com as obras civis foi calculado um provisionamento para cobrir contingências desses serviços. Os valores de R\$ 2,5 mi e R\$ 2,8 mi, respectivamente as linhas U e V da Tabela 3, já preveem montantes alocados para contingências, entretanto, de modo a melhor testar a viabilidade da introdução dos secadores solares, resolveu-se acrescentar ao custo do investimento mais um provisionamento para contingências, de 5% sobre esses valores dos serviços — linha **W**.

O ROI (*Return on Investment*) é um índice financeiro que calcula o rendimento, ou seja, a competência de uma empresa (no caso, empreendimento) de gerar lucro pela utilização de seus ativos (linha **Y** da Tabela 3). Em outras palavras, ao se calcular o ROI será possível mensurar quais foram os ganhos ou as perdas obtidas com os recursos que foram injetados no investimento pela introdução do secador solar. $ROI = (\text{lucro obtido} - \text{investimento}) / \text{investimento}$.

Observe-se que o ROI não é uma ferramenta de análise que leva em conta o tempo. Aqui, no presente trabalho, o cálculo do ROI considera o investimento como realizado no primeiro ano e os ganhos projetados ao longo de 10 anos. Assim, como ferramenta de análise financeira, vai-se utilizar o cálculo do *payback* (linha **Z** da Tabela 3). Ele expressa quanto tempo demora para que o lucro obtido com o investimento se iguale ao valor desse investimento. $Payback = \text{investimento} / \text{lucro obtido}$.

4.5 Estudo pela Variação dos Parâmetros Relevantes

Como anteriormente apresentado, os parâmetros que podem variar para os ensaios que se seguem são: i) o teor de sólidos do lodo desaguado pela centrífuga (hoje em prática em 23% SS); ii) teor de sólidos do lodo seco após a secagem pelo secador solar (valor médio segundo o fabricante na proposta do Anexo 3 em 85% SS); iii) custo da coleta, transporte e descarte do lodo (hoje em prática a R\$ 277,00/t); e iv) o preço do kWh (hoje em prática a R\$ 0,50/kWh).

Assim, os parâmetros podem ter variação e, para cada uma, serão calculados o ROI e o *payback* resultantes das condições apresentadas. Para tanto, será usado o *template* constando da Tabela 3.

4.5.1 Primeiro ensaio

Este primeiro ensaio será tomado como ensaio de referência. Nele serão considerados os parâmetros de i) a iv) acima tal qual se fosse o presente. Com exceção de ii), que se trata de um valor médio adotado para quando da utilização do secador solar. Pela Tabela 4, observa-se que o ROI obtido é de 119% e o *payback*, de 5,7 anos.

Variando-se os parâmetros de i) a iv), teremos novos ensaios, que serão analisados comparativamente ao resultado deste primeiro ensaio.

Tabela 4: Resultado econômico da introdução do secador com parâmetros atuais correntes

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	277 R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23% % SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrífuga	3.680 ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.432.000 R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	85% %SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.329 ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.199.247 R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50 R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	166.673 R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	1.524.898 R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5% --	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.907.102 R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	3.052.457 R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	3.205.080 R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	22.890.707 R\$/ano	= $\sum P1*(1+P)^i$ i=de3a8
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	4.509.869 R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	36.565.215 R\$	= \sum de P1 a P5
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	16.678.789 R\$	= \sum de R a W
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	119% --	= (Q-X)/X
Z	Payback simples	5,7 anos	= X/P1

Fonte: O autor.

Nos demais ensaios, estaremos hipoteticamente avaliando o impacto i) da variação do teor de sólidos no lodo desaguado, seção 4.5.2; ii) na seção 4.5.3, o impacto da variação do teor de sólidos no lodo seco; iii) na seção 4.5.4, o impacto da variação do custo da coleta, transporte e do descarte do lodo; e, por fim, iv) o impacto da variação, na seção 4.5.5, será o do preço do kWh.

4.5.2 Ensaio ariando o teor de sólidos do lodo desaguado

O teor de sólidos do lodo desaguado em produção no cenário atual é de 23% SS.

Ensaaios com teores menores não se justificam, uma vez que significaria uma piora no processo atual de secagem, que, por esforço técnico, é mantido em $23\% \pm 2\%$, segundo a ETE. Lembrando ainda que teores inferiores a 15% são impraticáveis por limitação do secador solar, segundo o fabricante.

Assim, vamos ensaiar teores maiores que 23% SS: 27% SS e 31% SS (linha C das Tabelas 5 e 6).

O valor de 27% SS é superior à referência em 4%. Isso significaria uma melhora considerável na secagem pela centrífuga. Melhora esta que talvez seja impraticável pela ETE segundo a abordagem exposta anteriormente. Pretende-se, porém, testar o impacto no investimento do secador no caso da melhora na secagem pela centrífuga (ensaio na Tabela 5). Levamos esse teste ao limite de secagem de uma centrífuga a 31% SS, (ensaio na Tabela 6). Segundo Von Sperling (2001), Tabela 1, a capacidade média máxima de secagem por uma centrífuga é de 30% SS.

Tabela 5: Aplicação da variação do teor SS do lodo desaguado para 27%

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual				CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	277	R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000	ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	27%	% SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga	4.320	ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.432.000	R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar				CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	85%	%SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	5.082	ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.407.812	R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual	333.346	kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50	R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	166.673	R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905	R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2%	--	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978	R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	1.733.463	R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO				CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5%	--	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.698.537	R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	2.833.464	R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	2.975.137	R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	21.248.455	R\$/ano	= $\sum P1*(1+P)^i$ i=de3a8
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	4.186.317	R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	33.941.910	R\$	= \sum de P1 a P5
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE				CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905	R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809	R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075	R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000	R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000	R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000	R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	16.678.789	R\$	= \sum de R a W
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA				CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	104%	--	= (Q-X)/X
Z	Payback simples	6,2	anos	= X/P1

Fonte: O autor.

Tabela 6: Aplicação da variação do teor SS do lodo desaguado para 31%

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	277 R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	31% % SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrífuga	4.960 ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.432.000 R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	85% %SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	5.835 ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.616.376 R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50 R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	166.673 R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	1.942.028 R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5% --	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.489.972 R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	2.614.471 R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	2.745.195 R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	19.606.203 R\$/ano	= Σ P1*(1+P)^i i=de3a8
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	3.862.764 R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	31.318.606 R\$	= Σ de P1 a P5
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	16.678.789 R\$	= Σ de R a W
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	88% --	= (Q-X)/X
Z	Payback simples	6,7 anos	= X/P1

Fonte: O autor.

4.5.3 Ensaio variando o teor de sólidos do lodo seco

No ensaio de referência (tópico 4.5.1), utilizamos o teor de sólidos à saída do secador solar de 85% SS (linha F da Tabela 4). Vamos utilizar agora, nos ensaios a seguir, os seguintes teores: 80% e 90%. Valores de eficiência mínima e máxima garantida, respectivamente, informada pelo fabricante do equipamento no Anexo 3. Ainda assim, vamos ensaiar para 75% também, para o caso de uma radiação solar anual atípica mais baixa.

Tabela 7: Aplicação da variação do teor de SS do lodo seco para 75%

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	277	R\$/ton
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000	ton/ano
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23%	% SST
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrífuga	3.680	ton/ano
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.432.000	R\$/ano

= B*C

= A*B

[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	75%	%SST
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.907	ton/ano
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.359.147	R\$/ano
I	Consumo elétrico anual	333.346	kWh/ano
J	Preço do kWh	0,50	R\$/kWh
K	Custo anual com energia elétrica	166.673	R\$/ano
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905	R\$
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2%	--
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978	R\$/ano
O	Custo operacional anual com o secador	1.684.798	R\$/ano

= D/F

= G*A

= I*J

= L*M

= H+K+N

[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			
P	Inflação anual adotada	5%	--
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.747.202	R\$/ano
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	2.884.562	R\$/ano
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	3.028.790	R\$/ano
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	21.631.647	R\$/ano
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	4.261.812	R\$/ano
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	34.554.014	R\$

= E-O

= P1*(1+P)

= P1*(1+P)^2

= ∑ P1*(1+P)^i i=de3a8

= P1*(1+P)^9

= ∑ de P1 a P5

[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905	R\$
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809	R\$
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075	R\$
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000	R\$
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000	R\$
W	Provisionamento para contingências	265.000	R\$
X	Total investido	16.678.789	R\$

= 5% * (U+V)

= ∑ de R a W

[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			
Y	Retun on Investment, ROI:	107%	--
Z	Payback simples	6,1	anos

= (Q-X)/X

= X/P1

Fonte: O autor.

Tabela 8: Aplicação da variação do teor de SS do lodo seco para 80%

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual				CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	277	R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000	ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23%	% SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga	3.680	ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.432.000	R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar				CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	80%	%SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.600	ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.274.200	R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual	333.346	kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50	R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	166.673	R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905	R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2%	--	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978	R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	1.599.851	R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO				CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5%	--	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.832.149	R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	2.973.756	R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	3.122.444	R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	22.300.523	R\$/ano	= $\sum_{i=de3a8} P1*(1+P)^i$
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	4.393.593	R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	35.622.465	R\$	= \sum de P1 a P5
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE				CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905	R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809	R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075	R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000	R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000	R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000	R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	16.678.789	R\$	= \sum de R a W
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA				CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	114%	--	= (Q-X)/X
Z	Payback simples	5,9	anos	= X/P1

Fonte: O autor.

Tabela 9: Aplicação da variação do teor de SS do lodo seco para 90%

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual				CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	277	R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000	ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23%	% SST	$= B \cdot C$
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga	3.680	ton/ano	$= A \cdot B$
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.432.000	R\$/ano	
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar				CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	90%	%SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.089	ton/ano	$= D/F$
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.132.622	R\$/ano	$= G \cdot A$
I	Consumo elétrico anual	333.346	kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50	R\$/kWh	$= I \cdot J$
K	Custo anual com energia elétrica	166.673	R\$/ano	
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905	R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2%	--	$= L \cdot M$
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978	R\$/ano	$= H + K + N$
O	Custo operacional anual com o secador	1.458.273	R\$/ano	
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO				CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5%	--	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.973.727	R\$/ano	$= E - O$
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	3.122.413	R\$/ano	$= P1 \cdot (1 + P)$
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	3.278.534	R\$/ano	$= P1 \cdot (1 + P)^2$
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	23.415.315	R\$/ano	$= \sum_{i=de3a8} P1 \cdot (1 + P)^i$
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	4.613.226	R\$/ano	$= P1 \cdot (1 + P)^9$
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	37.403.215	R\$	$= \sum_{de P1 a P5}$
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE				CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905	R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809	R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075	R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000	R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000	R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000	R\$	$= 5\% \cdot (U + V)$
X	Total investido	16.678.789	R\$	$= \sum_{de R a W}$
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA				CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	124%	--	$= (Q - X)/X$
Z	Payback simples	5,6	anos	$= X/P1$

Fonte: O autor.

4.5.4 Ensaio variando o custo do descarte do lodo

Empregou-se, no ensaio básico de referência (tópico 4.5.1), o valor para o custo da coleta, transporte e descarte do lodo (linha A) de R\$ 277,00, conforme hoje em prática e

definido contratualmente entre a ETE de São José do Rio Preto e a empresa que coleta, transporta e descarta o lodo seco em seu aterro sanitário, a Centroeste – Construtora e Participações LTDA.

Na Tabela 10, abaixo, tem-se os cálculos do valor do custo desses serviços, ano a ano, aplicadas a deflação de -2% ao ano e inflações de 3% e 5% ao ano. O valor do custo do serviço varia de ano para ano; assim, optamos por trabalhar com o custo médio ao longo dos 10 anos de empreitada.

Tabela 10: Custos dos serviços de coleta, transporte e descarte do lodo variando com a inflação

	Deflação de 2% ao ano			Inflação de 3% ao ano			Inflação de 5% ao ano		
	Cálculo do multiplic.	Multiplificador	Valor do serviço (R\$)	Cálculo do multiplic.	Multiplificador	Valor do serviço (R\$)	Cálculo do multiplic.	Multiplificador	Valor do serviço (R\$)
1º ano	$(1-2\%)^0$	1,000	277	$(1+3\%)^0$	1,000	277	$(1+5\%)^0$	1,000	277
2º ano	$(1-2\%)^1$	0,980	271	$(1+3\%)^1$	1,030	285	$(1+5\%)^1$	1,050	291
3º ano	$(1-2\%)^2$	0,960	266	$(1+3\%)^2$	1,061	294	$(1+5\%)^2$	1,103	305
4º ano	$(1-2\%)^3$	0,941	261	$(1+3\%)^3$	1,093	303	$(1+5\%)^3$	1,158	321
5º ano	$(1-2\%)^4$	0,922	255	$(1+3\%)^4$	1,126	312	$(1+5\%)^4$	1,216	337
6º ano	$(1-2\%)^5$	0,904	250	$(1+3\%)^5$	1,159	321	$(1+5\%)^5$	1,276	354
7º ano	$(1-2\%)^6$	0,886	245	$(1+3\%)^6$	1,194	331	$(1+5\%)^6$	1,340	371
8º ano	$(1-2\%)^7$	0,868	240	$(1+3\%)^7$	1,230	341	$(1+5\%)^7$	1,407	390
9º ano	$(1-2\%)^8$	0,851	236	$(1+3\%)^8$	1,267	351	$(1+5\%)^8$	1,477	409
10º ano	$(1-2\%)^9$	0,834	231	$(1+3\%)^9$	1,305	361	$(1+5\%)^9$	1,551	430
Média	---	---	253	---	---	318	---	---	348

Fonte: O autor.

Tabela 11: Aplicação da variação do custo da coleta, transporte e descarte do lodo para R\$ 253,00

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	253 R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23% % SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga	3.680 ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.048.000 R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	85% %SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.329 ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.095.341 R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50 R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	166.673 R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	1.420.992 R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5% --	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.627.008 R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	2.758.358 R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	2.896.276 R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	20.685.228 R\$/ano	= $\sum_{i=de3a8} P1*(1+P)^i$
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	4.075.351 R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	33.042.221 R\$	= $\sum_{de P1 a P5}$
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	16.678.789 R\$	= $\sum_{de R a W}$
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	98% --	= (Q-X)/X
Z	Payback simples	6,3 anos	= X/P1

Fonte: O autor.

Tabela 12: Aplicação da variação do custo da coleta, transporte e descarte do lodo para R\$ 318,00

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	318 R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23% % SST	$= B * C$
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga	3.680 ton/ano	$= A * B$
E	Custo operacional anual atual sem o secador	5.088.000 R\$/ano	
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	85% %SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.329 ton/ano	$= D / F$
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.376.753 R\$/ano	$= G * A$
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50 R\$/kWh	$= I * J$
K	Custo anual com energia elétrica	166.673 R\$/ano	
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --	$= L * M$
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano	$= H + K + N$
O	Custo operacional anual com o secador	1.702.404 R\$/ano	
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5% --	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	3.385.596 R\$/ano	$= E - O$
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	3.554.876 R\$/ano	$= P1 * (1 + P)$
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	3.732.620 R\$/ano	$= P1 * (1 + P)^2$
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	26.658.400 R\$/ano	$= \sum P1 * (1 + P)^i \text{ i=de } 3 \text{ a } 8$
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	5.252.171 R\$/ano	$= P1 * (1 + P)^9$
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	42.583.662 R\$	$= \sum \text{ de } P1 \text{ a } P5$
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$	$= 5\% * (U + V)$
X	Total investido	16.678.789 R\$	$= \sum \text{ de } R \text{ a } W$
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	155% --	$= (Q - X) / X$
Z	Payback simples	4,9 anos	$= X / P1$

Fonte: O autor.

Tabela 13: Aplicação da variação do custo da coleta, transporte e descarte do lodo para R\$ 348,00.

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	348 R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23% % SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrífuga	3.680 ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	5.568.000 R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	85% %SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.329 ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.506.635 R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50 R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	166.673 R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	1.832.286 R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5% --	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	3.735.714 R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	3.922.499 R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	4.118.624 R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	29.415.249 R\$/ano	= $\sum_{i=de3a8} P1*(1+P)^i$
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	5.795.318 R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	46.987.404 R\$	= \sum de P1 a P5
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	16.678.789 R\$	= \sum de R a W
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	182% --	= (Q-X)/X
Z	Payback simples	4,5 anos	= X/P1

Fonte: O autor.

4.5.5 Ensaio variando o custo do kWh

Segundo a operadora da ETE, o valor atual do custo do kWh é de R\$ 0,50. Sem perspectivas de redução desse valor, vamos ensaiar para um aumento de 50% (Tabela 14, linha J) e 100% (Tabela 15, linha J) sobre esse valor de referência. A justificativa para a adoção destes incrementos no custo da energia elétrica (entretanto, aplicável às residências) se baseia na variação de +68,6% que ocorreu nos últimos 10 anos: o custo passou de 0,3308 R\$ por kWh, em 2010, para R\$ 0,5576 por kWh, em 2019, (INSTITUO ACENDE BRASIL, 2020).

Diferentemente do modo como se procedeu na seção anterior (4.5.4), neste cálculo já será adotado o novo valor para o kWh desde o primeiro ano, ou seja, não se procedeu com a média do custo aplicável para os 10 anos, como também não se aplicou o incremento do custo do kWh paulatinamente, ano a ano.

Tabela 14: Aplicação da variação do custo do kWh para R\$ 0,75

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	277 R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23% % SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga	3.680 ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.432.000 R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	85% %SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.329 ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.199.247 R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,75 R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	250.010 R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	1.608.235 R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5% --	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.823.765 R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	2.964.954 R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	3.113.201 R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	22.234.510 R\$/ano	= $\sum P1*(1+P)^i$ i=de 3a8
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	4.380.587 R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	35.517.017 R\$	= \sum de P1 a P5
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	16.678.789 R\$	= \sum de R a W
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	113% --	= (Q-X)/X
Z	Payback simples	5,9 anos	= X/P1

Fonte: O autor.

Tabela 15: Aplicação da variação do custo do kWh para R\$ 1,00

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	277 R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23% % SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga	3.680 ton/ano	$= B \cdot C$
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.432.000 R\$/ano	$= A \cdot B$
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	85% %SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.329 ton/ano	$= D/F$
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.199.247 R\$/ano	$= G \cdot A$
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano	
J	Preço do kWh	1,00 R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	333.346 R\$/ano	$= I \cdot J$
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano	$= L \cdot M$
O	Custo operacional anual com o secador	1.691.571 R\$/ano	$= H + K + N$
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5% --	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	2.740.429 R\$/ano	$= E - O$
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	2.877.450 R\$/ano	$= P1 \cdot (1 + P)$
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	3.021.323 R\$/ano	$= P1 \cdot (1 + P)^2$
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	21.578.313 R\$/ano	$= \sum P1 \cdot (1 + P)^i \quad i = de 3 a 8$
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	4.251.305 R\$/ano	$= P1 \cdot (1 + P)^9$
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	34.468.819 R\$	$= \sum de P1 a P5$
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$	$= 5\% \cdot (U + V)$
X	Total investido	16.678.789 R\$	$= \sum de R a W$
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	107% --	$= (Q - X)/X$
Z	Payback simples	6,1 anos	$= X/P1$

Fonte: O autor.

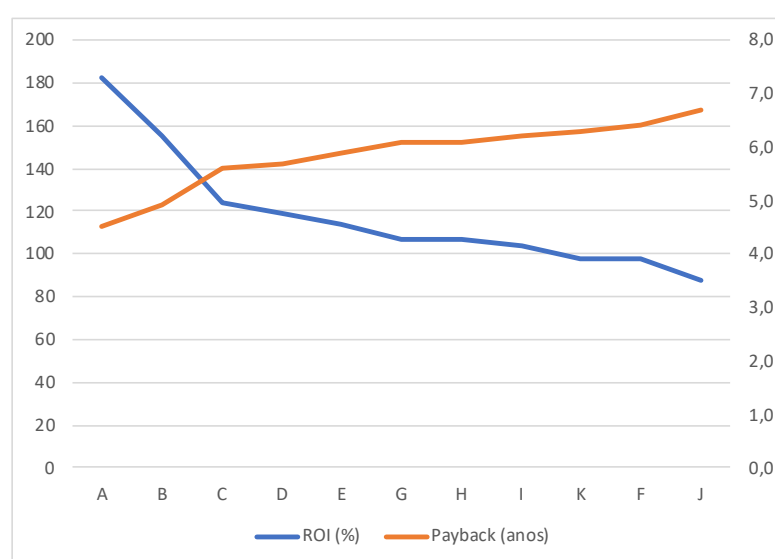
4.5.6 Resumo dos resultados obtidos

O intuito de tabelarmos todos os resultados obtidos juntos, como um resumo, é facilitar a análise dos resultados futuramente, como também facilitar a coleta de dados para alimentar os dois próximos ensaios (nas Tabelas 20 e 21), que serão devidamente justificados e explicados *a posteriori*.

Lembrando que, pelas próprias definições financeiras de ROI e de *payback*, temos que, quanto maior for o retorno do capital investido (ROI), melhor pode se avaliar o investimento como mais vantajoso; quanto menor for o *payback*, menor será o tempo em que o investimento se paga.

Para melhor visualizarmos o que afirmamos acima, segue, no Gráfico 5, a contraposição de ROI e *payback* para todos os 11 ensaios que foram feitos até o momento, com o *payback* em ordem crescente (abscissas de A a J). Nota-se diretamente que os valores de ROI (para as mesmas abscissas de A a J) posicionam-se em ordem decrescente.

Gráfico 1: Contraposição de ROI e *payback* dos 11 ensaios



Fonte: O autor.

Assim, as marcações utilizadas nas tabelas-resumo (de 16 a 19) foram efetuadas levando-se em conta os conceitos de “pior” ou “melhor” *payback*. Seguem as marcações:

- Células com fundo escuro referem-se aos parâmetros do primeiro ensaio;
- Resultados do ROI e *payback* em verde significam o melhor resultado de cada série para um mesmo parâmetro;
- Resultados do ROI e *payback* em vermelho significam o pior resultado da série.

Tabela 16: ROI e *payback* em função do teor de sólidos no lodo desaguado

Cálculos na Tabela N°	Valor Sendo Alterado		ROI (%)	Payback (anos)
4	Teor de sólidos no lodo desaguado de referência:	23%	119	5,7
5	Teor de sólidos no lodo desaguado alterado para:	27%	104	6,2
6	Teor de sólidos no lodo desaguado alterado para:	31%	88	6,7

Fonte: O autor.

Tabela 17: ROI e *payback* em função do teor de sólidos no lodo seco

Cálculos na Tabela N°	Valor Sendo Alterado		ROI (%)	Payback (anos)
7	Teor de sólidos no lodo seco alterado para:	75%	107	6,1
8	Teor de sólidos no lodo seco alterado para:	80%	114	5,9
4	Teor de sólidos no lodo seco de referência:	85%	119	5,7
9	Teor de sólidos no lodo seco alterado para:	90%	124	5,6

Fonte: O autor.

Tabela 18: ROI e *payback* em função da variação do custo do descarte final do lodo

Cálculos na Tabela N°	Valor Sendo Alterado		ROI (%)	Payback (anos)
11	Custo coleta, transp. e descarte lodo alterado p/:	R\$ 253	98	6,3
4	Custo coleta, transp. e descarte do lodo de refer.:	R\$ 277	119	5,7
12	Custo coleta, transp. e descarte lodo alterado p/:	R\$ 318	155	4,9
13	Custo coleta, transp. e descarte lodo alterado p/:	R\$ 348	182	4,3

Fonte: O autor.

Tabela 19: ROI e *payback* em função da variação do custo do kWh

Cálculos na Tabela N°	Valor Sendo Alterado		ROI (%)	Payback (anos)
4	Custo do kWh de referência:	R\$ 0,50	119	5,7
14	Custo do kWh alterado para:	R\$ 0,75	113	5,9
15	Custo do kWh alterado para:	R\$ 1,00	107	6,1

Fonte: O autor.

Com os parâmetros de teor de sólidos no lodo desaguado (= 31%), teor de sólidos no lodo seco (= 75%), custo da coleta, transporte e descarte do lodo (= R\$ 253,00) e do custo do

kWh (= R\$ 1,00), será feito o próximo ensaio. Esses parâmetros foram escolhidos justamente levando-se em conta os parâmetros que levaram ao pior *payback* de cada série. O resultado encontra-se na Tabela 20.

Inversamente, utilizaram-se os parâmetros de teor de sólidos no lodo desaguado (= 23%), teor de sólidos no lodo seco (= 90%), custo da coleta, transporte e descarte do lodo (= R\$ 348,00) e do custo do kWh (= R\$ 0,50) para fazer o próximo ensaio. Esses parâmetros foram escolhidos justamente levando-se em conta os parâmetros que levaram ao melhor *payback* de cada série. O resultado encontra-se na Tabela 21.

Tabela 20: Novo cálculo de ROI e *payback* em função dos parâmetros de “piores” *paybacks*

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual		
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	253 R\$/ton
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano
C	Teor de sólidos lodo desaguado	31% % SST
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrífuga	4.960 ton/ano
E	Custo operacional anual atual sem o secador	4.048.000 R\$/ano

CÁLCULO EFETUADO

= B*C

= A*B

[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar		
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	75% %SST
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	6.613 ton/ano
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.673.173 R\$/ano
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano
J	Preço do kWh	1,00 R\$/kWh
K	Custo anual com energia elétrica	333.346 R\$/ano
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano
O	Custo operacional anual com o secador	2.165.497 R\$/ano

CÁLCULO EFETUADO

= D/F

= G*A

= I*J

= L*M

= H+K+N

[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO		
P	Inflação anual adotada	5% --
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	1.882.503 R\$/ano
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	1.976.628 R\$/ano
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	2.075.459 R\$/ano
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	14.822.946 R\$/ano
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	2.920.379 R\$/ano
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	23.677.915 R\$

CÁLCULO EFETUADO

= E-O

= P1*(1+P)

= P1*(1+P)^2

= Σ P1*(1+P)^i i=de3a8

= P1*(1+P)^9

= Σ de P1 a P5

[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE		
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$
X	Total investido	16.678.789 R\$

CÁLCULO EFETUADO

= 5% * (U+V)

= Σ de R a W

[5] - ANÁLISE FINANCEIRA		
Y	Retun on Investment, ROI:	42% --
Z	Payback simples	8,9 anos

CÁLCULO EFETUADO

= (Q-X)/X

= X/P1

Fonte: O autor.

Tabela 21: Novo cálculo de ROI e *payback* em função dos parâmetros de “melhores” *paybacks*

[1] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário Atual			CÁLCULO EFETUADO
A	Custo da coleta, transporte e descarte do lodo	348 R\$/ton	
B	Qtd. máxima de lodo desaguado (à entrada do secador)	16.000 ton/ano	
C	Teor de sólidos lodo desaguado	23% % SST	
D	Quantidade de sólidos no lodo desaguado pela centrifuga	3.680 ton/ano	= B*C
E	Custo operacional anual atual sem o secador	5.568.000 R\$/ano	= A*B
[2] - CUSTOS LOGÍSTICOS DA ETE - Cenário com Secador Solar			CÁLCULO EFETUADO
F	Teor médio de sólidos lodo seco à saída do secador	90% %SST	
G	Quantidade de lodo seco (à saída do secador)	4.089 ton/ano	= D/F
H	Custo anual com a disposição do lodo	1.422.933 R\$/ano	= G*A
I	Consumo elétrico anual	333.346 kWh/ano	
J	Preço do kWh	0,50 R\$/kWh	
K	Custo anual com energia elétrica	166.673 R\$/ano	= I*J
L	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
M	Multiplicador para cálculo do custo com manutenção	2% --	
N	Custo anual com manutenção preventiva e corretiva	158.978 R\$/ano	= L*M
O	Custo operacional anual com o secador	1.748.584 R\$/ano	= H+K+N
[3] - CÁLCULO DO GANHO ACUMULADO EM 10 ANOS COM INFLAÇÃO			CÁLCULO EFETUADO
P	Inflação anual adotada	5% --	
P1	Saldo anual com o emprego do secador: 1º ano	3.819.416 R\$/ano	= E-O
P2	Saldo anual com o emprego do secador: 2º ano	4.010.386 R\$/ano	= P1*(1+P)
P3	Saldo anual com o emprego do secador: 3º ano	4.210.906 R\$/ano	= P1*(1+P)^2
P4	Saldo anual c/ o emprego do secador: do 4º ao 9º ano	30.074.324 R\$/ano	= $\sum_{i=de3a8} P1*(1+P)^i$
P5	Saldo anual com o emprego do secador: 10º ano	5.925.167 R\$/ano	= P1*(1+P)^9
Q	Total acumulado de ganho em 10 anos, com inflação:	48.040.199 R\$	= $\sum_{de P1 a P5}$
[4] - INVESTIMENTO POR PARTE DA ETE			CÁLCULO EFETUADO
R	Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	7.948.905 R\$	
S	Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	2.048.809 R\$	
T	Supervisão da montagem e comissionamento	1.116.075 R\$	
U	Montagem a cargo da ETE	2.500.000 R\$	
V	Obra civil a cargo da ETE	2.800.000 R\$	
W	Provisionamento para contingências	265.000 R\$	= 5% * (U+V)
X	Total investido	16.678.789 R\$	= $\sum_{de R a W}$
[5] - ANÁLISE FINANCEIRA			CÁLCULO EFETUADO
Y	Retun on Investment, ROI:	188% --	= (Q-X)/X
Z	Payback simples	4,4 anos	= X/P1

Fonte: O autor.

5 RESULTADO DO ESTUDO

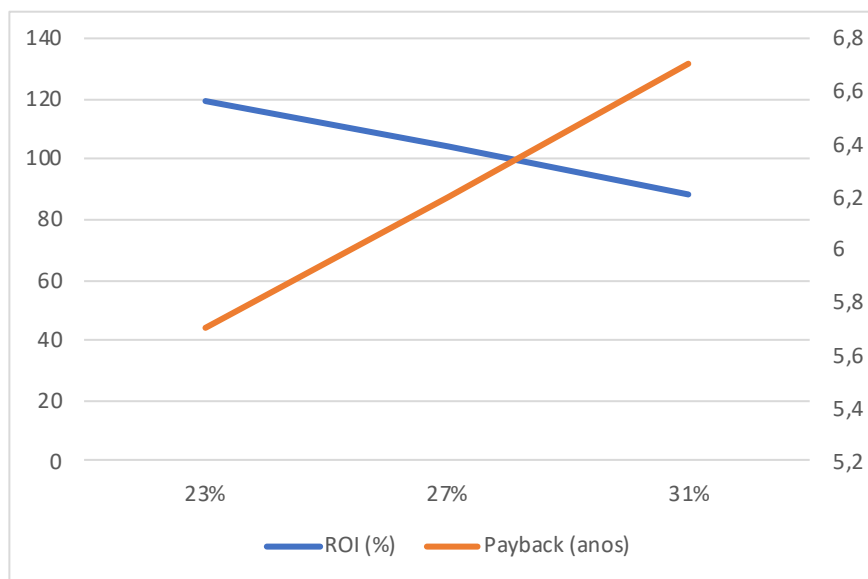
Primeiramente precisa-se entender que o ROI (%) não é uma ferramenta de análise absoluta e independente. Devendo ser analisado em conjunto com outras variáveis para que se tenha um panorama mais claro sobre o investimento. O mesmo se diga do *payback*. Em termos deste trabalho aplicado o investimento seria a aquisição de um secador visando a competitividade da ETE que passaria a operar com o secador a jusante do seu atual processo de tratamento do lodo sanitário. E os parâmetros que estiveram variando para a realização dos ensaios foram o teor de sólidos no lodo desaguado (TD), teor de sólidos no lodo seco (TS), custo da coleta, transporte e descarte do lodo seco (CC) e o custo do kWh (CW), respectivamente, ensaios de 4.5.2 a 4.5.5.

Sendo ROI (%) e *payback* (anos) ferramentas não absolutas e independentes, vai-se analisar seus resultados para cada uma das variações de TD, TS, CC e CW em função dos valores de referência: TD = 23%, TS = 85%, CC = R\$ 2,77 e CW = R\$ 0,50. Sendo que para estes valores de parâmetros obteve-se ROI = 119% e *payback* = 5,7 anos, conforme resultado dos cálculos na Tabela 5.

5.1 Variando TD

Pelo resumo apresentado na Tabela 17 nota-se que com o aumento de TD, variando de 23% a 27% e, por fim, a 31%, tem-se, consequentemente, o aumento de *payback* de um ano no total (e, naturalmente, como estudado anteriormente, tem-se a diminuição de ROI). O aumento de TD significa uma melhora na eficiência da centrífuga ou, ainda, o lodo à entrada do secador está mais seco, reduzindo, assim, a secagem do lodo atribuível por parte do secador. A variação do teor de 23% SS (valor de referência) à 85% SS representa uma diferença de 62%. Ao passo que se TD é de 31%, o secador só tem a possibilidade de elevar o teor de secagem em 54% SS para atingir o teor de 85% SS.

Ou seja, quanto maior a eficiência da centrífuga, menor a eficiência atribuível ao secador que é limitada. Pelo Gráfico 2 observa-se que para uma variação linear de TD se obteve também variações lineares de ROI e *payback*. Tem-se, assim, que para o mesmo investimento fixo de aquisição do secador, este operando com menor eficiência acarretará um maior tempo para que o *payback* ocorra de forma também linear.

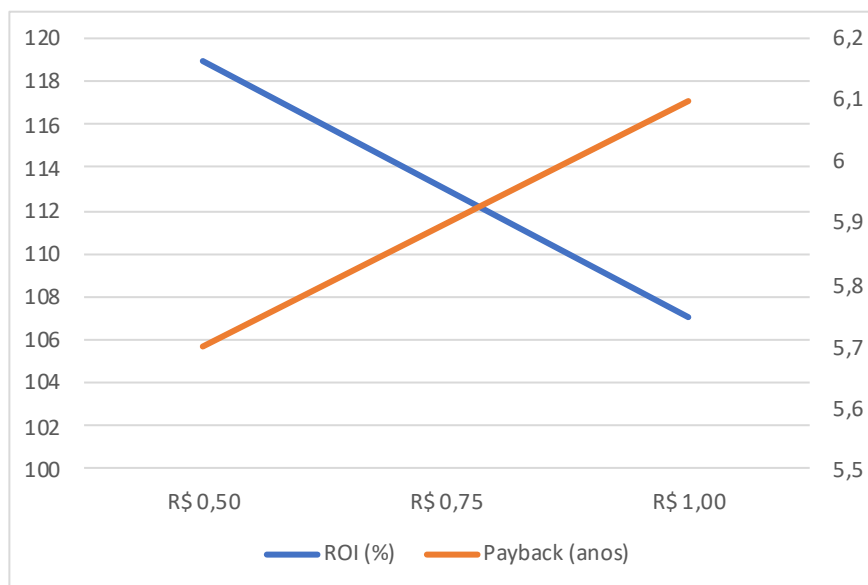
Gráfico 2: ROI e *payback* em função do teor de sólidos no lodo desaguado

Fonte: O autor.

5.2 Variando CW

Pelo resumo apresentado na Tabela 20 nota-se que com o aumento de CW, variando de R\$ 0,50 a R\$ 0,75 e, por fim, a R\$ 1,00, tem-se, consequentemente, o aumento do período para o payback. O aumento de CW significa um encarecimento no custo da energia elétrica ou, ainda, a elevação do custo operacional do secador.

Ou seja, quanto mais caro for o custo da energia elétrica, maior também o custo de operação do secador. Pelo Gráfico 3 observa-se que para uma variação linear de CW se obteve também variações lineares de ROI e *payback*. Tem-se, assim, que para o mesmo investimento fixo de aquisição do secador, este operando mais caro acarreta um maior tempo para que ele se pague.

Gráfico 3: ROI e *payback* em função da variação do custo do kWh

Fonte: O autor.

5.3 Variando TS

Inversamente ao comportamento dos dados das duas sessões anteriores, a variação, com incrementos de 5% de TS a partir de 75% à 90%, acarretou uma redução de *payback*. Ora, o secador operar com resultados de lodo cada vez mais seco, o que significa menos lodo a ser coletado, transportado e descartado, tanto mais econômica ficará esta sequência de serviços.

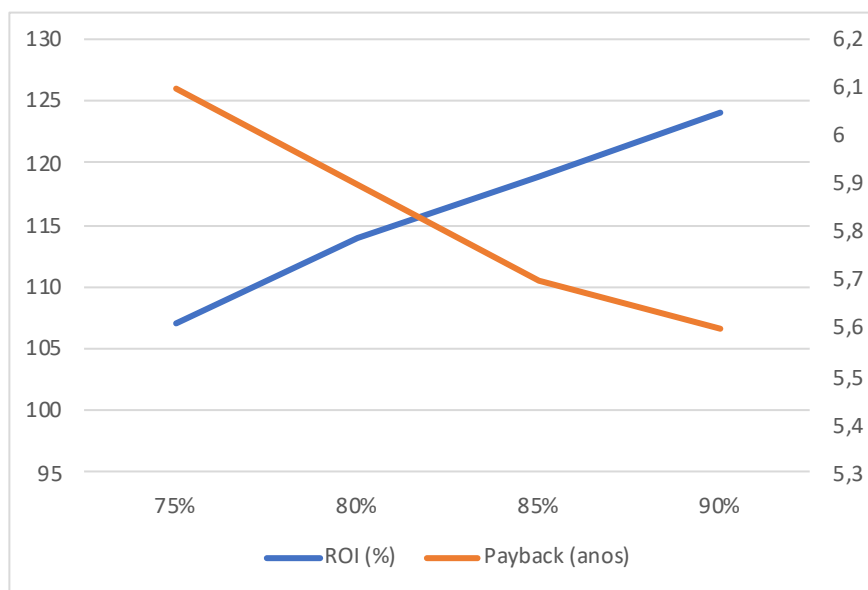
Ou seja, quanto mais eficiente for o secador, mais econômica ficará a operação de secagem, e tanto mais rápido o secador se pagará.

Pelo Gráfico 3 observa-se que para uma variação linear de TS se obteve um decaimento de *payback* não linear. Isto se dá pois no cálculo da quantidade de lodo seco à saída do secador (linha **G** nas Tabelas de cálculo) divide-se a quantidade de sólidos no lodo desaguado (linha **D**) pelo teor de sólidos do lodo seco à saída do secador, TS, (linha **F** nas Tabelas de cálculo; e como explanado na sessão 4.4). Mas valores de TS variam segundo $0 < TS < 1$ e, assim, o comportamento da função $f(TS) = 1/TS$ apresenta-se como uma curva não linear.

Em termos matemáticos explicou-se o comportamento não linear de ROI e *payback*. Em termos de interpretação deste comportamento tem-se que para variações de valores de TS de 70% a 85% a variação de *payback* é mais significativa enquanto variações de TS de 85% a 95% acarretam variações menos significativas (menores) de *payback*.

Incrementos em TS no intervalo de 70% a 85%, por exemplo, um incremento de 2%, são mais fáceis de serem obtidos tecnicamente falando e, como vimos, impactam mais significativamente em *payback*. Por outro lado, incrementos em TS no intervalo de 85% a 95% são mais difíceis e impactam em *payback* de forma mais modesta.

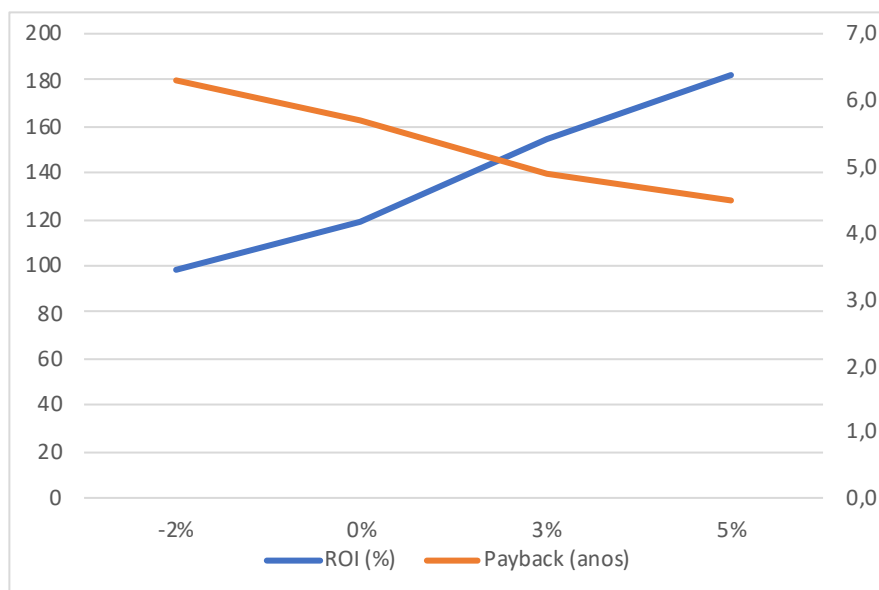
Gráfico 4: ROI e *payback* em função do teor de sólidos no lodo seco



Fonte: O autor.

5.4 Variando CC

Interessante notar que quanto maior a inflação, leia-se, quanto mais caro for o custo da coleta, transporte e descarte do lodo, CC, melhor é o *payback* (Gráfico 5). Ora, o *payback* está diretamente correlacionado ao custo do equipamento (investimento) que é fixo, mas também está inversamente correlacionado ao ganho do primeiro ano de operação do secador. Pela definição de *payback* tem-se que quanto maior o ganho com o investimento, em menos tempo ele se paga. A questão é, então, por que que com a inflação os ganhos aumentam? Os ganhos são calculados a partir do produto de CC pela diferença da quantidade de lodo a ser coletado, transportado e descartado antes e depois da introdução do secador. Temos um produto para o cálculo dos ganhos, se um dos fatores aumenta, os ganhos aumentam. Ou seja, se um dos fatores aumenta com a inflação, tem-se que que os ganhos aumentam simultaneamente.

Gráfico 5: ROI e *payback* em função da variação do custo do descarte final do lodo

Fonte: O autor.

5.5 Variando simultaneamente quatro parâmetros: TD, TS, CC e CW

A partir dos dados coletados das Tabelas de 17 a 20 montou-se as Tabelas 22 com os “piores” resultados de ROI e *payback* de cada série que foi estudada.

Tabela 22: Resumo de ROI e *payback* em função dos parâmetros de “piores” *paybacks*

Cálculos na Tabela N°	Valor Sendo Alterado		ROI (%)	Payback (anos)
6	Teor de sólidos no lodo desaguado alterado para:	31%	88	6,7
7	Teor de sólidos no lodo seco alterado para:	75%	107	6,1
11	Custo coleta, transp. e descarte lodo alterado p/:	R\$ 253	98	6,3
15	Custo do kWh alterado para:	R\$ 1,00	107	6,1

Fonte: o autor

A partir TD = 31%, TS = 75%, CC = R\$253 e CW = R\$ 1,00 identificados da tabela acima, alimentou-se com estes valores de parâmetros a Tabela 3 – tabela de cálculo –, *ceteris paribus*. O resultado foi ROI de 41% e *payback* de 8,9 anos.

Operando com baixa radiação solar que resulte em TS = 75% é de se esperar, como uma ação compensatória que se procure aumentar a eficiência da centrífuga dos atuais TD = 23% para 31%. Mas esperar que de um quadro deflacionário que leve CC dos atuais R\$ 277 à R\$

253 e simultaneamente o custo da energia elétrica (CW) – em um quadro inflacionário – dobre de R\$ 0,50 para R\$ 1,00 é contraditório e, assim, não esperado.

Mais improvável ainda é que TD suba & TS caia simultaneamente e ainda CC caia & o custo da energia elétrica suba simultaneamente, sendo todas estas variações simultâneas. Desta forma os cálculos que resultaram em ROI = 41% e *payback* = 8,9 anos representam um piso mínimo de ROI e *payback*. Dito de outra forma, nas piores condições dos parâmetros que se identificou como sendo os relevantes, não se terá resultado de retorno do investimento e anos para que o equipamento se pague, respectivamente, piores que 41% de ROI e 8,9 anos de *payback*.

Tabela 23: Resumo de ROI e *payback* em função dos parâmetros de melhores *paybacks*

Cálculos na Tabela N°	Valor Sendo Alterado		ROI (%)	Payback (anos)
4	Teor de sólidos no lodo desaguado de referência:	23%	119	5,7
9	Teor de sólidos no lodo seco alterado para:	90%	124	5,6
13	Custo coleta, transp. e descarte lodo alterado p/:	R\$ 348	182	4,3
4	Custo do kWh de referência:	R\$ 0,50	119	5,7

Fonte: o autor

A partir dos dados coletados das Tabelas de 17 a 20 montou-se as Tabelas 23 acima com os “melhores” resultados de ROI e *payback* de cada série que foi estudada.

A partir TD = 23%, TS = 90%, CC = R\$ 348 e CW = R\$ 0,50 identificados da tabela acima, alimentou-se com estes valores de parâmetros a Tabela 3 – tabela de cálculo –, *ceteris paribus*. O resultado foi ROI de 188% e *payback* de 4,4anos.

Operar com boa radiação solar que resulte em TS = 90% e, simultaneamente, manter a eficiência da centrífuga resultando nos atuais TD = 23% não seria fato improvável de acontecer em algumas etapas do ano; mas não por todo o ano de modo a poder-se assumir-se que estes valores de TS e TD sejam valores nominais de operação da ETE. No entanto, se esperar que de um quadro inflacionário que leve CC dos atuais R\$ 277 à R\$ 348 e simultaneamente o custo da energia elétrica (CW) permaneça inalterada é contraditório e, assim, não esperado.

Desta forma os cálculos que resultaram em ROI = 41% e *payback* = 8,9 anos representam um teto máximo de ROI e *payback*. Dito de outra forma, nas melhores condições dos parâmetros – ocorrendo simultaneamente – que se identificou como sendo os relevantes,

não se terá resultado de retorno do investimento e anos para que o equipamento se pague, respectivamente, melhores que 188% de ROI e 4,3 anos de *payback*.

Todos os resultados dos ensaios realizados neste trabalho encontram-se de acordo com o afirmado nesta sessão, i.e., todos os ROIs e *paybacks* encontram-se, respectivamente, nos intervalos de 42% a 188% e 4,4 a 8,9 anos.

5.6 Transcrito resultante da entrevista à Abetre

Diante do questionário estruturado, que consta do Apêndice 2, foram obtidas as seguintes respostas que foram condensadas abaixo. O intuito desta entrevista à Abetre consistiu, principalmente, no objetivo de conhecer-se mais a fundo sobre a gestão de resíduos. As duas entrevistas ocorreram em janeiro de 2021. A segunda complementando a primeira e respondendo às questões que foram suscitadas após a primeira entrevista.

O Sr. Luís Gonzaga Alves Pereira, engenheiro civil de formação (1974) com especialização em portos, rios e canais foi entrevistado. Trabalhou na indústria de petróleo e gás, papel e celulose e posteriormente na montagem industrial pesada. Quanto aos seus conhecimentos relativos ao meio ambiente tem experiência acumulada a partir de sua vivência. Associado da Abetre desde sua fundação há 22 anos; atuando primeiramente como assistente; como associado conselheiro até 2018 quando se tornou presidente da associação.

A associação só acolhe empresas do setor de tratamento e destinação de resíduos e efluentes com atualmente 40 membros que consistem nas principais empresas brasileiras deste setor. O Sr. Luís optou por não mencionar nomes dos associados receando cometer esquecimento de mencioná-los todos, mas afirmou que são empresas que trabalham, sim, tanto na área de transporte, tratamento e destinação de resíduos e efluentes; contemplando também a parte de destinação final como é o caso de aterros sanitários fruto de uma obra de engenharia. Aqui querendo distinguir de tantos aterros no Brasil precários que não contaram com o devido planejamento, dimensionamento e a preocupação com a conservação do meio ambiente.

O que ocorre com o lodo é um caso bastante especial com relação aos aterros sanitários, diz o Sr. Luís. O lodo não sempre chega nas condições ideais e pronto para ser descartado. Ele chega com umidade extremamente alta, sendo, assim, obrigatório trabalhá-lo antes do seu aterramento, o que nem sempre ocorre quer seja por preguiça ou pela falta de situação econômica por parte dos aterros, acredita o Sr. Luís.

As empresas de saneamento no Brasil passaram 40 anos ganhando dinheiro e fazendo o mínimo daquilo que, em termos ambientais e de engenharia, a sociedade precisava. A prova disto é que hoje cerca de 100 milhões de brasileiros que vivem atolados no esgoto sem tratamento algum. O mesmo ocorre com a situação do lodo. Há as tecnologias as mais variadas para um bom aproveitamento do lodo. Estas empresas não fazem porque não querem, falta de vontade e de uma política para que o façam. A legislação existe, mas o legislador precisa também cobrar das empresas o que elas têm que fazer, diz o entrevistado.

Associados da Abetre que tratam o lodo, ou seja, as ETEs, na sua maioria empresas estaduais, destinam o lodo gerado para aterros. Elas transportam o lodo aos aterros, entretanto, com teor de umidade que talvez não fosse o suficientemente necessário. Cabendo, assim, àquele que vai aterrará-lo, até mesmo por questões de aproveitamento e segurança para seu maciço, pré secá-lo. O proprietário do aterro aguarda uma secagem maior, deixando o material (o lodo) em uma parte isolada, não o enterrando ainda. Isto é o que ocorre na maioria dos casos, segundo o entrevistado.

Prossegue o Sr. Luís, há também aquelas ETEs que são preguiçosas economicamente que lançam o lodo acumulado e empilhado no ser próprio terreno em seu estado original e, posteriormente, o abandonando aí. Assim o fazem até que resolvam fazer diferente ou que um fiscal apareça e aplique uma multa. Essa é a realidade a qual não se pode fugir. Por outro lado, as empresas privadas sempre atuam com presteza, querem fazer as coisas direitas. Completa afirmando que a fiscalização é mais cerrada nas empresas privadas do que nas públicas.

Aterro fruto de um planejamento de engenharia não pode ser considerado como um lixão. Há todo um cuidado para que o lodo chegue ao destino com segurança e higiene, são riscos para o meio ambiente que se poderia incorrer. Tanto que não ocorre, entre as empresas associadas à Abetre fazer elas mesmas o transporte. Há sempre empresas especializadas para isto.

Pelo nível de corresponsabilidade com o transporte do lodo hoje há uma tendência a que a própria empresa geradora do lodo faça ela mesma o transporte até o aterro sanitário. É uma tendência que pode num futuro próximo ocorrer. Hoje o transporte é terceirizado pois, também, muitas vezes o lodo a ser transportado é pouco (em volume), não justificando a ETE ter sua frota própria. Com as parcerias futuras haverá aumento da competitividade por parte de quem fizer melhor e/ou mais barato e estas ganharão a concorrência e o mercado.

Ao tocante de *compliance* e integridade, o Sr. Luís afirma que as empresas precisam ser penalizadas, pagar pelos erros, mas estas não podem morrer por isso. O mais importante quando se fala em trabalho, serviço é ter a integridade; precisamos ter *compliance*; ter responsabilidade. O país está com legislação aí para ser aplicadas.

O entrevistado completa, é fundamental, quando se fala em competitividade que não apenas o preço seja considerado ou levado em conta. Em uma concorrência nem sempre o menor preço é o melhor preço. É necessário que haja integridade, responsabilidade; é necessário se verificar que o serviço que esteja sendo executado esteja dentro dos princípios da legislação. Na concorrência é necessário que haja o detalhamento técnico e que esteja bem explicado. Infelizmente é comum a abordagem de que a melhor competição é aquela em que o menor preço é o melhor. Deve-se sempre unir técnica e preço. Fazer a competitividade do preço ocorra, mas ocorra no mundo técnico e econômico.

Aterros sanitários e transportadoras são mundos próximos, mas separados, embora um dependa do outro. Do ponto de vista da importância: qual empresa, a do transporte ou a do descarte vence? A palavra-chave aqui, no caso da relação entre estes dois tipos de empresas, não seja competitividade. Devemos procurar por aquilo que cada um pode oferecer de melhor. O transporte é extremamente importante e por outro lado se tem que a operadora de um aterro sanitário oferece a guarda de um produto altamente perigoso, que requer confiabilidade na operação dado a essa periculosidade.

No tocante ao transporte do lodo o Sr. Luís dá prosseguimento ao seu pensamento. Diz que deve haver sempre um plano de transporte, ou seja, um plano de segurança, de proteção ao meio ambiente.

O que ocorre é que transportadoras aprendem muito. É necessário que o transporte seja feito por empresas que compreendem o que estão transportando. Assim, com o conhecimento, exigências e o aprendizado, as transportadoras acabam se tornando especialistas numa determinada categoria de transporte.

É muito positivo e benéfica as situações de cobrança e exigências. Quanto mais se é exigido do terceirizado na sua atividade tanto melhor é para o terceirizando como também para o próprio terceirizado.

O transportador deve prezar pela segurança (importantíssima) e com os cuidados que ele deve ter ao desempenhar suas atividades. Isto tem custo. Como também deve ter engenharia contratada, veículos extras para situações de emergência. São custos que não aparecem, mas precisam estar incluídos no preço. Sem esquecer que o transportador deve obedecer a legislação, fazer direito e certo, ter proteções necessárias, integridade, ser honesto e não querer ganhar dinheiro de qualquer jeito, diz o Sr. Luís.

Uma prática brasileira que, infelizmente, ocorre em contratações em que, embora conste do contrato o direito de ser atualizar os preços, o contratante “opte” por renegociar o preço ao invés de se ater aos índices de reajuste também já previstos em contrato. O reajuste deve ser anual para que haja coerência e segurança jurídica. Diz o Sr. Luís que não se “mata” seu fornecedor querendo sempre ganhar.

Por fim, conclui o entrevistado que buscar e encontrar uma nova transportadora que aceite a falta de reajuste anual e/ou já apresente um preço menor do que o atual praticado é um risco extra desnecessário. Esta nova empresa será outra com outras características e no final o barato poder sair mais caro.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 Respostas para as Proposições

No capítulo 3, com o objetivo de conduzir a pesquisa, foram apresentadas as proposições do projeto de pesquisa, elaboradas pelo pesquisador a partir de revisão da literatura. Neste ponto do trabalho, torna-se fundamental o resgate das proposições anteriormente expostas, contraponto contra os resultados encontrados no caso. A seguir encontram-se as proposições, bem como as discussões e justificativas adotadas pelo pesquisador para embasar suas respostas.

P1: O processo de integração vertical pela introdução do secador solar a jusante na operação de ETEs pode reduzir os custos logísticos de coleta, transporte e descarte de lodo.

Resultado: **ACEITA.**

Ao analisar o resultado dos ensaios pode-se observar que foram encontradas variações dos parâmetros relevantes que favorecem o modelo integrado verticalmente, quando comparado com o modelo não integrado.

Ratificando o aceite à Proposição 1 acrescenta-se que a média dos *paybacks* (16 ensaios realizados com a variação dos parâmetros relevantes gerando 16 valores de *payback*) obtida é de 5,9 anos quando da introdução do secador solar. O melhor resultado possível para *payback* é 4,4 anos (diferença com a média de 1,5 anos). O pior resultado possível para *payback* é de 8,9 anos (diferença com a média de 3,0 anos). Isto demonstra que os valores de *payback* obtidos estão mais próximos do melhor *payback* possível. Isto permite uma maior margem para que as variações dos parâmetros relevantes conduzam a média para cima, dado a uma piora em *payback*.

O mesmo raciocínio aplicado acima pode ser também aplicado a ROI. Chegar-se-á à mesma conclusão obtida para *payback* posto que a melhora de um é acompanhada da melhora do outro.

P2: O modelo integrado verticalmente pode ser mais competitivo que o modelo não integrado.

Resultado: **ACEITA**

De fato, vantagens competitivas baseadas na redução dos custos logísticos de coleta, transporte e descarte do lodo tornam o processo integrado a jusante mais competitivo do que um processo não verticalizado.

Para os parâmetros relevantes atuais em prática pela ETE de São José do Rio Preto e adotando-se o teor de lodo seco de 85% temos que o secador solar teoricamente se paga em 5,7 anos pelo cálculo do *payback* simples (cálculos na Tabela 5). Tem-se que o valor de custo do secador solar – custos da aquisição ao comissionamento acrescidos dos custos com obras civis – dimensionado para a ETE em estudo é de R\$ 16,7 mi.

Considerando-se o fato que a vida útil do secador, conforme seu fabricante, é de 10 anos; pode-se afirmar, assim, que em 5,7 anos os ganhos acumulados somaram R\$ 16,7 mi e que para os demais 4,3 anos estes ganhos (inflacionados) somam R\$ 19,9 mi.

No improvável, mas pior cenário (cálculos na Tabela 20) obteve-se *payback* simples de 8,9 anos. Percorrendo o mesmo desenvolvimento de cálculos do parágrafo anterior, chega-se a que em 8,9 anos os ganhos somaram os mesmos R\$ 16,7 correspondentes ao investimento e que para os demais 1,1 anos os ganhos correspondem a R\$ 7,0 mi.

Tem-se, assim, que para qualquer dos casos estudados há ganhos para a ETE de São José do Rio Preto, tornando-a mais competitiva.

Entenda-se por ganhos competitivos não apenas ganhos econômicos, mas ganhos de imagem da ETE, por exemplo. Pela adoção de uma logística verde, que adiciona a todas as atividades logísticas uma preocupação ecológica (RESENDE, 2004).

P3: O modelo com ETEs integradas pode ser viável para qualquer porte de ETE.

Resultado: **NÃO ACEITA**

A ETE de São José do Rio Preto hoje atende a uma população urbana de 460.000 habitantes e gera, conseqüentemente, 15.000 toneladas/ano de lodo desaguado (valor informado pela ETE para o realizado em 2019). O dimensionamento do secador solar adequado para esta ETE foi aquele com estufa com três pistas e capacidade máxima de secagem de 16.000 t/ano. Assim, a menor capacidade máxima de secagem é 5.333 t/ano pelo uso de apenas uma pista no secador.

Sendo linear a correlação entre os dados acima apresentados, tem-se que para populações menores que um terço de 460.000 habitantes o secador trabalharia ocioso. Possivelmente não justificando o investimento.

6.2 Desenvolvimento do Projeto de Pesquisa

Para concluir o presente trabalho aplicado foram resgatadas as questões propostas no início da pesquisa e apresentadas no capítulo de objetivos. Note-se que as respostas já foram parcialmente abordadas nas análises dos resultados, bem como nas respostas para as proposições.

Questão 1: Determinar fatores que levam à redução de custos logísticos de coleta, transporte e descarte do lodo.

Primeiramente é necessário atentar-se ao fato, pela definição de ROI e *payback*, que se trata de parâmetros comparativos. Nos ensaios aqui apresentados variou-se cada um dos parâmetros relevantes, um a um, formando, assim, séries individuais das variações de TD, TS, CC e CW. Nesta perspectiva tem-se que o ROI e *payback* melhoraram apenas para as variações

crescentes do teor de sólidos secos no lodo; e para o aumento dos ganhos quando do aumento do custo logístico.

Sendo que ROI e payback são mais sensíveis à variação dos custos logísticos do que à variação do teor de sólidos do lodo seco (o lodo que sai do secador).

Em ambas as situações se tem aumentada a competitividade da ETE. Segundo Levi (1985) a principal razão que leva uma empresa a integrar verticalmente é a obtenção de vantagem competitiva.

A tratativa do gerenciamento do lodo tem sido no Brasil de forma emergencial (ANDREOLI, SPERLING e FERNANDES, 2014). Isto leva ao aumento dos custos logísticos se comparada à tratativa do lodo sendo gerenciado de forma a visar as produtividade e competitividade pela verticalização do processo produtivo da ETE pela adição de um secador solar. Adelman (1995) vai mais longe quando conceitua que organizações empresariais já poderiam surgir integradas verticalmente, desde a sua fundação.

Ainda não foi estabelecida uma metodologia que defina os critérios e parâmetros necessários para qualificar e quantificar os vários elementos a serem considerados em uma análise de custo x benefício para a estrutura de um sistema de gestão de lodo (MANZOCHI, 2008). De fato, não se encontrou na busca pela literatura tais critérios e parâmetros. Por este trabalho procurou-se apontar alguns parâmetros que segundo os critérios apresentados pudessem levar à redução dos custos logísticos.

Questão 2: Tomar conhecimento dos fatores que levam à otimização do processo de secagem solar para lodo de ETE.

Quando esta questão foi levantada aventava-se a possibilidade de que por este estudo se viesse a concluir que os fatores que otimizariam o processo de secagem solar pudessem ser alterados de modo a se conseguir esta otimização. Assim, os fatores poderiam ser alterados favoravelmente em direção à otimização. Entretanto, foi observado que dois fatores apenas levam à otimização da secagem solar e que não podem ser alterados pelo operador da ETE.

Como já mencionamos, são dois os fatores. A saber, o primeiro sendo a radiação solar no local de instalação do secador, naturalmente, quanto maior a radiação, melhor. Assim, a

localização da ETE em latitudes baixas é mais favorável ao processo. Não que, no entanto, o SOLSTICE SRT-11 também não seja eficiente em altas latitudes como, por exemplo, nos países do norte da Europa. O segundo sendo o teor do lodo desaguado pela centrífuga que adentra o secador. Quanto maior for esse teor, tanto melhor pode ser a performance do secador. Nota-se, assim, que se tem outro fator que já está otimizado para a melhor relação custo/benefício da operadora da ETE. Em uma simples analogia se tem que tanto mais enxuta ficar a roupa na etapa de centrifugação de uma máquina de lavar roupas, tanto melhor vai ser a performance da secadora de roupa que é colocada na sequência, após a lavagem da roupa ter sido concluída em uma lavadora de roupas.

Entende-se por performance do secador a quantidade de dias de secagem do lodo que são necessários para que se atinja o teor de sólido seco desejado.

Questão 3: Verificar pelo estudo de caso, os principais motivadores para a implantação de secadores solar e os fatores que podem dificultar a sua adoção.

O principal motivador para a implantação de um secador solar é a economia gerada nos custos logísticos de coleta & transporte e descarte do lodo. Von Sperling (2001) afirma que o custo do transporte é um importante parâmetro para a viabilidade econômica da própria ETE. A umidade está diretamente relacionada com o volume de lodo a transportar, e, conseqüentemente, com o custo do deslocamento. A Tabela 1 (página 29) mostra ainda que o volume de material a ser transportado e descartado para uma aplicação de 6 t de massa seca pode variar de 6,67 t a 300 t de lodo, dependendo do teor de umidade da torta de biossólido (ANDREOLI, SPERLING e FERNANDES, 2014).

Deste modo, note-se que a redução de custos com o transporte não se dá apenas pela procura no mercado por transportadoras parceiras que apresentem um custo mais barato para o serviço. A redução de custos se dá principalmente pela redução da quantidade de lodo a ser transportada aos aterros sanitários como tem-se deixado claro por todo este trabalho aplicado. O mesmo se diga, para a redução de custos relativa à utilização de aterros sanitários, a redução de custos provém da redução da quantidade de lodo descartado levado aos aterros.

Os principais custos logísticos são o gerenciamento de estoques e armazenamento (não aplicáveis aqui nesta abordagem); embalagens (idem); transporte (aqui em pauta); distribuição (no caso, seria o transporte, em si, do lodo ao seu destino final a um ou dois aterros); tributação e pessoas (respectivamente, já paga e administrada pela transportadora no caso da ETE de São

José do Rio Preto); perdas (na boa gestão de resíduos não se prevêem perdas, nada se perde, tudo se transporta do lodo gerado).

Além do volume – quanto maior o volume transportado por viagem, menor o custo unitário de transporte; a distância; as condições das estradas – mas com a necessidade de estradas em boas condições de tráfego, o que nem sempre ocorre no meio rural; o tipo de veículo (caçamba móvel ou fixa, graneleiros, brooks etc.) com sua respectiva capacidade de transporte influenciam o custo de transporte. A distância e as condições das estradas têm reflexos sobre o custo variável (combustível, manutenção, peças para reparos e lubrificantes) e de conservação do veículo transportador. (ANDREOLI, SPERLING e FERNANDES, 2014) E o produto sendo transportado tem influência sobre os conceitos do transportador como rejeição ao produto, receito de contaminação, custos de limpeza e os custos para o adequado transporte do lodo (lona de cobertura, cones sinalizadores, licenças específicas para o transporte do lodo e inspeções anuais ao veículo).

Por fim, assim, pode-se afirmar que o raio de viabilidade de transporte do biossólido está diretamente relacionado com o teor de sólidos do produto e a definição de uma política de transporte (ANDREOLI, SPERLING e FERNANDES, 2014).

Existem muitos aterros sanitários não regularizados que não tratam o chorume de forma adequada, contribuindo para os impactos ambientais negativos (SERAFIM, 2003). Já Nuvolari et al. (2011) afirmam que, até recentemente no Brasil, as empresas gerenciadoras de saneamento básico procuravam apenas se livrar do resíduo sem a preocupação com o meio ambiente e/ou as comunidades circunvizinhas atendidas pelos serviços. Ora, é importante lembrar que é de total responsabilidade da empresa geradora do resíduo o seu transporte e descarte de forma adequada (GODOY, 2013). Assim, diminuir a quantidade de lodo sendo transportado e descartado é um motivador para a implantação dos secadores solar posto que mitiga os riscos ambientais e de imagem da empresa gerenciadora de saneamento básico.

Complementando o concluído acima, Godoy (2013) afirma que os processos hoje que englobam a disposição final de 90% do lodo produzido no mundo são disposição em aterros, uso agrícola e incineração. Andreoli (2006) avalia que os custos do descarte do lodo para a reciclagem agrícola e para a incineração, respectivamente, são duas e três vezes comparativamente ao custo do uso de aterros sanitários. Deste modo, concluímos aquilo que Nuvolari et al. (2011) afirmam: a forma mais utilizada para o descarte da torta de lodo é em

aterros sanitários. Fica, assim, reforçada a necessidade, não mais apenas a possibilidade da redução de produção de lodo seco – além da redução relativa aos custos logísticos – pela consequente redução do lodo a ser descartado nos aterros sanitários.

Assim como o principal motivador para a implantação de um secador solar é a economia gerada nos custos logísticos de coleta & transporte e descarte do lodo, além dos ganhos intangíveis, é também o vulto do custo de aquisição e implantação do equipamento que se torna a maior dificuldade para a sua adoção.

Tabela 24: Investimento por parte da ETE

Descrição	Valor	% do Total
Aquisição: espaçador + estufa + sistemas periféricos	R\$ 7.948.905	47,7%
Importação (frete + impostos) da Alemanha à ETE	R\$ 2.048.809	12,3%
Supervisão da montagem e comissionamento	R\$ 1.116.075	6,7%
Montagem a cargo da ETE	R\$ 2.500.000	15,0%
Obra civil a cargo da ETE	R\$ 2.800.000	16,8%
Provisionamento para contingências	R\$ 265.000	1,6%
Total investido	R\$ 16.678.789	100,0%

Fonte: o autor

Os custos com a montagem, obras civis e um provisionamento para contingências totalizam 33,4% do custo total. Isto representa 1/3 do total que seria alocado para a adaptação da ETE à nova estrutura produtiva a ser construída. Se a ETE já fosse projetada de sua fundação para receber o secador, estes custos objetivamente seriam menores.

O custo com o frete do equipamento oriundo da Alemanha ao Brasil (à porta da ETE mais precisamente) adicionado ao custo de taxas pagas e impostos relativos à importação equivalem a praticamente 1/4 do custo do equipamento propriamente dito. Custos que representam, todos juntos, 59,9% do custo total de R\$ 16,7 mi. Note-se que o custo total de operação da ETE em estudo que incluem custos como manutenção e depreciação dos seus equipamentos, folha de funcionários, insumos, energia elétrica, operação de laboratório químico, entre outros, é da ordem de R\$ 20 mil por ano.

Mencionou-se anteriormente as vantagens da introdução do secador no processo produtivo de uma ETE relacionados especificamente às vantagens de caráter ecológico. Diante disto poder-se-ia pleitear-se junto à órgãos governamentais a redução nas alíquotas de importação do secador.

Outra providência a ser avaliada de modo que o fator custo de introdução do secador seja menos impeditivo seria a nacionalização da estufa. Esta é composta por estruturas metálicas

e vidro no valor de € 402.500 ou R\$ 2,6 mi. Será que o parque industrial nacional não está preparado para fornecer estas estruturas metálicas e vidros à altura do padrão alemão? Naturalmente que esta troca da origem destes itens seria obedecendo às especificações técnicas do fabricante do equipamento e sob sua supervisão. Acrescenta-se à economia da nacionalização da estufa a economia com o transporte e importação da mesma.

Por fim, pode-se ressaltar o fato de que o valor completo para a aquisição do secador solar está diretamente atrelado ao valor do euro. A cotação do euro adotada por todo este trabalho foi a de R\$ 6,47 (19 jan 21). Sua cotação média para o mês de abril e maio, respectivamente, foi de R\$ 6,67 e R\$ 6,44. Tem-se assim que:

- O valor do euro adotado para este trabalho encontra-se na faixa do valor médio do euro de abril a maio. Deste modo, os resultados obtidos no trabalho permanecem verdadeiros para os dias de hoje;
- Foge do escopo deste trabalho a análise da tendência do real frente ao euro, mas, por outro lado, não se conhece fatores econômicos que venham a impedir que o real se valorize diante do euro no futuro.

6.3 Limitações do Trabalho e recomendações para futuros estudos

O emprego de apenas um modelo e marca de secador solar é uma limitação. Não há, no Brasil, no momento, outras opções de marcas, muito menos há opções de modelos dentro de uma mesma marca. Futuramente um novo estudo pode ser feito com algum outro secador solar além do adotado aqui; haverá, então, outros parâmetros de performance e, naturalmente, um outro custo de aquisição e operação. O resultado do estudo deverá ser outro.

Outro também seria o resultado se aplicada uma taxa de juros ao valor parcelado de aquisição do equipamento, e não apenas nos ganhos (inflação) quando da introdução do secador. Ou seja, usar-se-ia o cálculo de *payback* composto que considera o valor do dinheiro no tempo tanto para a aquisição do equipamento quanto nos ganhos.

Não foi considerado nos cálculos financeiros a receita proveniente da venda do lodo Classe IIA possivelmente obtível pela utilização de secadores solar de eficiência como a do secador aqui adotado para o estudo. Estudo este, em que se concluiu que, sim, o secador solar pode contribuir na redução dos custos logísticos de coleta, transporte e descarte do lodo

sanitário. Com a introdução de uma receita, o resultado financeiro deve ser ainda mais favorável à introdução do secador solar. Entretanto, ainda nos restaria, indicação para um estudo futuro, saber de quanto e quão representativa na análise final seria esta contribuição de receita.

As características do lodo que alimenta o secador solar são compatíveis com o processo biológico da ETE de São José do Rio Preto, i.e., o processo de lodo ativado. Outros processos de tratamento do esgoto sanitário existem e outras características o lodo terá. Acarretando, desta forma, a variação de performance da centrífuga e diretamente a do secador.

Com o conceito de performance do secador solar em mente e não apenas baseando-se nos parâmetros não absolutos de ROI e *payback* para as análises, pode-se combinar de dois em dois os parâmetros relevantes para futuras análises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADELMAN, M. A. **Concept and Statistical Measurement of Vertical Integration**. In: Business Concentration and Price Policy. [S.l.]: Princeton University Press, 1955, p. 281-330.
- ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, **Fernando**. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. 2ª ed. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2014. 444 pp.
- ANDREOLI, C.V. et al. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 417 p.
- BATISTA, Lucilene Ferreira. **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final**. Dissertação (Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília – DF. 2015.
- BEECHER, N. Overview: moving forward the sustainable and welcome uses a global resource. In: LeBLANC, R. J.; MATTHEWS, P.; RICHARD, R. P. (Eds.). Global atlas of excreta, wastewater sludge, and biosolids management: moving forward the sustainable and welcome uses a global resource. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (ASHABITAT), 2008.
- BRASIL. Norma Brasileira NBR 9648. ABNT, 1986.
- BRASIL. *Resolução 357*. CONAMA, 2005.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte. *Transporte de cargas no Brasil: ameaças e oportunidades para o desenvolvimento no país*. Disponível em <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8a8182A24F0A728E014F0AFD6781178A> Acesso em 23 out. 2020, às 14:30.
- COUTINHO, C. P. **Metodologia de Pesquisa em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática**. 2. Ed. Coimbra: Edições Almedina, 2014. Cap. 9, p. 271-304.
- DAVID, A. C. **Secagem térmica de lodos de esgoto: determinação da umidade de equilíbrio**. 2002. 163 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- FERNANDES, F. **Estabilização e higienização de biossólido**. In: *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgotos*. Ed. Embrapa Meio Ambiente, 2000.
- GODOY, A. S. **A pesquisa qualitativa e sua utilização em Administração de Empresas**. *Revista Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 65-71, julho-agosto 1995.
- GODOY, L. C. *A logística na destinação do lodo de esgoto*. Guaratinguetá: Fatec – **Rev. On-line, Tecnologia, Gestão e Humanismo**, 2013. (Artigo, v.2, n.1).
- JORDÃO, E. P.& PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª ed. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995. 638 pp.

LEE, E. S. H.; SANTOS, F. J. **Caracterização de lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto (ETE) e estudo sobre seu potencial energético**. Londrina: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2011.

LEVY, D. T. **The Transactions Cost Approach to Vertical Integration: An Empirical Examination**. *The Review of Economics and Statistics*, v. 67, n. 3, p. 438-445, august 1985.

MANZOCHI, Clarice I. S. **Logística para tratamento e disposição final de lodos de ETEs visando reciclagem agrícola**. 2008. 331 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

METCALF & EDDY (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. Metcalf & Eddy, Inc. 3ª ed., 1991, 1334 pp.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção**. Produção USP, São Paulo, abril 2007. 216-229.

MIKI, M.K.; SOBRINHO, A. P.; HAANDEL, A.C. **Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos – condicionamento, desaguamento mecanizado e secagem térmica do lodo**. In: Andreoli, C.V., (coord.). *Usos Alternativos de Lodos de Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Esgoto*. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MUNARETTO, L. F.; CORRÊA, L. H.; ARAÚJO, J. C. D. C. Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisa exploratória. *Rev. de Administração da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria*, v. 6, n. 1, p. 9-24, março 2013.

NUVOLARI, A. et al. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2011. 565p.

PORTAL SOLAR. **Histórico de reajuste da energia elétrica**. Disponível em <<https://www.portalsolar.com.br/aumento-do-custo-energia-eletrica-com-tempo>> Acesso em 29 julho 2021.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. **Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências**. In: *Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade: Teoria e Prática*. São Paulo: Atlas, 2006. Cap. 3, p. 76-97.

RESENDE, E.L. **Canal de distribuição reverso na reciclagem de pneus: estudo de caso**. 2004. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial/Rio de Janeiro/2004.

ROSA, Lilian A. **Secagem térmica de lodos de estações de tratamento de esgotos domésticos**. 2014. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SANESUL MS. **Importância do tratamento de esgoto**. Disponível em <<https://www.sanesul.ms.gov.br/importancia-do-tratamento-de-esgoto>>. Acesso em 16 abr. 2021.

SANTOS, C. R. **O movimento competitivo de verticalização da cadeia de celulose: seria o fim dos fabricantes independentes de papel tissue no Brasil?** Dissertação (Mestre em Gestão para Competitividade na linha de pesquisa de Supply Chain) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2018.

SERAFIM, A. C. et al. **Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamentos.** 2003. Trabalho apresentado ao Terceiro Fórum de Estudos Contábeis da Faculdade Integradas Claretianas, Rio Claro – SP, 2003. Não publicado.

URBAN, R. C. **Metodologia para gerenciamento de lodo de ETA e ETE.** 2016. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil na área de Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, Campinas, 2016.

VANZETTO, Aliny S. **Análise das alternativas tecnológicas de desaguamento de lodos produzidos em estações de tratamento de esgoto.** Dissertação (Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília – DF. 2012.

VG RESÍDUOS. **Lodo biológico: como uma empresa deve destinar corretamente.** Disponível em < <https://www.vgresiduos.com.br/blog/lodo-biologico-como-sua-empresa-deve-destinar-corretamente/#:~:text=O%20transporte%20do%20lodo%20biol%C3%B3gico,para%20evitar%20fuga%20do%20material.>> Acesso em 09 maio 2021.

VON SPERLING, M. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484p.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** In: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte: UFMG, 2018. v.2.

INSTITUTO ACENDE BRASIL (2020). **Evolução das Tarifas de Energia Elétrica e a Formulação de Políticas Públicas.** White Paper 22, São Paulo, 2020. 28p.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2015. p. 27-57.

ANEXOS E APÊNDICES

ANEXO 1: Distribuição do secador solar SOLSTICE SRT-11 pelo mundo

Data do pedido	Nº do pedido	Produto	Projeto	País	Quantid.	Cliente
22/12/2003	211013	SOLSTICE	Hayingen	Germany	1	Stadtverwaltung Hayingen
11/07/2005	285243	SOLSTICE	Barbezieux, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
15/03/2006	285939	SOLSTICE	St. Maúrice de Beynost, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
12/05/2006	286082	SOLSTICE	Bourg Achard, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
06/09/2006	286451	SOLSTICE	ERNEE, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
06/09/2006	286452	SOLSTICE	LAVAL, FR	France	2	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
06/09/2006	286453	SOLSTICE	BELLEME, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
25/04/2007	287004	SOLSTICE	BOURRON MARLOTTE, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
02/05/2007	287019	SOLSTICE	LA SCHWALB, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
11/05/2007	287040	SOLSTICE	AYGUEPERSE, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
19/06/2007	287160	SOLSTICE	Gunstett, FR	France	2	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
19/06/2007	287161	SOLSTICE	Evron, FR	France	2	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
19/06/2007	287162	SOLSTICE	Livron, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
19/06/2007	287163	SOLSTICE	Bonneval, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
09/07/2007	287230	SOLSTICE	Rodemack, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
24/01/2008	287829	SOLSTICE	TARADEAU-VIDAUBAN, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
01/04/2008	212663	SOLSTICE	Marktbergel KA	Germany	1	ENTRO GmbH Marktbergel
19/08/2008	288456	SOLSTICE	Lherm, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
19/12/2008	288812	SOLSTICE	NOIRMOUTIER AS L' LILE	France	2	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
06/04/2009	289081	SOLSTICE	VILLAINES LA JUHEL, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
06/04/2009	289083	SOLSTICE	LE CHATELET EN BRIE, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
13/07/2009	289366	SOLSTICE	VALLERES LIGNIERES, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
17/09/2009	289559	SOLSTICE	Cali, CO	Colombia	3	CONINGENIERIA S.A.
03/11/2009	289691	SOLSTICE	KLODZKO WWTP, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o
30/11/2009	213311	SOLSTICE	Penzing-Weil KA	Germany	1	Abwasserzweckverband
08/12/2009	289797	SOLSTICE	GODERVILLE, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
08/12/2009	289799	SOLSTICE	ILLIERS-COMBRAY, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
08/12/2009	289800	SOLSTICE	NOGENT LE ROI, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
08/12/2009	289801	SOLSTICE	SNECMA, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
26/02/2010	289988	SOLSTICE	Cali, CO	Colombia	1	CONINGENIERIA S.A.
20/05/2010	290248	SOLSTICE	DIE, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
15/02/2011	290983	SOLSTICE	Barjols, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
04/04/2011	291128	SOLSTICE	Tooele UT, US	U.S.	4	HUBER Technology, Inc.
28/10/2011	291730	SOLSTICE	Zagan WWTP, PL	Poland	3	Huber Technology sp.z.o.o
12/01/2012	291908	SOLSTICE	Mietesheim, FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
28/06/2012	292359	SOLSTICE	Mako, HU	Hungary	4	Strabag-MML Kft.
30/08/2012	292522	SOLSTICE	Larnaca, CY	Cyprus	4	WTE-HUBER-MILTIADES
28/11/2012	292769	SOLSTICE	Ozimek, PL	Poland	2	Huber Technology sp.z.o.o
29/11/2012	292782	SOLSTICE	Arequipa, PE	Peru	1	Acciona Agua Sucursal Peruana
23/09/2013	293632	SOLSTICE	KONSKIE, PL	Poland	2	Huber Technology sp.z.o.o
30/09/2013	293659	SOLSTICE	ANJOUTEY (90), FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl

26/02/2014	13000225	SOLSTICE	Bayreuth KA	Germany	5	Gesellschaft für Wassertechnik und Apparatebau GmbH & Co. KG
10/03/2014	13000264	SOLSTICE	Playa del Carmen, MX	Mexico	1	Aguas Latinas México S. de R.L. de C.V.
15/05/2014	13000537	SOLSTICE	Lomianki, PL	Poland	2	Huber Technology sp.z.o.o
12/08/2014	13000958	SOLSTICE	Zarów, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o
29/10/2014	13001261	SOLSTICE	Sommiers (30), FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
30/10/2014	13001266	SOLSTICE	Saastunja III, MX	Mexico	1	Aguas Latinas México S. de R.L. de C.V.
25/11/2014	13001373	SOLSTICE	Rocbaron (83), FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
28/11/2014	13001413	SOLSTICE	Remy (60), FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
28/11/2014	13001418	SOLSTICE	BRODNICA, PL	Poland	2	Huber Technology sp.z.o.o
22/01/2015	13001615	SOLSTICE	Eskisehir	Turkey	5	ARASYA ATIKSU ARITMA VE KURUTMA SISTEMLERI A.S.
29/01/2015	13001654	SOLSTICE	Busko Zdroj, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o
12/03/2015	13001840	SOLSTICE	Western Riverside / CA, US	U.S.	3	HUBER Technology, Inc.
30/03/2015	13001926	SOLSTICE	Opoczno, PL	Poland	2	Huber Technology sp.z.o.o
30/10/2015	13002782	SOLSTICE	Zhenjiang, CN	China	1	HUBER Environmental Technology (Taicang) Co., Ltd
15/12/2015	13002946	SOLSTICE	Klodzko, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o
16/12/2015	13002961	SOLSTICE	Ilawa, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o
15/01/2016	13003058	SOLSTICE	Montauroux (83), FR	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
24/02/2016	13003217	SOLSTICE	Soekarno Hatta, ID	Indonesia	1	PT. GRAHADIKA ADIPURNAJASA
18/04/2016	13003414	SOLSTICE	Rethymno WWTP, GR	Greece	2	J/V ERGODOMI S.A. LAMDA TECHNIKI S.A. MYBA S.A
29/04/2016	13003463	SOLSTICE	Ibarra, EC	Spain	2	HUBER Technology Espana S.L.
10/11/2016	13004228	SOLSTICE	Denizli Cimento WWTP Solstice, TR	Turkey	6	ARASYA ATIKSU ARITMA VE KURUTMA SISTEMLERI A.S.
19/12/2016	13004393	SOLSTICE	Sanford / FL, US	U.S.	1	HUBER Technology, Inc.
21/12/2016	13004433	SOLSTICE	HETTANGE GRANDE (57)	France	1	HUBER TECHNOLOGY Sàrl
21/12/2016	13004438	SOLSTICE	Denizli Cimento II WWTP	Turkey	2	ARASYA ATIKSU ARITMA VE KURUTMA SISTEMLERI A.S.
23/02/2017	13004628	SOLSTICE	Konya OSB, TR	Turkey	2	ARASYA ATIKSU ARITMA VE KURUTMA SISTEMLERI A.S.
24/02/2017	13004639	SOLSTICE	Freystadt KA, Schlamm-trocknung	Germany	1	Stadt Freystadt Rathaus
18/05/2017	13004998	SOLSTICE	D'Décor Home Fabrics, IN	India	1	D'décor Home Fabrics Pvt Ltd
29/01/2018	13006055	SOLSTICE	Bochnia, PL	Poland	6	Huber Technology sp.z.o.o
19/02/2018	13006149	SOLSTICE	Dobczyce, PL	Poland	2	Huber Technology sp.z.o.o
29/03/2018	13006304	SOLSTICE	Törökszentmiklós, HU	Hungary	2	STRABAG Építőipari Zrt. HX Direktion
04/04/2018	13006316	SOLSTICE	Askar STP, BH	Bahrain	1	METITO (OVERSEAS) WATER TREATMENT W.L.L
11/06/2018	13006576	SOLSTICE	ETE Baguaçu – Araçatuba – SAMAR, BR	Brazil	3	TERRA NOVA TRADING LTDA
22/06/2018	13006630	SOLSTICE	Krusevac, RS	Serbia	5	Aktor AS
03/07/2018	13006690	SOLSTICE	Rzgów, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o

19/02/2019	13007724	SOLSTICE	Racot WWTP, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o
21/02/2019	13007735	SOLSTICE	Warta OS, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o
05/07/2019	13008383	SOLSTICE	Hayden / ID, US	U.S.	2	HUBER Technology, Inc.
27/09/2019	13008753	SOLSTICE	Bahr El Baqar, EG	Egypt	128	Orascom Construction & The Arab Contractors Joint Venture
29/10/2019	23000459	SOLSTICE	Neimenggu Zhalantun-SRT9	China	3	Shanghai Renchuang Environmental Technology Co., Ltd.
29/01/2020	13009304	SOLSTICE	Surprise / AZ, US	U.S.	1	HUBER Technology, Inc.
10/02/2020	13009353	SOLSTICE	Pachacutec, PE	Peru	3	Consorcio PTAR Pachacutec
19/02/2020	13009394	SOLSTICE	Strzelce Opolskie OS, PL	Poland	1	Huber Technology sp.z.o.o
24/02/2020	23000492	SOLSTICE	Deyang-SRT	China	1	Shanghai Heji environmental technology co., LTD.
Total de unidades de secadores vendidas pelo mundo:					270	

**ANEXO 2: Proposta comercial apresentada pela CONSTROESTE à SeMAE
quando do pregão público presencial de N° 02/2020 – Processo SeMAE N°
101/2020, de 08 jan. 2021**



À
PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO
SERVIÇO MUNICIPAL AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - SeMAE
Comissão de Licitações do SeMAE
Rua Antônio de Godoy, n°. 2181 - Jardim Seixas
SÃO JOSÉ DO RIO PRETO – SP

Ref.: PREGÃO PRESENCIAL N° 02/2020 – PROCESSO SeMAE N° 101/2020

ANEXO 2 - PROPOSTA COMERCIAL

Item	Descrição	Unidade	Quantidade Anual Estimada	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
3.1	Acondicionamento, Transporte e Disposição de Resíduos ClasseII-A: Gradeamentos (conf. Item 3.1 do MD)	Ton	200,00	273,10	54.620,00
3.2	Acondicionamento, Transporte e Disposição de Resíduos ClasseII-B: Areia (conf. Item 3.2 do MD)	Ton	3.150,00	273,10	860.265,00
3.3	Acondicionamento, Transporte e Disposição de Resíduos ClasseII-A: Lodo Desidratado (conf. Item 3.3 do MD)	Ton	18.000,00	273,10	4.915.800,00
3.4	Acondicionamento, Transporte e Disposição de Resíduos ClasseII-B: Resíduo de Varrição de Fábrica (conf. Item 3.4 do MD)	Ton	300,00	243,00	72.900,00
3.5	Movimentação Interna de Caçambas na ETE Rio Preto (conf. Item 3.5 do MD)	Unidade	2.350,00	90,00	211.500,00
TOTAL (R\$):					6.115.085,00

VALOR TOTAL DA PROPOSTA: R\$ 6.115.085,00 (seis milhões, cento e quinze mil e oitenta e cinco reais).

O prazo de validade da proposta é de 90 (noventa) dias contados desta data.

São Paulo, 08 de Janeiro de 2021.

06.291.846/0001-04

CONSTROESTE CONSTRUTORA
E PARTICIPAÇÕES LTDA

Av. Rio Branco, n° 1.647 – Sobre Lojas – Salas
10, 11, 12 – Campos Elíseos – CEP 01205-001

SÃO PAULO – SP

CONSTROESTE CONSTRUTORA E PARTICIPAÇÕES LTDA.



Denner Fernandes Beato

Engenheiro Civil

CREA n°. 0685065468

RG n°. 16.100.615-SSP-SP

ANEXO 3: Cotação BR200004228/001 de secador solar enviada à ETE em estudo


Projeto: 433753
Proposta: BR200004228 / 001
Data: 25/03/2020
Contato:
 Engº Lucas Hime Funari
 ☎ (11) 9 7076-7688
 ✉ lucas.funari@huberdobrasil.com.br

rtakahashi@semae.riopreto.sp.gov.br

Projeto: ETE Municipal - Secagem de lodo

Pos.	Description	Qty	Total price
1	Sistema automático de alimentação e distribuição do lodo dentro da estufa –HUBER Screw Conveyor Ro8 T 355 34000	1	€ 97.705,20
2	Pá revolvedora de lodo - Solar Dryer SRT 11	3	€ 423.504,00
3	Estufa (escopo SEMAE – especificações HUBER)	1	SEMAE
4	Estação meteorológica para controle climático (HUBER SE)	1	€ 1.280,40
5	Ventiladores para controle do fluxo de ar	39	€ 29.486,40
6	Exaustores para controle do fluxo de ar	15	€ 11.341,20
7	Especificação de segurança	1	€ 6.152,40
8	Sistema automático de transporte de lodo desaguado do silo até a estufa - HUBER Screw Conveyor Ro8 T 355 20000	1	€ 43.830,00
9	Sistema automático de coleta de lodo seco ao longo da largura da estufa - HUBER Screw Conveyor Ro8 T 355 30000	1	€ 55.681,20
10	Sistema automático de descarte de lodo seco da estufa para as caçambas - HUBER Screw Conveyor Ro8 T 355 8000	1	€ 20.048,40
11	Painel elétrico de automação e controle do sistema de secagem solar	1	€ 126.320,40
12	Painel elétrico de automação e controle dos sistemas de alimentação e descarte automáticos de lodo	1	€ 10.729,20
13	Serviços de supervisão da instalação, comissionamento e treinamento operacional – 60 dias úteis	1	€ 150.000,00
Valor total – Incoterm FCA – Berching, Alemanha			€ 976.078,80
Custos com frete e impostos			€ 275.359,60
Valor total – incoterm CIF (São José do Rio Preto/SP), com supervisão de instalação e todos os impostos inclusos			€ 1.251.438,40

Validade da proposta: 25.06.2020

Termos de garantia: Componentes elétricos e mecânicos: **18 meses após a data de comissionamento ou 24 meses após a entrega**, exceto os componentes sujeitos a desgaste.

Condicionado ao equipamento cujo start-up foi supervisionado pela Huber.

Prazo de entrega FCA: 30 semanas após a definição dos detalhes técnicos e

Dados de Processo

Secador solar SRT - 11

Design data:

Tipo de lodo	Lodo sanitário municipal estabilizado
Perda por ignição	< 70%
Teor de sólidos totais (SST) do material a ser secado (min.)	23 %
Quantidade de lodo seco anualmente (max)	16000 t/a
Teor de sólidos totais (SST) do lodo seco (média anual)	>85% +-5% (resultados podem variar entre 75% a 90%, de acordo com as condições climáticas no local)
Radiação global no local de instalação (média anual)	1968 kWh/m²/a
Número de linhas de secagem	3
Comprimento da área de secagem	143 m
Largura da área de secagem	11 m
Área de secagem por linha	1573 m²
Comprimento da estufa	148 m
Largura da estufa	36 m
Altura máxima do lodo no leito de secagem	300 mm

Condições de pagamento:	Faturamento direto para Huber do Brasil
	Valor final em Reais corrigido pela cotação do Euro na véspera de cada parcela;
	10% do valor após o pedido de compra.
	60% do valor após o aviso do término de fabricação na Alemanha
	20% do valor após a entrega CIF na planta
	10% do valor após aceite técnico ou 120 dias da entrega na planta
Armazenagem:	Para atrasos na coleta causados pelo cliente, a Huber SE cobrará taxa de armazenamento de acordo com escopo de fornecimento
Impostos incidentes:	PIS: 1,65%; Cofins: 7,60%; ICMS: 18%; II: 0%; IPI 0%
NCM	84212100

Project: 433981
Offer: DE190006533 / 002

Date of offer: 03/02/2020



Contact person
 Mr. Florian Weidinger



Florian.Weidinger@huber.de

Project:

Pos.	Description	Qty	Total price
1	Plant components		
1.1	HUBER Screw Conveyor Ro8 T 355 20000	1	42,514.00 €
1.2	Automatic feeding of dewatered sewage sludge (HUBER SE)	1	97,498.00 €
1.3	Solar Dryer SRT - 11	3	377,122.00 €
1.3.1	Cable package without installation material	3 Set	18,900.00 €
1.4	Greenhouse (HUBER SE)	1	402,500.00 €
1.5	Climate control via climate sensors (HUBER SE)	1	2,362.00 €
1.6	Ventilating fan (s) (HUBER SE)	1	20,792.00 €
1.9	Specification of safety equipment	1	5,059.00 €
1.10	HUBER Automatic discharge screw conveyor	1	46,343.00 €
1.11	HUBER Screw Conveyor Ro8 T 355 13500	1	27,543.00 €
2	Electrical engineering		
2.1	Electrical control system SRT	1	119,736.00 €
2.2	Electrical control system Ro8 T	1	765.00 €
2.3	Electrical control system Ro8 T	1	2,295.00 €
2.4	Control panels in stainless steel (304)	1	20,820.00 €
2.5	UPS for PLC 30min	3	3,312.00 €
3	Transport, Installation, Start-up INTERNATIONAL		
3	Transport		
3.1	Delivery CFR (Incoterms 2010) Santos/Brasil	1	100,000.00 €
3.2	Installation		
3.2.1	Supervision mechanical installation Solstice SRT 11	1	28,389.00 €
3.2.2	Supervision electrical installation Solstice SRT 11	1	39,354.00 €
3.2.3	Supervision Installation Greenhouse	1	56,250.00 €
3.3	Commissioning		
3.3.1	Comissioning SRT	1	31,715.00 €
Total price			1,443,269.00 €

All above prices are based on our enclosed specification.

All prices are net prices not including any taxes, duties and fees payable to any state, local or other governmental authority.

The quotation is subject to national or international export control regulations and embargoes or any other export

All above prices are based on our enclosed specification.

All prices are net prices not including any taxes, duties and fees payable to any state, local or other governmental authority.

The quotation is subject to national or international export control regulations and embargoes or any other export restrictions.

Offer valid until:	02/03/2020
Warranty:	For mechanical parts: 24 months from commissioning date, however not exceeding 30 months after receipt of transport documents For electrical parts: 12 months from commissioning date, however not exceeding 18 months after receipt of transport documents Our warranty does not include parts subject to natural wear nor do we assume any liability for damage caused by insufficient maintenance, faulty operation or corrosion-promoting ambient conditions.
Delivery time:	approx. 18-22 Working weeks after clarification of all technical and commercial details.
Incoterms:	CFR – Port Santos (Incoterms 2010)
Terms of payment:	100% of the total sum as payment at order confirmation Alternative: 100% of the total sum against irrevocable confirmed letter of credit based on HUBER SE conditions
Conditions of payment:	Payable on receipt
Start of production:	Start of production is linked to full receipt of payment or letter of credit
Storage fee:	In case of late pick-up due to circumstances caused by the purchaser, HUBER SE will charge a storage fee depending on the scope of supply.

This quotation as well as sale and delivery of the specified equipment are subject to the Terms and Conditions available on www.huber.de

Information about privacy policy: <http://www.huber.de/imprint/privacy-policy.html>

Best regards

HUBER SE

Process description

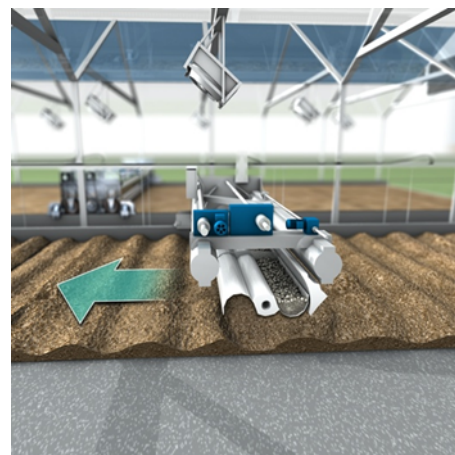
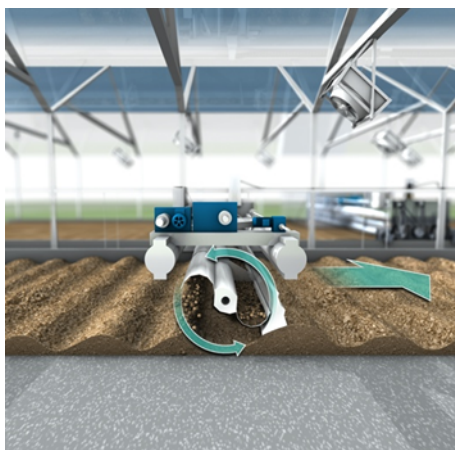
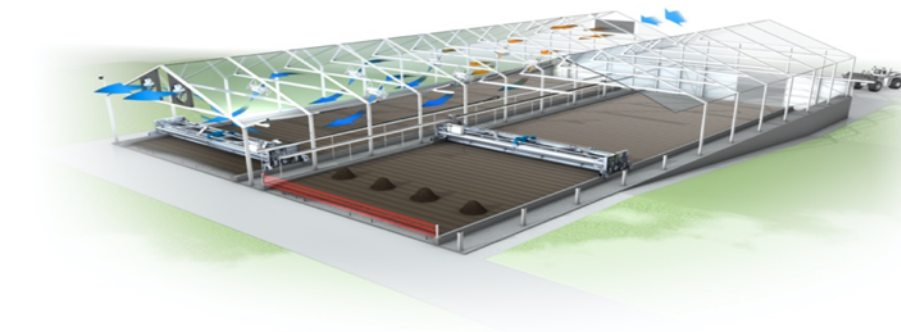
Solar Dryer SRT - 11

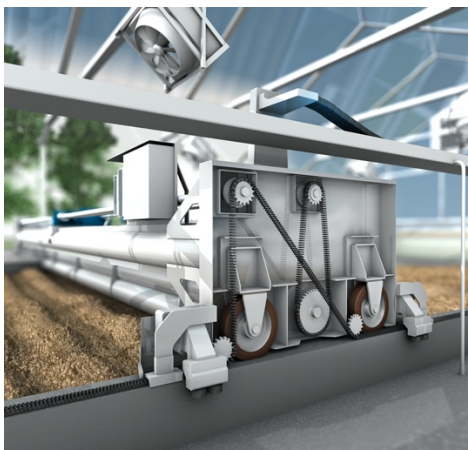
The HUBER SRT sludge dryer is an eco-friendly solution to turn dewatered sludge, a waste product, into a volume-reduced and mass-reduced dry granulate. In the solar sewage sludge dryer, the material to be dried is spread over a large area. Water evaporation takes place in a simple operational process at ambient temperatures.

A special sludge turning system that is designed as a rotating double shovel performs spreading, granulation, turning, mixing and back mixing of the sludge as well as its transport from one side to the other. The transport velocity of the sludge turning assembly, the rotating speed of

the sludge turner and the number of sludges turning intervals are adjusted to meet specific climatic conditions. The sludge is optimally transported, aerated and mixed. Odour emission is reduced respectively prevented. Complete drying through all sludge layers is ensured.

Due to the special features of the sludge turning assembly an open-pored sludge bed is generated. Biological processes that could generate odour are stopped. Optimised release of water vapour from the sludge into the air is ensured. Sludge feeding options can be adjusted to suit customer-specific requirements. The dewatered sludge can be fed into the greenhouse either manually with a wheel loader or automatically by special conveying units directly from the dewatering system. The dried sludge can be stored at the end of the drying hall or mechanically transported directly to a loading station. Dependent on the specific project conditions the plant can optionally be designed for wet sludge feeding and dry sludge removal on the same gable end of the greenhouse. The produced granulate is easy to handle as it is completely dry and free flowing due to its high dry residue.





Process data

Solar Dryer SRT - 11

Design data:

Sludge type	stabilized municipal sewage sludge
Loss on ignition	< 70%
DR content of the material to be dried min.	18 %
Annual amount dewatered sludge max.	11071 t/a
DR content of dried sludge (annual average valve)	90 %
Annual global radiation on site	1832 kWh/m ² /a
number of drying lines	3
Sludge bed length	117 m
Sludge bed width	11 m
Sludge bed surface per line	1287 m ²
greenhouse length	126 m
greenhouse width	36 m
Sludge bed height max.	300 mm

Sludge type:

The HUBER sludge turner SOLSTICE has proven itself on a variety of systems with a wide variety of sludges. The machine can also handle poorly treatable sludge through its functionality. However, it cannot be ruled out that there are sludges which are unsuitable for the process. If it is not a municipal, stabilized sewage sludge without free water, prior testing is necessary to ensure a functioning plant. The respective assurance / warranty of the procedure is then included in the respective test report or project specific sludge specification.

Pos.	Qty	Description
------	-----	-------------

1		Plant components
---	--	-------------------------

1.1	1	HUBER Screw Conveyor Ro8 T 355 20000
-----	---	---

Screw conveyor consisting out of a machine trough with plastic liners and transport screw. The machine trough is designed as a rigid edge- and weld construction with multi-segmented covers in a water-proof design. Maximum service lifetime is ensured by the implemented plastic liners in HDPE-1000. The use of sidelong material downholders guarantees a reliable material transport also with problematic material attributes. The gear drive is flanged to one machine face-side, directly coupled with the screw shaft and operable in back and forward direction.

The machine screw is made of stainless steel with a central shaft for an optimum torque distribution alongside the total machine length. This design ensures maximum running smoothness without screw corrosion.

All components in touch with the medium are made of stainless steel (except fittings, drives and bearings), and acid-treated in a pickling bath. Maximum permissible hydrogen sulphide content in the air: 6 ppm

The complete plant is conforming to EC machinery directive 2006 / 42 EC

- Electrical switchboard and control panel complying with 2006/95/EC (DIN EN 60204-1), 2004/108/EC and EN 60439-1
 - and manufactured in compliance with quality standards DIN EN ISO 9001.
- Customer-supplied items must comply with applicable country-specific standards, e.g. machinery directive, standards (DIN, EN, ANSI, safety standards GUV, UVV, VDI), e.g. guards, protective equipment against falls from a height, safe accesses to machine, etc.

Standard operating instructions in compliance with EN 82079-1 on CD or in printed form, in German or English language, in triplicate (additional copies available against extra charge).

We expressly point out that maintenance and repair work is only allowed to be carried out on the machine after the machine has been disconnected from the mains! By default, the machine can only be disconnected via the main switch of the entire system by the operating staff itself.

Only qualified electricians are allowed to disconnect plant components.

Individual drives or system components of the machines can be equipped with repair switches against extra charge.

If the electrical control system is supplied by a third party, the machine controls must be executed according to HUBER's instructions.

Pos. Qty Description

Technical data	
Transport medium	Sludge
Max. throughput	approx. 8 m ³ /h
Transport length	approx. 18970 mm
Total machine length	20000 mm
Installation angle	0 °
Trough diameter	355 mm
Auger construction	pushing
Material screen	304L (1.4307) or equal quality
Weight	approx. 4420 kg
Drive motor	Asynchronous motor
Efficiency class	IE3
Performance	P = 2,2 kW
Nominal current	I = 4,6 A
Power factor	cos phi = 0,8
Voltage	U = 400 Y V
Frequency	f = 50 Hz
Rotary speed of output shaft	n = 20,0 min ⁻¹
Rotary speed of motor shaft	n = 1450 min ⁻¹
Protection grade	IP65
Insolation class	F
Ex protection grade	without Ex-protection

Supports included

Suspension of the plant on the ceiling

C profiles, fixed on the ceiling by means of cross-bar/bearer plate

Technical data	
Material	304L (1.4307) stainless steel or equal quality
Suspension points at the plant	2 pc.
Length of suspension	500 mm

incl. 1 feed hopper

Trough cover

Dimensions hopper	
Length	L = 700 mm
Width	W = 600 mm
Height	H = 400 mm

incl. 1 feed hopper

Trough cover

Dimensions hopper	
--------------------------	--

Pos. Qty Description

Length	L = 700 mm
Width	W = 600 mm
Height	H = 400 mm

Wiring of connections on terminal box, incl. cable duct (max. 10m) in Plastic material

Packing of the machine on a palette (unable to resist sea water)

Standard assembly drawing for HUBER machines

Standard installation drawing

1 Automatic feeding of dewatered sewage sludge (HUBER SE)

The sludge is supplied and distributed fully automatically by the HUBER Screw Conveyor Ro8 T. The interface with the customer's supply equipment is a point to which the dewatered sludge is fed continuously.

The HUBER Screw Conveyor Ro8 T transports the sludge and drops it at different points over the full width of the greenhouse. Valves mounted on the bottom side of the screw close or open according to the program steps.

The sludge heaps dropped by the distribution screw are worked into the sludge bed by the sludge turner. The continuous volume flow of the dewatering unit is adjusted to the operation of the turner.

Automatic sludge feeding by the Screw Conveyor Ro8 T has several advantages:

- Due to the encapsulated design of the sludge supply system with distribution screw, the sludge is transported exactly to the planned drop points. Unintentional contamination with sewage sludge is eliminated.
- Due to the even distribution of the sludge over the full width of the greenhouse, the complete area of the drying facility can be used optimally.
- Automatic sludge feeding reduces working time expenditure for plant operation to a minimum.

The constant distribution of the sludge in interaction with the HUBER Sludge Turner SOLSTICE® is ideally adjusted to the mechanical equipment and the drying process. The sludge is supplied in charges of approx. 400l maximum every 15 minutes and processed by the HUBER Sludge Turner SOLSTICE®. It is ensured in this way that the sludge is directly aerated and directly worked into the bed.

Screw conveyor consisting out of a machine trough with plastic liners and transport screw. The machine trough is designed as a rigid edge- and weld construction with multi-segmented covers in a water-proof design. Maximum service life time is ensured by the implemented plastic liners in HDPE-1000. The use of sidelong material downholders guarantees a reliable material transport also with problematic material attributes. The gear drive is flanged to one machine face

Pos. Qty Description

-side, directly coupled with the screw shaft and operable in back and forward direction.

Technical data	
Transport medium	Sludge
Max. throughput	approx. 6 m ³ /h
Transport length	approx. 36971 mm
Total machine length	38001 mm
Installation angle	0 °
Trough diameter	355 mm
Auger construction	pushing/pulling combined
Material screen	304L (1.4307) or equal quality
Weight	approx. 8402 kg
Drive motor	permanent-magnet motor, start type: VFD (Danfoss VLT FC 280 recommended)
Efficiency class	IE3
Performance	P = 4,0 kW
Nominal current	I = 8,0 A
Power factor	cos phi =
Voltage	U = 400 Y V
Frequency	f = 75 Hz
Rotary speed of output shaft	n = 16 min ⁻¹
Rotary speed of motor shaft	n = 1500 min ⁻¹
Protection grade	IP65
Insulation class	F
Ex protection grade	without Ex-protection

Supports included

Additional discharge with electric valve for Solstice only
suspension to traverse beam (scope of supply by greenhouse)
incl. 1 feed hopper
Trough cover

Dimensions hopper	
Length	L = 700 mm
Width	W = 600 mm
Height	H = 400 mm

Packing of the machine on a palette (unable to resist sea water)
Standard assembly drawing for HUBER machines
Standard installation drawing

3 Solar Dryer SRT - 11

Model:

Solar sewage sludge dryer (SRT) for gentle and uniform drying, consisting of the following components:

- Mechanical equipment

Fully automatic turning and transport system with integrated traction drive including driveway with pull chain and all safety devices.

Feeding with: Automatic feeding (HUBER SE)

Sludge removal by: Automatic discharge (customer-provided)

- Greenhouse (HUBER SE)

flaps, windows (HUBER SE)

Ventilation equipment (HUBER SE)

- Electrotechnical equipment

Electrical switchboard and control panel (HUBER SE)

Climate control (HUBER SE)

Energy chain (HUBER SE)

Safety equipment (HUBER SE)

Cable package (HUBER SE)

Advantages:

- Sludge turning and transport over the entire width of the drying hall combined in one work step
- Complete and intensive sludge aeration due to optimized sludge mixing and turning (minimized risk of odour problems)
- High sludge aeration and mixing capacity (volume of sludge moved)
- Intensive sludge turning – each individual sludge grain is moved over a distance of 1.5 m during one sludge turnover cycle
- The end product is grainy and stable, and thus ideal for reuse.
- Targeted backmixing – return of dry granulate without floor contact
- Backmixing of sludge over the entire hall width in one work step (1.5 m³/h)
- Variable speed of the traction drive and double shovel drive to optimally meet specific customer requirements
- Fully automatic operation
- Low maintenance requirements
- Optional automatic sludge removal from the drying hall

HUBER Sludge Turner SOLSTICE® 11

The sludge turner consists of a supporting frame which travels on driveway walls. The sludge is moved by a rotating double shovel installed in the frame. A movable plate which is mounted in front of the double shovel breaks up sludge lumps and regulates sludge transport.

Technical Specification

The sludge turner comes prewired on an electronic connection box and is equipped with a cable boom for the energy chain.

The sludge turner excels for its low-height design and is very stable and robust.

The sludge turner moves, and thus aerates the complete sludge bed over the full width.

<u>Technical data</u>	
Type	SOLSTICE® 11
Dimensions	
Length	L = 11.710 mm
Width	W = 2.888 mm
Wheel base	1.300 mm
Height in the area of the motors	1.667 mm
Height of the cable boom for the energy chain	2.265 mm
Double shovel diameter	1.100 mm
Double shovel length	10.880 mm
Working width of the sludge turner (incl. plate)	10.930 mm
Sludge bed width	11.000 mm
Speeds	
Double shovel speed	0,02 - 0,25 1/s (max. 0,28 1/s)
Travel speed	0,15 - 0,28 m/s (max. 0,36 m/s)
Scraper plate movement	20 mm/s

Mixing capacity

Volume of sludge moved max. 15 m³/min

The working velocity ensures intensive sludge processing.

Material

The complete machine including accessories is made of 304L (1.4307) stainless steel, acid treated in a pickling bath and passivated.

The materials of bearings, drives, chains, etc. is selected to suit specific stress levels.

Corrosion protection of the drives: Synthetic resin primer, nitrocellulose combination lacquer, RAL 5015, 220 µm.

Maximum permissible hydrogen sulphide content in the air: 6 ppm

The complete plant is conforming to EC machinery directive 2006 / 42 EC

- Electrical switchboard and control panel complying with 2006/95/EC (DIN EN 60204-1), 2004/108/EC and EN 60439-1
- and manufactured in compliance with quality standards DIN EN ISO 9001.

Customer-supplied items must comply with applicable country-specific standards, e.g. machinery directive, standards (DIN, EN, ANSI, ...), safety standards GUV, UVV, VDI), e.g. guards, protective equipment against falls from a height, safe accesses to machine, etc.

Standard operating instructions in compliance with EN 82079-1 on CD or in printed form, in German or English language, in triplicate (additional copies available against extra charge).

We expressly point out that maintenance and repair work is only allowed to be carried out on the machine after the machine has been disconnected from the mains!

By default, the machine can only be disconnected via the main switch of the entire system by the operating staff itself.

Only qualified electricians are allowed to disconnect plant components.

Individual drives or system components of the machines can be equipped with repair switches against extra charge.

If the electrical control system is supplied by a third party, the machine controls must be executed according to HUBER's instructions.

Drives

- Traction drive
- Double shovel drive
- Plate drive

The traction drive consists of a frequency-converter controlled gear motor and a shaft which distributes the power equally onto lateral chain wheels which engage with a pull-chain system. The pull-chain system ensures the safe travel of the sludge turner. The bridge is additionally guided by lateral rollers.

Motor data of the traction drive

Quantity	1
Make	Nord or equal
Performance	P = 3,0 kW
Voltage	permanently magnetized synchronous motors – with frequency converter only

The double shovel drive consists of a frequency-converter controlled gear motor and a shaft which distributes the power equally onto lateral chain wheels which engage with a pull-chain system, with protected power transmission above the sludge field, i.e. without any sludge contact, via automatically tensioned chains.

Motor data of the double shovel drive

Quantity	1
Make	Nord or equal
Performance	P = 5,5 kW
Voltage	permanently magnetized synchronous motors – with frequency converter only

The double shovel positions and traction drive positions are measured via the motor technology and the associated controls (frequency converter / PLC).

The scraper plate is mounted in front of the double shovel and vertically adjustable via a lift drive.

Motor data of the scraper plate drive

Quantity	1
Make	Lock or equal
Type	Electro motor
Performance	$P = \text{kW}$
Voltage	$U = \text{V}, f = \text{Hz}$

An ultrasonic level probe is installed to measure sludge height and control the hoist motor of the scraper plate drive.

At the turning device are each a ripcord installed at the front and rear.

The sludge turning unit is equipped with a cross limit switch which limits and secures the driveway.

All lubrication points are easy to access.

The pull-chain system consists of a traction drive chain which is fitted to tension stop blocks. A defined traction chain tension is adjusted with spring assemblies.

Other process-engineering advantages

- Continuously sludge feeding
- The sludge is mixed in and mixed back: No pasty phase problem, quick transfer into a stable condition due to the high drying degree.
- The sludge is granulated: The large surface of the produced sludge granulate accelerates the drying process.
- Even very difficult to treat sludge can be processed since the system ensures the immediate homogeneous distribution of sludge inside the greenhouse.
- The shovel runs very smooth and evenly along the floor, this ensures that the complete sludge is processed.
- The low lateral walls (300 mm high) reduce shadows and consequential losses of solar energy.
- As the sludge is rolled in the shovels compact globular granules are produced.

To minimize the moved line length, an energy chain is used for energy and signal supply from the middle of the greenhouse (fixed point of feeding) up to the moving sludge turner. The use of an energy chain also allows for flexible positioning of the control panel. The energy chain consists of an open cable guide channel made of galvanized steel and an interior chain of hard plastic elements. The chain is pulled and pushed by the HUBER Sludge Turner SOLSTICE®. The chain and cables are suitable for highly dynamic applications.

As the energy chain is installed on only one side of the sludge turner, it is very maintenance-friendly (accessible without auxiliary means) and leaves room for various sludge feeding and removal solutions. As the energy chain is installed at the side of the greenhouse, both the sludge feeding and removal area are freely accessible.

Main features of the energy chain

- Low wear, hardly any surfaces where dust deposits could collect
- Clamping units in front of and behind the chain, PUR cables with strain relief
- Certified to UL, CSA, DESINA, VDE
- Resistant to oil and water and microbiologically resistant, approved for up to 5 m/s and temperatures down to -30 °C

The energy chain system is supplied prefabricated on a drum (equipped with all necessary cables).

Mounting plate for the compact cabinet of the HMI

The mounting plate can be used to suspend the compact cabinet in which the HMI is installed so that the viewing direction to the touch and to the machine is the same (see dimension sheet). It can be attached to a greenhouse support by means of clamping.

Including pre-wiring and documented pre-commissioning per HUBER sludgeturner SOLSTICE, setting of all sensors, FU parameters and testing of the safety devices on the machine

1.3.1 3 Set Cable package without installation material

The cable package includes all cables required for control of the drying plant. Only the energy supply line to the main control panel must be provided by the customer:

- Supply lines to climate sensors, weather station and ventilators
- Supply line from the main control panel to the feed point of the energy chain, all lines in the energy chain and all lines on the sludge turner, including all intermediate terminal boxes and distributors

The cable trays and ductwork required for laying the cables and lines are not included, neither are in-house installations (lighting, power sockets) included as standard.

1.4 1 Greenhouse (HUBER SE)

Drying is achieved through direct sun radiation on the sludge and convection drying with hot air produced inside the greenhouse. The greenhouse is water-tight (rain), stable (snow, wind) and weather-resistant (UV radiation, hail, dew) as provided by the material selected. The films and plates used are light-transmissive. The greenhouse also protects the self-acting mechanical system.

Technical data

|

Total length	$L = 126 \text{ m}$
Total width	$W = 36 \text{ m}$
Footprint	$A = 4536 \text{ m}^2$
Eaves height/ wall height	$h = \text{approx. } 2,5 \text{ m}$
Ridge height	$H = \text{approx. } 4,6 \text{ m}$
Distance of support legs	approx. 2,0 m
Wind load	500 N/m^2
Snow load	250 N/m^2
Other load	$0,07 \text{ kN/m}^2$ (Fans, etc.) technical loads
Applied standard	DIN-11535; NEN-3859

The indicated price refers to the static loads mentioned here. Other loads than those mentioned here may be required at the site. A change of the load leads to a changed construction and thus to a different price of the greenhouse. Important: The verification of the loads regarding their applicability at the site is the responsibility of the purchaser.

The forces that will have to be transmitted into the foundation/concrete on site cannot be specified in detail before the project engineering phase. We can however provide provisional data on enquiry.

Construction

The construction allows for attachment of cable routs (cable tray, brackets, etc.), ventilators.

The construction is of bending resistant, galvanized steel profiles.

A static calculation of the hall is available.

If feeding is to be done by means of a screw or similar in the roof, the static construction for this system has to be provided.

The construction is designed to be drilled onto the customer's strip foundation.

Covering

Clear greenhouse glass FLOAT

Covering gable front with Clear greenhouse glass FLOAT

Ventilation

The gable on the dry granulate side is equipped with a weather protection grating (of at least 6 m^2 per line). The weather protection grating is designed to prevent the ingress of rain water into the greenhouse. The weather protection grating is not electrically controlled.

Ventilators are installed in the outer shell of the greenhouse in the wet sludge section. They transport the saturated air out of the greenhouse into the open.

Gates / doors / windows

Sliding doors in the gable (in case of feeding or unloading with wheel loader): The wings open from the middle and give free half the hall width each. If there are several halls side by side, constructions can be used with doors that are slid one behind the other to ensure the full hall width is open.

All accesses to the greenhouse (doors / gates) have locks.

Each side of the greenhouse has an inspection door to provide for control of the sludge bed and machine maintenance.

If the greenhouse is supplied by a third party, it must be executed according to HUBER's instructions. (Detailed specification on request).

Special notes on greenhouse delivery time

The delivery time of the greenhouse depends on season and business cycle. In some cases, static tests are additionally required due to local regulations. For installation on site, it is important to observe the dimensions required for the foundation and provide for suitable access to the building plot as well as to the installation and storage areas.

1.5 1 Climate control via climate sensors (HUBER SE)

The climate control system ensures optimal drying conditions taking into account safety aspects. Too high and too low temperatures in the greenhouse are avoided to protect the mechanical equipment. The measured climate data are used to calculate the drying potential of the air. The run times of the ventilators and greenhouse ventilation are controlled on the basis of these settings. Condensate production is calculated and limited via greenhouse ventilation so that excessive sludge rewetting is prevented. The water evaporation is optimally controlled via the ventilators with a climate model.

The type of the climate sensors in the HUBER Sludge Turner SOLSTICE® is appropriate for harsh operating conditions (high humidity and pollution).

Measured value	Measuring principle	Unit	Accuracy	Measuring range
Air temperature	Resistance thermometer	°C	+/- 0,3 °C	-30 – +70 °C
Relative humidity	Capacitive sensor	hPa	+/- 2% rH	0 – 100 %

All the climate sensors are carried out in IP 65 or higher.

The weather sensor located outside measures the air temperature, the relative humidity, air pressure and the global radiation. The measured data are transferred with a bus to the control.

Measured value	Measuring principle	Unit	Accuracy	Measuring range
Air Temperature	Resistance thermometer actively radiation case	°C in aerated, protected	+/- 0,2 °C – (-20 °C – 50 °C); otherwise +/- 0,5 °C	-50 – +60 °C

Relative humidity	Capacitive sensor	% rH	+/- 2% rH	0 – 100 %
Air pressure	Capacitive sensor	hPa	+/- 0,5 hPa	300–1200 hPa
Global radiation	Pyranometer	W/m ²	5%	0–1400 W/m ²

incl. assembly set for compact weather station consisting of a cross beam and two pairs of screw thread clamps

Design of the climate sensor in the greenhouse:

- Ammoniac-resistant
- Resistant to contaminated air
- Measuring range: 0 to 100% of relative air humidity
- Measuring range: -30°C to +70°C air temperature

incl. clamp for climate sensor inside

1.6 1 Ventilating fan (s) (HUBER SE)

Recirculation air ventilators are installed on the supply air side and in the middle of the greenhouse at an angle of approximately 30° to 50° to the dryer surface. Due to the turbulences generated on the sludge surface the moisture in the sludge can pass into the air. The air is routed to the exhaust air side. Above the wet sludge feeding area a higher number of circulation air ventilators are installed to further fill the air with moisture so that it is optimally saturated when it is discharged from the system.

For discharge of the saturated air exhaust air ventilators are installed on the gable end of the greenhouse. A ridge flap can optionally be used in place of exhaust air ventilators.

Note: An optional exhaust air plant includes its own exhaust air ventilators.

Ventilation control combined with climate sensors and ventilators generate an optimal drying climate inside the greenhouse. Protection against condensation prevents remoistening of the sludge. The drying potential of the air has an influence on the operating cycles of the sludge turner and on the run time of the ventilators.

If the ventilating fan is supplied by a third party, it must be executed according to HUBER's instructions. (Detailed specification on request).

Exhaust air ventilator

High efficient sturdy axial fan, balanced

Technical data	
Ventilator quantity	9
Type	axial ventilator
Make	EBM Pabst or equal
Air flow duty point approx.	22000 m ³ /h
Sound pressure level inlet side	73 dB (A)
Min. permissible ambient motor temperature (storage/in service)	-40°C/-25°C
Max. permissible ambient motor temperature (storage/in service)	80°C/70°C
Diameter	800 mm
Weight	ca. 46 kg
Rated power	P = 1.4 kW
Power duty point approx.	P = 1,1 kW
Current at the duty point	I = 2,8 - 1,9 A (50 - 60 Hz)
Voltage	U = 400 - 480 V
Frequency	f = 50 - 60 Hz
Nominal rotary speed	n = 850 - 1090 min ⁻¹
Protection grade	IP 54

Fan can be operated in undervoltage (360 V).

For country-specific requirements or approvals, we reserve the right to supply adapted, construction-similar fans.

Circulating air ventilator

High efficient sturdy axial fan, balanced

Technical data	
Ventilator quantity	24
Type	axial ventilator
Make	EBM Pabst or equal
Air flow duty point approx.	22000 m ³ /h
Sound pressure level inlet side	73 dB (A)
Min. permissible ambient motor temperature (storage/in service)	-40°C/-25°C
Max. permissible ambient motor temperature (storage/in service)	80°C/70°C
Diameter	800 mm
Weight	ca. 46 kg
Rated power	P = 1.4 kW
Power duty point approx.	P = 1,1 kW
Current at the duty point	I = 2,8 - 1,9 A (50 - 60 Hz)
Voltage	U = 400 - 480 V
Frequency	f = 50 - 60 Hz
Nominal rotary speed	n = 850 - 1090 min ⁻¹

Protection grade | IP 54

Fan can be operated in undervoltage (360 V).

For country-specific requirements or approvals, we reserve the right to supply adapted, construction-similar fans.

1.9

1 Specification of safety equipment

The safety concept for the HUBER Sludge Turner Solstice® conforms to the current legislation of the machinery directive and the associated standards.

The equipment operator gains the security to use a plant technology which reliably meets the legal requirements.

When we developed the safety concept, all life cycles of the machine were investigated to identify the related hazard sources. All potential hazard sources have been minimized to a level that ensures that the machine does not present a risk for the plant operator and operating staff if operated properly.

Unmistakable warning signs are attached at all entrances into the transparent thermo shell (greenhouse), pointing to the hazards that may arise from the system. The signs are made of weather-proof plastic material and can be glued onto the lamination of the greenhouse or optionally screwed on if the surface is uneven. A reading distance of 6 m is ensured by the size of the signs (200 mm).

The greenhouse is locked and the operating area of the HUBER Sludge Turner Solstice® additionally secured by electric access control elements. If someone walks into the room where the sludge turner can move, the machine is switched off.

- In the front section where the dewatered sludge is fed into the greenhouse, a light grid is mounted onto an adjustable stainless steel bracket. Daily visual inspection can take place without switching off the system.
- The gates where the dry sludge is discharged are monitored by non-contact safety switches.

During machine set-up (maintenance) it is necessary to watch the machine from a close distance even while it is moving. An enabling switch is therefore provided.

The enabling switch is connected to the machine on one covered (protected) power socket. Features of the enabling switch:

- spiral cable (1 m rolled – 5 m unrolled) – cable protected against abrasion
- protection class IP 67, 3-position enabling button switch (centre position = release signal)
- ergonomic design, only one hand needed for operation via rocker switch

In practice, the use of the functional components of the safety systems described above does not hinder the daily work on the plant. The operator is reliably protected against potential causes of accident.

1.10 1 HUBER Automatic discharge screw conveyor

The dried sludge is removed by a HUBER Screw Conveyor Ro8 T installed in the ground.

The feed hopper of the screw conveyor extends over the full width of the sludge bed. For safety reasons, the feed hopper can/must be covered with grates by the customer. Depending on the specific plant design, it may be necessary that the grates have the load-bearing capacity to cope with vehicle traffic.

The HUBER Sludge Turner SOLSTICE® drops the dried sludge into the conveyor. The screw and hopper have the capacity to temporarily store several charges of sludge dropped by the sludge turner. If the volume of dried sludge exceeds the capacity of the screw and hopper, the sludge turner transports the excess sludge back into the sludge bed. The system is robust with extremely low maintenance requirements.

The HUBER Screw Conveyor Ro8 T discharges the dried sludge in doses precisely at a specific point. Additional downstream conveying units can be installed.

Sludge removal and transport starts according to the settings selected by the plant operator. The control system can be configured to adjust it optimally to the requirements of the downstream conveying units and to the specific operating conditions.

<u>Technische Daten</u>	
Transport medium	Dried Sludge
Max. throughput	approx. 6 m ³ /h
Transport length	approx. 36000 mm
Total machine length	approx. 34900 mm
Installation angle	$\alpha = \text{ca. } 0^\circ$
Trough diameter	355 mm
Auger construction	pushing
Material screen	1.4307 (304L) or equal quality
Weight	m = approx. 2500 kg
Drive motor	permanent-magnet motor, start type: VFD (Danfoss VLT FC 280 recommended)
Efficiency class	IE3
Performance	P = 5,5 kW
Nominal current	I = 11,3 A
Power factor	cos phi =
Voltage	U = 400 D V
Frequency	f = 50 Hz
Rotary speed of output shaft	n = 9,7 min ⁻¹
Rotary speed of motor shaft	n = 1500 min ⁻¹
Protection grade	IP65
Insolation class	F
Ex protection grade	ohne Ex-Schutz

Incl. supports

Packing of the machine on a palette (unable to resist sea water)

Standard installation drawing

1.11

1 HUBER Screw Conveyor Ro8 T 355 13500

Screw conveyor consisting out of a machine trough with plastic liners and transport screw. The machine trough is designed as a rigid edge- and weld construction with multi-segmented covers in a water-proof design. Maximum service lifetime is ensured by the implemented plastic liners in HDPE-1000. The use of sidelong material downholders guarantees a reliable material transport also with problematic material attributes. The gear drive is flanged to one machine face -side, directly coupled with the screw shaft and operable in back and forward direction.

The machine screw is made of stainless steel with a central shaft for an optimum torque distribution alongside the total machine length. This design ensures maximum running smoothness without screw corrosion.

All components in touch with the medium are made of stainless steel (except fittings, drives and bearings), and acid-treated in a pickling bath. Maximum permissible hydrogen sulphide content in the air: 6 ppm

The complete plant is conforming to EC machinery directive 2006 / 42 EC

- Electrical switchboard and control panel complying with 2006/95/EC (DIN EN 60204-1), 2004/108/EC and EN 60439-1
 - and manufactured in compliance with quality standards DIN EN ISO 9001.
- Customer-supplied items must comply with applicable country-specific standards, e.g. machinery directive, standards (DIN, EN, ANSI, ..., safety standards GUV, UVV, VDI), e.g. guards, protective equipment against falls from a height, safe accesses to machine, etc.

Standard operating instructions in compliance with EN 82079-1 on CD or in printed form, in German or English language, in triplicate (additional copies available against extra charge).

We expressly point out that maintenance and repair work is only allowed to be carried out on the machine after the machine has been disconnected from the mains! By default, the machine can only be disconnected via the main switch of the entire system by the operating staff itself.

Only qualified electricians are allowed to disconnect plant components.

Individual drives or system components of the machines can be equipped with repair switches against extra charge.

If the electrical control system is supplied by a third party, the machine controls must be executed according to HUBER's instructions.

Technical data

Transport medium

Sludge

Max. throughput	approx. 6 m ³ /h
Transport length	approx. 12470 mm
Total machine length	13500 mm
Installation angle	30 °
Trough diameter	355 mm
Auger construction	pulling
Material screen	304L (1.4307) or equal quality
Weight	approx. 2990 kg
Drive motor	Asynchronous motor
Efficiency class	IE3
Performance	P = 2,2 kW
Nominal current	I = 4,6 A
Power factor	cos phi = 0,8
Voltage	U = 400 V
Frequency	f = 50 Hz
Rotary speed of output shaft	n = 20,0 min ⁻¹
Rotary speed of motor shaft	n = 1450 min ⁻¹
Protection grade	IP65
Insulation class	F
Ex protection grade	without Ex-protection

Supports included

pivoted discharge chute, for discharge of the separated material into a customer provided container or another treatment unit.

<u>Technical data</u>	
Material	stainless steel 304L (1.4307) or equal material
Length	2500 mm

incl. 1 feed hopper

<u>Dimensions hopper</u>	
Length	L = 700 mm
Width	W = 600 mm
Height	H = 400 mm

Wiring of connections on terminal box, incl. cable duct (max. 10m) in Plastic material

Packing of the machine on a palette (unable to resist sea water)

Standard assembly drawing for HUBER machines

Standard installation drawing

for drive control up to

Wiring of connections on terminal box, incl. cable duct (max. 10m) in

2 Electrical engineering

2.1 Electrical control system SRT

overvoltage protection for weather station

Control panel for SRT

Control panel in compliance with UVV and VDE standards complete with all components required for fully automatic operation of all consumers of the sludge turner and climate control system (if supplied by HUBER SE, see further below), including switch on/off of individual drives via function keys on the control unit and additionally display of operating hours, operating messages, fault messages and run times.

Provides the control functions that are required for operation of the sludge turner including auxiliary drives.

A wiring diagram in German or English is supplied as part of the Operation Manual.

Additional and customised electrical equipment can be supplied. The supply of additional or customised equipment according to modified specifications will be charged extra on a time and material basis. Changes in the power of the specified drives will affect also the scope and/or size of the electrical equipment required.

Electrical switchboard and control panel

One field frequency converter and a control panel each (panel dimensions 600 x 600 x 210 mm, W x H x D) are mounted on the HUBER Sludge Turner SOLSTICE®. In this control panel, the CPU is installed that controls the movement of the machine. The control panel is provided with a local load disconnecting switch for maintenance purposes.

As the field frequency converters are installed in the intermediate vicinity of the drives, they can provide the required power supply in an optimally adapted way.

The frequency converters and all other electrical components are designed to durably withstand the ambient conditions of a solar sewage sludge drying plant and are characterized by their low maintenance requirements.

A transmission terminal box is provided upstream of the energy chain for voltage supply and communication. In addition, a manageable switch is installed for regulation of the data traffic.

The HMI (operator unit) is mounted in a compact control panel with wall holders for installation on the gable wall where the dewatered sludge is fed. The particular HUBER Sludge Turner SOLSTICE® is to be monitored and controlled from the HMI installation place outside the operation area of the machine.

An emergency stop push button is installed on the compact control cabinet (wet side) and in the building (dry side).

Feeding of the plant takes place from a central point in a superordinated control cabinet. This control cabinet

- ensures the energy distribution per line,
- collects and distributes weather data,

- contains the outgoing feeders for the individual ventilators,

For details of space requirements and installation spaces, refer to the dimension sheet of the control panels.

Deviations from this specification can be offered as options.

All control panels installed have the following design features:

Control panel make	Rittal or equal quality
Network configuration	TN-C-S
Neutral conductor	is loaded
Protection grade	IP 54 and IP 65 on the sludge turner
Automation	Siemens or equal quality
Operation	Siemens or equal quality
Material	painted steel, RAL 7035
Model	form 1

Ambient conditions basically according to IEC 60204-1 (marking in compliance with DIN EN 81346):

Ambient temperature	+5°C to +40°C (max. 50°C for control panel on sludge turner)
Maximum temperature inside the control panel	+50°C
Air moisture	50% rel. air moisture at 40°C, noncondensing
No contact with	aggressive or corrosive gases, explosive atmosphere, ionizing and non-ionizing radiation, dusts, acids, lye, salts
Protected against	direct effects of the weather, such as rain or sunlight

Message exchange

In each line:

- 1x collective fault operation
- 1x collective fault

Exchange of messages to the customer in case of customer-provided automatic discharge

Messages to the customer per line:

- 1x S4 dry sludge distributed

Messages from the customer per line:

- 1x S7 dry material conveyor ready

Including mounting material for the control panel

Electrical plant control and operation

The group structure of the navigation menu with clear text and illustrations provides for intuitive operation, visualising all information about the machinery and climate control system.

Monitoring of the complete plant is provided on the start display where updated measurements and the current program step are displayed.

The following information is displayed for example:

- Traction drive and shovel drive load
- Position of the HUBER Sludge Turner SOLSTICE® in the greenhouse
 - Shovel and plate position
 - Climate data inside and outside the greenhouse
 - Operating statuses of the actuators

The program checks the parameters entered for the machinery and climate control system and indicates the effects of parameter changes.

The HUBER Sludge Turner SOLSTICE® operates in 24/7 automatic mode, processing the sludge bed. Various parameters can be freely programmed in the electrical system, such as the sludge bed area to be processed or sludge turner speed and residence times, to control sludge bed height and sludge transport through the greenhouse. The dryer can also be adjusted to varying drying capacities in summer and winter.

The sludge bed height as well as air temperature and humidity are measured by probes on the machine and displayed on the touch screen. The visualisation system shows the sludge bed height along the length of the greenhouse as a graph that allows to know about the sludge bed height development at a single glance.

The program meets the following standards:

- Automatic control technology, limit value control of analog measurements and feeler control (wire breaking, short circuits)
- Remanent storage of operating times of all equipment units and major climate and machine data
- User rights for parameter levels to prevent parameters are changed unintentionally
- Management of all fault and alarm messages
- Manual operation level for maintenance work: all drives can be controlled individually and separately.
- A parameter management system allows for storage and preconfiguration of parameters by climatic conditions ('recipe management')

Additional components:

Excess voltage protection for automation device (PLC) and control voltage (24V DC)

Control transformer for different voltages
 Control panel light without socket 230V
 Socket with fuse protection 230 V
 1 pc. Remote control via internet provided by customer, via Ethernet cable or SIM-Card for LTE or UMTS lead to the control panel
Interface provision for a customer-supplied bus connection by means of Ethernet or Profibus DP in switch systems for Sludge or Membrane Plants
 Data provision for the superior control system without start-up
 Frequency converter SRT for drive control up to 5.5 kW
 Mounting bracket for BUS cable
 Mounting bracket for BUS cable
 Frequency converter HUBER Sludge Turner SOLSTICE® for drive control up to 11 kW
 9 x control panel extension for electrical protection of one ventilator loading part blower 400 V
 Direct start up to 2 kW
 24 x control panel extension for electrical protection of one ventilator loading part blower 400 V
 Direct start up to 2 kW
Control system for automatic sludge feeding

Potential-free contacts for sludge request and release are used as interface to the customer's sludge flow;
 for the control of one or several distribution screws and their valves. The rotary speed of the screw is adjusted via frequency converter specifically for each project to achieve the optimal fill level in the screw and keep wear as low as possible.
 If a plant consists of several lines, it is freely selectable which line to feed. The electrical control system uses a set of parameters for valve operation depending on the selected line, thus ensuring permanent flexibility for plant operators.
 Compressed air supply by customer
 Control panel extension per electric valve with end position
 Frequency converter Sludge feed for drive control up to 5.5 kW

2.2 Electrical control system Ro8 T

1 x control of additional transport device e.g. belt or screw conveyor (max. 4 kW)
 1x motor 400VAC up to 4kW (DOL)
 Field of application:
 - Sludge plant: discharge of thick sludge > start depending on the start of the sludge plant with programmable follow-up time
 - Preliminary treatment: as downstream unit > start depending on screen drive with programmable follow-up time

Additional components:

Control panel extension for soft acceleration: For a smooth and gentle start of the drive motor

2.3 Electrical control system Ro8 T

3 x control of additional transport device e.g. belt or screw conveyor (max. 4 kW)
 1x motor 400VAC up to 4kW (DOL)

Field of application:

- Sludge plant: discharge of thick sludge > start depending on the start of the sludge plant with programmable follow-up time
- Preliminary treatment: as downstream unit > start depending on screen drive with programmable follow-up time

Control panel extension for soft acceleration: For a smooth and gentle start of the drive motor

2.4

1 Control panels in stainless steel (304)

Extra charge for the execution of the superior control in AISI 304 instead of steel plate painted

Make: Rittal

Type: TS8

Protection class: IP55

Material: V2A [1.4301]

Quantity of the fields: 1

Dimensions: 800x2000x600mm

* stainless steel control cabinet base H=200mm

Extra charge for the execution of the control systems in the greenhouse in AISI 304

1x turnover control cabinet

Control cabinet size W x H x D = 600 x 600 x 210 mm

V2A [1.4301]

1x local control cabinet operator device

Control cabinet size W x H x D = 600 x 600 x 210 mm

V2A [1.4301]

1x transfer chamber

Control cabinet size W x H x D = 300 x 380 x 210 mm

V2A [1.4301]

2.5

3 UPS for PLC 30min

Extra charge for a UPS for turnover control cabinet

Sitop UPS for 3A load current (PLC) up to
 Maximum 30 min bypass time

Note:

For the UPS a larger control cabinet is required (760x600x210mm).

Extra charge for a UPS – plant in the main control cabinet

Sitop UPS

maximum 30min bypass time

3 1 Transport, Installation, Start-up INTERNATIONAL

3.1 1 Delivery CFR (Incoterms 2010) Santos/Brasil

Delivery of the complete purchased parts

10 x 40 ft OT container in gauge (for the Greenhouse)

8 x 40 ft Box Container (for the SOLSTICE + equipment + screws)

Amount of containers is based on the current information.

In case of further demand, additional containers will be charged separately.

3.2 1 Installation

3.2.1 1 Supervision mechanical installation Solstice SRT 11

Supervision for mechanical installation of one SRT line (English language): for max. 17 working days, 10 working hours/day, one visit.

- Helpers to be provided on site: min. 5 skilled (!) technician (mechanical and electrical) per line, over the entire service supervision
- Lifting devices (crane, forklift etc.) for lifting the turner on the driveways to be provided by the customer
- Required tools have to be provided by the customer (necessary tool list will be sent by HSE)

The costs include food, lodging and flight costs. Traveling time will be charged like working time.

Delays and needed extra days of Supervision due to reasons for which HSE are not responsible will be charged with 1.1188,00 €/day

Additional needed extra travel costs will be charged on daily prices

Local transportation, tools, scaffolding etc. translation to English or German to be provided by the contractor.

3.2.2 1 Supervision electrical installation Solstice SRT 11

Supervision for electrical installation of one SRT line (English language): for max. 24 working days, 10 working hours/day, one visit.

- Helpers to be provided on site: min. 4 skilled (!) technician (mechanical and electrical) per line, over the entire service supervision
- Lifting devices (crane, forklift etc.) for lifting the turner on the driveways to be provided by the customer

- Required tools have to be provided by the customer (necessary tool list will be sent by HSE)

The costs include food, lodging and flight costs. Traveling time will be charged like working time.

Delays and needed extra days of Supervision due to reasons for which HSE are not responsible will be charged with 1.1188,00 €/day

Additional needed extra travel costs will be charged on daily prices

Local transportation, tools, scaffolding etc. translation to English or German to be provided by the contractor.

3.2.3 1 Supervision Installation Greenhouse

One Service Technician by Sub-Supplier of greenhouse (English language) - for max. 8 weeks (5 working days per week), 10 working hours/day, one visit.

Contractor has to provide minimum 6 skilled(!) mechanical technicians, lifting devices and tools during the whole supervision!

Local transportation, tools, scaffolding etc. and appropriate hotel to be provided by the contractor.

Delays and needed extra days of Supervision due to reasons for which HSE are not responsible will be charged with 780 €/day

Additional needed extra travel costs will be charged on daily prices

3.3 1 Commissioning

3.3.1 1 Comissioning SRT

Commissioning of:

1x screw convayor from dewatering to the greenhouse Ro8T

1x automatic feeding screw convayor

3x HUBER Solstice with the related equipment like process fans

1x automatic discharge screw convayor

1x screw convayor from the automatic discharge screw up to the (customer supplied) containers

By a commissioning engineer (English language) - for max. 18 working days, 10 working hours/day, one visit.

- Helpers to be provided on site: min. 2 skilled (!) workers, requirement profile = electrician and mechanic, over the entire service commissioning

All electrical installation, cabling and termination to be finished by the contractor prior to this activity!

The costs include food, lodging and flight costs. Traveling time will be charged like working time.

Delays and needed extra days of commissioning due to reasons for which HSE are not responsible will be charged with 1.188,00 €/day.

Additional needed extra travel costs will be charged on daily prices.

Local transportation, tools, scaffolding etc. translation to english or german to be provided by the contractor.

Exclusions:

- Civil works & engineering
- Air Supply and compressor for pneumatic valves (if any)
- Rainwater drainage & Rain/Sun protection (like covers, roofs, etc.)
- Control room
- Air conditioning systems to protect controls, computers, etc.
- Transport and unloading at site
- On site storage
- Cranes or heavy machinery
- Any pipes, piping work and related valves
- Any cable trays or cabling at site (no cabling material included)
- Containers
- Water supply to the different equipment
- Power supply
- Walkways and operator platforms
- Customs and delivery to site
- Spare parts
- Exhaust air treatment
- Extra costs (storage costs at harbour, extra loading, extra transport costs etc.)
- Grating/grates
- Lighting
- Non-Destructive test procedures e.g. X-ray, Ultrasonic, colour permeation processes etc.
- Non-Standard certificates for machinery and parts like e.g. motors, VFD's etc.
- Review or creation of test protocols according to local legislation
- Acceptance tests at factory
- inspection of construction/civil works by surveying company/consultant
- Documentation in national language or other translations – contract language
- English
- lightning protection
- grounding
- additional cost due to safety reasons in the region
- access protection plant and plant-safety concept
- performance test
- Special packing (eg. seawater suitable packing)

We reserve the right for alteration of this specification as far as it does not impair the quality and function of quoted items.

Services and interfaces for solar sewage sludge drying to be provided by the customer

This document provides explanations on the safety concept and describes the services and items which are not included in the scope of this offer and have to be provided or performed by the customer.

AN	Contractor	Huber SE
AG	Client	Customer

1. General

1.1. Generally, the plant builder is responsible for plant safety, i.e. he issues a new declaration of conformity for the plant after start-up. Even if equipment start-up and operating staff instruction are carried out by the contractor, this will not release the customer from his duty to prepare a safety concept and take care that this concept is implemented.

1.2. The contractor has elaborated a safety concept and supplies all components which are required for equipment labelling and electrical control. These items must be ordered in the purchase contract. This safety concept may be modified or supplemented by the customer if necessary. If the safety concept provided by the contractor is implemented to its full extent, the plant is deemed to be safe in terms of the machinery directive. The safety concept is described in detail further below and must be considered and included already in the planning and execution phase of every project.

1.3. Measures such as extinguishing devices, lightning arrestors, building drainage systems, locking systems, as well as ensuring plant operation through well-instructed operating staff, are the duty of the customer.

1.4. All working drawings for the customer's structural parts require the contractor's approval. If an installation drawing has been ordered for the erection of the plant, the local construction work must comply with the specifications in the installation drawing.

1.5. Not included is the ready-for-start-up notification that is required to begin with the plant start-up work. The customer must not issue the ready-for-start-up message before all trades which are necessary for start-up have been completed in the required quality. In case of uncertainty, the contractor will be available at any time to provide information.

1.6. The required quality of the construction measures is specified in more detail in the dimension sheet. Upon request, the contractor provides the customer with measurement reports which allow to prove the required structural tolerances. (The measurement reports must be filled in by the customer.)

1.7. All required authority approvals, industrial and building permits and their costs are not included in the offer.

1.8. All costs and expenses incurring in connection with approvals and safety-related checks and plant approval by a state-authorised company and the authority – should these be required – are not included. Requested emission measurement and recurring measurements performed by test bodies or authorities are not included.

- 1.9. All initial fillings, operating media and consumables are not included.
- 1.10. All according insurances (such as theft insurance, etc.) required for plant operation are not included.

2. Safety concept

Depending on the scope of the offer, HUBER SE supplies all the components required for the safety concept presented here, or only a part. The security concept presented here can be replaced by an equivalent safety concept.

2.1. The safety equipment for all access ways (double-leaved gates, sliding gates and doors) includes the attachment of warning signs which are legible at all times (even when the gates/doors are open). Lateral maintenance doors and gates / doors in the sludge removal area / dry sludge area are always locked.

2.2. Gates (on the dry sludge side) are equipped with a safety switch for a circuit disconnecter (emergency stop) (non-contact safety switch). Light grids are installed in front of the sludge feeding area which cannot be bypassed. If/when someone walks into the operating area of the SOLSTICE® – whether in front of, at the side or behind the machine – the complete plant including the automatic supply and removal equipment stops (even if several SOLSTICE® units are in use).

2.3. The following applies to the sludge feeding area of drying plants where several SOLSTICE® units are installed (≥ 2 units): a.) When the light barrier of one drying line is activated, the complete plant including all drying lines and all peripheral equipment stops; b.) As an alternative to a.) only that drying line can be stopped which has been entered, providing the SOLSTICE® sludge turner has been driven into a safe home position before (to be ensured through the use of a safe position switch / limit switch) and a protective grating (fence) is installed from the light barrier in the sludge feeding area in longitudinal direction of the greenhouse directly up to the machine in home position. The fence should be designed to prevent that someone climbs over or under it or can reach through it and must meet the requirements of the country-specific standards for the height and mesh size of fences (the fence is not included in the scope of supply). If the machine is not driven into the safe home position and the light barrier is actuated, the complete drying plant including its peripheral equipment will be stopped.

2.4. Push buttons at the entrances: The main entries are equipped with an emergency stop (circuit disconnecter – push button). Safety equipment on the machine: rope pull switches are mounted on both long sides of the SOLSTICE®. When the emergency stop is operated, the complete plant will stop.

2.5. The detailed specifications provided in the programming description, product documentation and dimension sheet must be observed. The installation place, logical sequence and organisational measures are described in these documents.

2.6. The safety concept differentiates between the life cycles of use (automatic mode) (VAB) and maintenance & repair (WINST). It is generally not allowed to enter the sludge turner(s) while the machine(s) operate(s) in automatic mode. To adjust the machine (IBN), the

machine can be moved via the enabling button which also offers an operation possibility to move the machine. The enabling button can be connected in power sockets on the sludge turner.

2.7. A safety concept for test operation must be prepared in writing for IBN. The following organisational matters must be clarified beforehand: Appoint a responsible supervisor during the test phase, define and assign duties, assess hazards and risks, define hazard areas and mark them, define protective measures and verify their effectiveness, brief and commission employees, ensure that first aid and escape routes are available, define switching authorities, permanent availability and recognition among all employees, check that the employees are adequately qualified. During test operation or commissioning, warning signs for "test operation" (in the local language) have to be mounted on the access ways. An alarm horn with extended waiting time until the machine start (15 seconds) is mounted (only in automatic operation mode).

2.8. When the plant is handed over to the customer, the safety-technical aspects are explained to the customer and the customer confirms that he has been briefed accordingly by signing a special document. The customer receives one copy of this document, a second copy is archived at HUBER SE.

3. Structural parts, building, hall, external plant

3.1. All structural work, such as earthwork, foundations, depressions, recesses; pits, wall / roof / ceiling breakthroughs; painting work, chiselling and bricklaying work, concrete work, finished parts installation, work on the building and existing structures and their professional insulation are not included.

3.2. Customer-supplied drawings including construction planning and structural design are not included.

3.3. Technical construction and building of the foundation and substructure is not included.

3.4. Stormwater drain line and sewer junctions are not included.

3.5. All necessary infrastructural measures, such as access roads, signs, turning options, etc. to ensure trouble-free plant operation are not included unless expressly mentioned in the offer.

3.6. Windows, doors, gates including locking systems, etc. for the plant (switch and control rooms, access to dryer, access to outdoor premises, etc.) are not included, unless expressly specified in the offer.

3.7. Water connections (fresh water, service water, wastewater) up to the consumer or production places are not included.

3.8. Some plant parts come with a first coat of paint. All additional paint works must be provided by the customer.

3.9. The thermo-shell / greenhouse, if provided by the customer, must be tight and weather-resistant and meet the requirements as defined in the installation drawing. (Requirements concerning cable routes and ventilators, opening flap in one gable side, automated ridge ventilation, feed gates, etc.)

4. Electrical equipment

- 4.1. Base line and trunk line for on-site electro-technical equipment to be supplied by the customer.
- 4.2. Electrical infrastructure for building technology and personal protective equipment, e. g. power sockets, lighting, safety systems, dust protection, fire protection systems (e.g. gas warning systems), dust protection, fire protection systems (including delivery of all material and devices etc. required) is not included, unless expressly specified in the offer.
- 4.3. Electrical infrastructure for the external plant, e. g. power sockets, lighting, safety systems, warning instructions, sets of light (including delivery of all material and devices etc. required) is not included, unless expressly specified in the offer.
- 4.4. Earthing and potential equalisation of the whole plant and plant parts is the duty of the customer. The metal construction (greenhouse) must be professionally earthed by customer (foundation earth electrode realized as mesh) in accordance with IEC 62305-4 (lightning protection) / IEC 60364-5-54 (Erection of low-voltage systems). All posts of the greenhouse must be connected to this mesh network. A mesh size for grounding of approx. 12m x 20m (according to the width of the sludgeturner and the grid size of the greenhouseposts) must not exceeded. The connections provided in the control cabinets for equipotential bonding must be connected on site with a main equipotential bonding. The proof of the low resistance for the protective earth conductor has to be provided by the customer according to the initial test and retesting of machines according to IEC 60204-1 safety of machinery.
- 4.5. Electrical energy supply to the drying plant consisting of supply cable to the main control cabinet including installation systems and protection of cables to be supplied by the customer.
- 4.6. In the case of connection / data transmission to an existing control station: Wiring between the offered electrical control plant and the respective remote station is not included. Appropriate cable identification systems must be used to mark the cables on both sides as specified. Some customers also use radio transmission solutions.
- 4.7. The following climatic conditions must be ensured at the installation place of the switchboard and control cabinet:
- | | | | | |
|---|---|---|----|----|
| Temperature range: | 0 | – | 35 | °C |
| Humidity: | max. 80 % relative humidity at 35 °C (non-condensating) | | | |
| Atmosphere: | inflammable, non-corrosive, dust-free | | | |
| Protection against direct weather impact, such as rain water. | | | | |
- 4.8. At the installation place of the electrical control cabinet an internet connection must be provided fully functioning at the time of plant start up.
- 4.9. Electrical voltage supply to the drying plant, consisting of: short-circuit protection and line disconnecter in the customer's low voltage distribution board
Power supply: TN-C-S mains, 380 V - 460 V, 50/60 Hz, 5-wire feed
- 4.10. If a wattless current compensation plant is required, this is not included.
- 4.11. The drives on the drying plant can be operated via frequency converters in the range of 20 – 120 Hz. This must be considered when selecting the design of fault current protection devices.

5. Heat technology

- 5.1. Floor heating not included.
- 5.2. Hot water lines including insulation not included.
- 5.3. Pump for heat carrier not included.
- 5.4. If heat is introduced from the system *Heat from treated wastewater* by means of a heat pump. Pipelines between the heat pump and treated wastewater and back to be provided by the customer if requested, pipeline with insulation.)

6. Services and items to be provided by the customer during plant installation and start-up

- 6.1. Scaffoldings or ladders to be provided by the customer.
- 6.2. Lifting devices / truck-mounted crane for unloading the supplied plant and plant installation. Additional installation aids, if required, to be provided by the customer.
- 6.3. During the test and start-up phase and during the acceptance test the customer must ensure the availability of sufficient sludge. The sludge must be homogenous and of the specified minimum quality.
- 6.4. For the installation, commissioning and startup of the systems, a sequential sequence is scheduled without interruption. If no or insufficient sludge is available, the commissioning will be completed regularly and the intended acceptance procedure will be carried out with functioning automatic operation. With proven automatic operation, the acceptance cannot be denied due to lack of sludge.
- 6.5. During plant installation and start-up, power supply (230 VAC /16 A and 400 VAC /32 A) with sufficiently near connection points as well as water and wastewater supply are required, and sanitary facilities and recreation facilities for fitters must be provided by the customer.
- 6.6. Sufficient heating must be provided in case of winter work.
- 6.7. Free, unhindered access to the site must be ensured during plant installation.
- 6.8. A sufficiently large, paved storage and pre-installation space and crane standing area must be provided by the customer.
- 6.9. Disposal of residual material of any kind in connection with the scope of supply and services is the duty of the customer.
- 6.10. Sufficient, protected and lockable storage space for different primary materials has to be provided.
- 6.11. Sufficient, lockable construction site trailer / site office container for the HUBER installation and start-up personnel to be provided by the customer.
- 6.12. It is the customer's duty to ensure free trafficability of transport ways for transport, heavy duty vehicles and lifting vehicles up to their application site.
- 6.13. Lab analyses and examination of the media flows generated for the period of plant installation and start-up must be provided by the customer, if necessary.

7. Interfaces of the HUBER scope of supply

7.1. Sludge characteristics, minimum requirements

7.1.1. Homogenous sludge from the specified sources complying with the minimum requirements specified below.

7.1.2. Free of disturbing matter > 8 mm diameter.

7.1.3. Free of pollutants, such as hazardous or toxic materials (e.g. toxic, flammable, radio-active, corrosive or explosive materials).

Free of lime to stabilize and improve the suitability for storage. Lime-stabilized sludges can only be treated in specifically designed plants that are suitable for this purpose.

7.1.4. If, in the course of plant operation, substantial changes in the sludge properties occur (such as in dewatering degree, organics content, etc.), the installation of additional plant components or modification of the process may become necessary.

7.2. Advanced exhaust air treatment

7.2.1. Because of system-inherent features, exhaust air treatment is normally not required if stabilized municipal sewage sludge is treated. In the case of difficult-to-treat sludge direct automated feeding from the sludge dewatering unit is recommended. (Refer to separate optional offer.) If intermediately stored, the sludge changes into an anaerobic phase and may therefore cause odour problems. Fresh dewatered sludge does normally not smell. If odorous substances are contained within the sewage sludge, the dryer cannot convert them but the drying system is designed to prevent odours.

7.2.2. If odour annoyance should occur nevertheless, the customer (AG) shall bear the costs for retrofitting an exhaust air treatment system.

General Terms and Conditions as per 01.03.2019

§ 1 Scope

(1) These Terms and Conditions shall apply to the contracts concluded between you (=Orderer) and us (=Supplier), HUBER SE, Industriepark Erasbach A1D-92334 Berching, unless explicitly agreed otherwise through a written agreement between you and us. Divergent or conflicting terms and conditions will not be recognized unless we have explicitly agreed to them.

(2) If any amendments are made to these Terms and Conditions, you will be notified in writing, by fax or email. If you make no objection to an amendment within four weeks of notification, the amendments shall be considered accepted. In case of amendments to the Terms and Conditions, you will additionally be informed separately of your right of objection and the legal consequences of remaining silent.

§ 2 General

(1) Any details on weight, dimensions, holding capacity, price, performance, etc. contained herein are approximations only. They shall only become binding if referenced explicitly in the contract.

(2) The machinery and equipment will be installed or fitted (mounted) in accordance with our Terms and Conditions of Installation, which are part of the General Terms and Conditions.

§ 3 Embargos and Export Restrictions

Shipments and services (the fulfilment of contract) shall be subject to any national or international regulations, particularly export control regulations and embargoes or any other restrictions. The contract partners shall obligate themselves to provide all information and documentation needed for the export. Delays caused by export checks or approval procedures shall override any lead times or deadlines stipulated. If any required approvals for certain items cannot be obtained, the contract shall be considered as not concluded regarding the items in question; because of this and of above mentioned transgression of deadlines, any related claims for damages shall be excluded.

§ 4 Terms and conditions of installation

(1) The Orderer is responsible for maintaining traffic safety at the installation site. They must make it possible for the Supplier to perform the installation without accidents. This includes following all relevant work safety and accident prevention regulations.

(2) You are required - at your own cost - to do the following:

- a) arrange to allow for unobstructed execution of installation work at the site;
- b) provide electricity, water, heating, lighting and tie-in points and, if necessary, compressed air, technical gases and chemicals;
- c) provide the necessary number of assistants for the necessary amount of time, as required for installation;
- d) provide any scaffolding and other structures necessary for installation;

- e) complete all excavation, construction and site installation work before start of equipment installation;
- f) provide all the necessary fixtures, heavy tools and commodities and, if need be, PCs prepared in accordance with specified requirements and ready to operate;
- g) provide lockable rooms for storing the tools and clothing of the site personnel, as well as suitable washing facilities;
- h) transport the assembly parts to the installation site, protect the assembly parts and materials from damage of any kind;
- i) provide other types of support to our installers to assist with installation, to the extent objectively necessary.

(3) The Customer must ensure that installation work can start as soon as the site personnel arrive and can progress without delay until the acceptance stage. The assistants provided by the Customer are required to follow the instructions of our representatives.

We assume no liability for the assistance or for the assistants.

(4) Any kind of statements made by our installers shall only be considered binding if confirmed by us in writing.

(5) After installation work is completed or in case of extensive hours worked at the end of a pay week, the Customer must sign off on the work performed using the installation certificates provided. Any advances paid by the Customer for installation work must be indicated on the installation certificates.

§ 5 Conclusion of contract, language of contract

(1) The illustrations of the goods are non-binding and subject to change. This still applies, even if we have entrusted the Buyer with catalogues, technical documentation (e.g. drawings, layouts, calculations, references to DIN standards), other product descriptions or documents – including in electronic format – to which we reserve property rights and copyrights.

(2) A purchase order placed by the Buyer shall be considered a binding contract offer. Unless stipulated otherwise in the order, we shall be entitled to accept this contract offer within three weeks of receipt.

(3) The offer can either be accepted in writing (e.g. with an order confirmation) or by dispatching the goods to the Buyer.

(4) The language offered for the conclusion of contract is German only. Translations into other languages are intended for your information only. In case of discrepancies between the German text and the translation, the German text takes precedence.

§ 6 Prices, payment terms

(1) The purchase price shall be paid according to the following payment schedule:

- 30% upon receipt of order confirmation,
- 60 % once the Orderer has been notified that the main components are ready for dispatch,
- the remainder within one month of transfer of risk

(2) Payments shall be made via bank transfer. Our bank details are as follows:

- Hypovereinsbank Neumarkt
- BIC HYVEDEMM460
- IBAN DE30 7602 0070 0005 0084 09.

(3) In the absence of a special agreement, the prices shall be considered FCA (“free carrier”) as per § 6 (3) of this contract. In case of deliveries within Germany, prices are additionally subject the statutory rate of sales tax. Intra-EU and third country deliveries are exempt from sales tax. We reserve the right to charge the statutory rate of sales tax separately if we do not receive a corresponding confirmation of arrival within 45 days of the invoice date.

(4) If, following the conclusion of contract, it becomes apparent that our claim for payment is at risk due to a lack of solvency, or if you default on a payment or if other circumstances arise which indicate a substantiation reduction in solvency, we reserve the right to demand immediate payment of any claims arising from the transaction in progress which are not yet due, to demand advance payment or sufficient security and to withhold performance until our requirements are met or optionally to withdraw from the contract.

§ 7 Retention of Title

(1) The goods shall remain our property until payment is received in full. If you are in default for over 10 days, we are entitled to withdraw from the contract and to reclaim the goods.

(2) You are entitled to resell the goods under retention of title in the ordinary course of business. In this case, however, you must immediately assign to us all receivables from such a resale in the amount of the invoice value of our claim, regardless of whether this occurs before or after the processing of the goods delivered under retention of title. Notwithstanding our right to collect the claims directly, you shall still be entitled to collect the claim, even after it has been assigned. In this context, we agree not to collect the claim directly, if and to the extent that you fulfil your payment obligations, no application for insolvency or similar proceedings have been filed against your assets and payments have not been suspended. If the aforementioned claims exceed 10%, we shall be obligated to release the securities upon your request, at our discretion.

(3) In case of a violation of contract on the part of the Orderer, particularly in case of late payment, after a reminder, we are entitled to reclaim the item of delivery, and the Orderer is obligated to surrender the item. The enforcement of the retention of title, as well as the garnishment of the item of delivery by the Supplier shall not be considered a cancellation of contract.

§ 8 Terms of delivery

(1) We shall deliver the goods in accordance with the agreements made with you. In the absence of any conflicting agreements, the following terms and conditions apply. Applicable shipping fees are included in the product description and listed separately on our invoice. Delivery terms and delivery dates are only binding if they have been confirmed by us in writing. If shipping has been agreed, delivery dates and deadlines refer to the time of transfer to the forwarding agent, freight carrier or other third party transport provider.

(2) If we do not provide delivery of the goods or do not provide it as stipulated in the contract, you must extend the delivery deadline for an appropriate period of time. Otherwise, you shall

not be entitled to withdraw from the contract. It is agreed that an extended deadline of four weeks shall be considered appropriate.

(3) The Supplier must deliver the goods to the freight carrier or other party designated by the Buyer at the agreed drop-off point at the designated location, at the agreed time or within the agreed period of time.

(4) Delivery has been completed:

a) if the designated location is the Supplier's premises, once the goods have been loaded onto the means of transport provided by the Orderer.

b) in all other cases, once the goods are made available to the freight carrier or other party designated by the Buyer on the Seller's means of transport, ready for unloading.

(5) If the Orderer has not specified a particular drop-off point at the designated delivery location and there are multiple potential drop-off points, the Supplier can select the most suitable drop-off point for the delivery.

(6) Unless the Orderer informs the Supplier otherwise, the Supplier can hand over the goods for transportation in the manner appropriate for the volume and/or type of goods.

(7) The Supplier is not liable for failure to deliver or for delivery delays if this occurs due to force majeure or other events which could not be foreseen at the time the contract was concluded (e.g. operational malfunctions of all kinds, difficulties in procuring materials or energy, transport delays, strikes, legal lockouts, shortage of labour, energy or raw materials, difficulties in procuring the necessary permits from the authorities, official actions or failure to deliver or late delivery on the part of our suppliers) for which the Supplier is not responsible. If such events make it severely difficult or impossible for the Supplier to provide the goods or services and the disruption is not temporary, the Seller shall be entitled to withdraw from the contract. In case of temporary disruptions, the delivery or performance terms shall be extended, or the delivery or performance deadlines shall be postponed by the duration of the disruption, plus a reasonable lead time. If, as a result of the delay, the customer cannot be reasonably expected to accept delivery, they can withdraw from the contract upon the immediate submission of a written statement to the Seller.

(8) In the case of sale by dispatch, the risk of accidental destruction and accidental deterioration of the goods shall pass to the Orderer upon delivery of the article to the forwarding agent, freight carrier or other person or institution designated to perform the shipment. This also applies for delivery by instalments or if we have undertaken to provide other services (e.g. shipping or installation).

(9) If the dispatch or handover is delayed as a result of circumstances for which you are responsible, the risk passes to you on the day on which the item of delivery is ready for dispatch and we notify you accordingly. In addition, you will bear the storage costs resulting from any such delays.

(10) The delivery time shall be defined by the agreements concluded between the contracting parties. Adherence to the delivery time assumes that all commercial and technical issues between the parties have been resolved and you have met all your obligations, e.g. provided the necessary official certifications and approvals or made a down payment. If this is not the case, the delivery time shall be extended accordingly.

§ 9 Supervision and acceptance

(1) If the contract includes an explicit provision stipulating the Orderer's right of supervision, then they shall be entitled to monitor and test the quality of the materials used and of the parts produced, during and at the end of manufacture. The monitoring and testing shall take place by prior appointment at the factory. (2) If you deem certain materials or parts of the delivery items to be defective, all objections must be justified in writing.

(3) In the absence of any conflicting agreements, parts testing shall be carried out in accordance with general practice in the relevant branch of industry in the country of manufacture.

(4) The Supplier must inform the Orderer in a timely fashion, so that the latter can arrange for their representatives to participate in the testing, at their own expense. If the Orderer is unable to send a representative, then the Supplier shall provide them with a test report, which is assumed to be accurate. The Orderer shall have the opportunity to dispute its accuracy with provision of evidence.

(5) If acceptance procedures are to take place, the purchase is considered accepted if

- the delivery has been completed and, if the Supplier has also undertaken to provide installation/fitting, installation/fitting work has been completed,
- the Seller has informed the customer of this, while indicating that the work has been notionally accepted, and has requested for the customer to accept the work,
- twelve working days have elapsed since the delivery or installation, or if the Orderer has started using the item of delivery (e.g. commissioned the delivered plant) and, in this case, six working days have elapsed since the delivery or installation/fitting and
- the Orderer has failed to accept the work within this period for any reason other than a defect which has been indicated to the Supplier and which makes the item of delivery impossible to use or significantly impacts its use.

§ 10 Guarantee

(1) If the goods supplied are defective, you are entitled, within the scope of the legal provisions, to rectification and namely to have us either correct the defects or supply a replacement free from defects. It is our right to choose the method of rectification. Should we fail to rectify the work, you shall be entitled to reduce the purchase price or, if the legal prerequisites are met, to withdraw from the contract. As a prerequisite for any warranty rights, you must comply in full with all examination and defect notification obligations as per § 377 HGB (German Commercial Code).

(2) The warranty period for warranty claims regarding the goods supplied is twelve months from receipt of goods (except in case of claims for damages).

(3) In particular, we cannot be held liable in the following cases: unsuitable or improper use, improper installation or commissioning by the Orderer or by third parties, natural wear and tear, incorrect or negligent treatment, inadequate maintenance, inappropriate operating equipment, faulty construction work, unsuitable building ground, medium or environment characteristics lying outside of the acceptable thresholds for the contractually stipulated materials, chemical, electro-chemical or electrical influences – unless the Supplier is responsible.

(4) If the Orderer attempts to rectify the goods inappropriately, the Supplier cannot be held liable for the consequences. The same applies to modifications made to the item of delivery without the consent of the Supplier.

§ 11 Limit of liability

(1) We assume liability in cases of willful intent or gross negligence. Furthermore, we assume liability in cases of negligent breach of obligations which, if not met, render proper performance of contract impossible, obligations which, if not met, jeopardize the purpose of the contract and obligations which, as a customer, you can generally count on being met. In the last-mentioned case, however, we assume no liability for foreseeable damage typical of the given type of contract. We assume no liability for slightly negligent breach of obligations other than those mentioned in the preceding clauses.

(2) The preceding liability exclusions do not apply in case of injury to life, limb and health. Liability under the Product Liability Act shall remain unaffected.

§ 12 Use of software

(1) The Orderer shall be accorded a non-exclusive right to use the supplied software in conjunction with the use of the goods. The software may not be used on more than one system.

(2) The Orderer shall not be entitled to make copies of the software except for the purpose of use in accordance with § 10 (1) or for back-up purposes.

(3) The Orderer may only transfer their rights to the software to a third party if at the same time title to the relevant product (particularly a hardware product) is transferred to such third party and the Orderer does not retain any copy of the software.

(4) The Orderer may not remove manufacturer information – particularly copyright notices – or make any other modifications without the prior express written consent of the Supplier.

(5) Property rights and copyrights over layouts, technical documents, samples, cost estimates, drawings and similar material or immaterial information shall be retained exclusively by the Supplier. Without the Supplier's consent, the Orderer may not use, copy or reproduce such materials or make them to available/accessible to third parties.

(6) We are not obligated under any circumstances to disclose the source code of the software.

(7) We are also not obligated to disclose the programming to you.

§ 13 Final provisions

(1) Amendments and additions to these Terms and Conditions must be made in writing. This shall also apply to the requirement that amendments and additions be made in writing.

(2) This document shall be construed under the laws of the Federal Republic of Germany, to the exclusion of UN commercial law (CISG).

(3) The place of performance, as well as the exclusive place of jurisdiction for all disputes arising from or in connection with this agreement shall be the registered office of HUBER SE.

(4) If any individual provisions of these Terms and Conditions are invalid, this shall not affect the validity of any other provisions of this contract. To replace the invalid provision, the parties shall negotiate a mutually satisfactory legally valid provision which most closely corresponds

to the commercial intent and purpose of the invalid provision. The foregoing provision also applies to any loopholes.

APÊNDICE 1: Questionário estruturado à ETE de São José do Rio Preto

- A. Qual o seu nome, qual a sua formação e qual sua função?
- B. Quando a ETE iniciou sua operação? Hoje, qual o seu efetivo?
- C. Qual é a população atendida pela ETE? Qual a ordem de grandeza do custo anual de operação da estação?
- D. Qual a vazão de efluente que adentra a ETE? Esse valor é constante?
- E. Qual é o processo de tratamento do lodo?
- F. Qual o processo empregado para o deságue do lodo primário?
- G. Qual a quantidade anual do lodo desaguado? Qual o teor desse lodo seco?
- H. Houve tentativas operacionais de elevar esse teor? Se sim, qual foi o teor atingido? Se não, quais foram os fatores que impediram de operar nessa faixa de teor mais elevado?
- I. Houve ou ainda há o interesse em acrescentar à jusante do atual processo que gera o lodo desaguado algum outro desaguador de lodo de modo a atingir-se um lodo ainda mais seco? Se sim, qual o processo adicional que foi identificado/escolhido?
- J. Há uma cotação para a aquisição deste equipamento?
- K. Qual é o custo da coleta, transporte e descarte do lodo hoje adotado pela ETE? Qual o custo do kWh hoje em prática para o consumo de energia elétrica por parte da ETE?

2: APÊNDICE 2: Questionário estruturado à Abetre

A. Sobre o Funcionário

1. Qual seu nome e qual sua formação?
2. Cargo que exerce na empresa e há quanto tempo o exerce?
3. Teve experiência anterior no setor ou provém de um outro setor da indústria?

B. Sobre a Associação

4. Quando a associação foi formada? Quantos membros possui?
5. Poderiam ser dados exemplos de membros para que compreendêssemos melhor que tipo de empresas são as que tratam os resíduos e os efluentes?
6. As empresas que lidam com o rejeito do lodo são empresas que transportam o lodo E ao mesmo tempo o descartam (em aterros sanitários) ou predomina empresas que oferecem ambos os serviços separadamente?
7. Qual a abrangência da participação da associação junto ao mercado de transporte e descarte de lodo doméstico no âmbito nacional?

C. Competitividade

8. No seu entendimento, qual o grau de competitividade do setor no Brasil?
9. Para o setor quais são os fatores fundamentais em competitividade?
10. A competitividade é diferenciada entre as empresas que oferecem os serviços combinados e aquelas que oferecem os serviços individualmente (transporte apenas e descarte apenas)?
11. Na sua opinião a competitividade entre as três atividades (transporte, descarte, transporte e descarte) pode ser transferida entre as atividades? A transferência tem ocorrido?
12. Se a transferência de competitividade tem ocorrido, como ela se dá? Se, não, por quê?
13. Quais são as competências necessárias para ser bem sucedido no mercado de transporte de lodo?
14. Quais as competências necessárias para ser bem sucedido no mercado de aterros sanitários?
15. No seu entendimento estas competências necessárias a ambos mercados individualmente se somam quando se trata de uma empresa que disponibiliza transporte e descarte? Ou há competências comuns a ambos os mercados?

D. Transporte de lodo

16. Quais os parâmetros que afetam a composição de custos para o transporte de lodo?

17. Há um preço médio que possa ser adotado como referência (em R\$/km rodado, por exemplo)? O preço médio tem variação significativa de região para região do Brasil?
18. Estes parâmetros (da questão 16.) podem ser classificados por ordem de relevância? Relevância sendo o grau em que um parâmetro mais afeta o custo.
19. Uma ETE pode ser ampliada para acompanhar o crescimento populacional e, consequentemente, a produção de lodo aumentaria; demandando, assim, mais transporte do lodo. Este aumento pode acarretar a redução de custo do transporte? Digamos no médio e longo prazo, uma vez que no curto prazo a relação comercial entre ETE e a transportadora deve estar atrelada a um contrato que fixa preços e duração.
20. O reajuste de preços é anual? Atrelado a algum índice econômico? Qual a duração média de um contrato para o transporte de lodo.
21. Suponhamos o inverso, que haja uma maneira de se reduzir a geração de lodo a ser transportado, isto poderia acarretar o aumento/diminuição do custo do transporte?
22. Como poderia ser comparado o mercado de transporte de lodo a outros mercados de transporte? Quais as peculiaridades deste mercado foco de nosso estudo?

E. Aterros sanitários

23. Quais os parâmetros que afetam a composição de custos para o descarte do lodo?
24. Há um preço médio que possa ser adotado como referência (em toneladas descartadas, por exemplo)? O preço médio tem variação significativa de região para região do Brasil?
25. Estes parâmetros (da questão 23.) podem ser classificados por ordem de relevância? Relevância sendo o grau em que um parâmetro mais afeta o custo.
26. Uma ETE pode ser ampliada para acompanhar o crescimento populacional e, consequentemente, a produção de lodo aumentaria; demandando, assim, mais espaço para o descarte do lodo em aterros sanitários. Este aumento pode acarretar a redução de custo do descarte? Digamos no médio e longo prazo, uma vez que no curto prazo a relação comercial entre ETE e o aterro sanitário deve estar atrelada a um contrato que fixa preços e duração.
27. O reajuste de preços é anual? Atrelado a algum índice econômico? Qual a duração média de um contrato para o descarte de lodo?
28. Suponhamos o inverso, que haja uma maneira de se reduzir a geração de lodo a ser descartado, isto poderia acarretar o aumento/diminuição do custo com aterros sanitários?
29. Quais as peculiaridades do mercado de aterros sanitários?