

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HELEN NATALY DA COSTA

**ESTUDO DE CASO: SECADOR DE RESÍDUOS COMO UMA ALTERNATIVA DE
TECNOLOGIA PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS**

CURITIBA

2017

HELEN NATALY DA COSTA

**ESTUDO DE CASO: SECADOR DE RESÍDUOS COMO UMA ALTERNATIVA DE
TECNOLOGIA PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em MBA em Gestão Ambiental, no Curso de Pós-Graduação do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. M.Sc. Jean Carlos Padilha

CURITIBA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

HELEN NATALY DA COSTA

ESTUDO DE CASO: SECADOR DE RESÍDUOS COMO UMA ALTERNATIVA DE
TECNOLOGIA PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Monografia apresentada como requisito parcial à para obtenção do grau de Especialista no Curso de MBA em Gestão Ambiental, Setor de Ciências Agrárias, do Departamento de Economia Rural e Extensão da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. (Prof^a) Titulação (Dr. ; Dra. Msc.) XXXXXXXXX
Departamento XXXXXXXX, INSTITUIÇÃO

XXXXXXXXXXXXX Prof. (Prof^a) Titulação (Dr. ; Dra. Msc.) XXXXXXXXX
Departamento XXXXXXXX, INSTITUIÇÃO

Prof. (Prof^a) Titulação (Dr. ; Dra. Msc.) XXXXXXXXX
Departamento XXXXXXXX, INSTITUIÇÃO

Curitiba, 02 de Setembro de 2017.

Dedico este trabalho as pessoas
mais importantes da minha vida: A Deus,
a minha mãe Maria Helena,
a minha irmã Nilda e ao meu
sobrinho Erick.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o mentor de tudo. Sem minha fé em ti com certeza eu não seria nada.

A minha mãe, por sua dedicação, amor e paciência. Por sempre me apoiar em minhas decisões e se fazer presente mesmo distante. Obrigada pelas suas orações e principalmente pelo seu amor.

A minha irmã e meu sobrinho. Minha irmã que sempre me ensinou que a melhor forma de se alcançar qualquer objetivo é através dos estudos. Uma pessoa que sempre me motivou e incentivou a continua-los. A meu sobrinho, por ser minha motivação pessoal e alegria nos momentos de desespero.

Aos meus amigos, simplesmente por serem os melhores amigos do mundo. Obrigada por aguentarem minhas angústias e pela paciência no dia-a-dia.

A minha tia Dorinha, meu tio Misael, meus primos Anderson, Rafaela e Alisson, pela disponibilidade e paciência nas logísticas dos encontros presenciais, obrigada por serem uma excelente família.

A BO Paper e aos seus funcionários, pela abertura em realização do presente trabalho, seu comprometimento, profissionalismo e ética.

“Tudo posso naquele que me
fortalece.”
(Filipenses 4:13)

RESUMO

A destinação adequada de resíduos sólidos industriais tem se tornado um grande desafio para diversos ramos de fabricação. Atualmente existem muitas alternativas para reciclagem ou reaproveitamento de resíduos sólidos industriais, porém, muitas vezes estas alternativas acabam sendo inviáveis devido ao grande volume de geração de tais resíduos. O presente estudo aborda uma alternativa para reciclagem de resíduos específicos gerados na produção de papel revestido de baixa gramatura. O estudo foi conduzido em uma indústria de papel revestido de baixa gramatura, localizada no município de Arapoti no estado do Paraná. O estudo tem como objetivo descrever o processo de secagem de resíduos através do secador de leito fluidizado, visando à obtenção de um produto final para geração de energia térmica. Resíduos gerados no processo produtivo denominados Lodo ETE, Fibra TMP e Massa Efluente MP serão submetidos à secagem em um secador de leito fluidizado. Após secagem os resíduos serão utilizados como um combustível alternativo para o próprio equipamento. Os resíduos foram escolhidos devido ao seu alto volume de geração, representando 86% da geração total de resíduos da empresa. Realizou-se análise geral, imediata, de caracterização de resíduos e de poder calorífico inferior e superior em amostras dos resíduos. A avaliação das análises gerais demonstrou que os resíduos possuem a porcentagem de sólidos necessária para serem submetidos à secagem neste tipo de equipamento. Através da análise imediata e de poder calorífico inferior e superior foi possível constatar que os resíduos poderão ser submetidos à combustão no próprio equipamento, após secagem. Os resíduos foram caracterizados como Classe II A – Não Perigoso. Quanto as emissões atmosféricas os resíduos não possuem níveis de contaminantes para o efluente gasoso, sendo que o equipamento possui ainda um sistema de filtragem de poluentes. Através do presente estudo é possível concluir que o secador de resíduos será uma destinação ambientalmente correta e economicamente viável de reaproveitamento dos resíduos Lodo ETE, Massa Efluente MP e Fibras TMP gerados na indústria, sendo que, não há preocupação com a falta de combustível para o equipamento, devido aos mesmos possuírem geração contínua.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Secagem térmica. Fabricação de papel.

ABSTRACT

Proper destination of industrial solid waste has become a major challenge for many manufacturing industries. Currently there are many alternatives for recycling or reuse of industrial solid waste, however, often become unviable due to the large volume of such waste generation. The present study aims to describe an alternative for the recycling of specific waste generated in the production of coated paper of low weight. The study was conducted in a paper industry located in Arapoti in the state of Paraná, Brazil. Describe the process of drying of residues through the fluidized bed dryer, aiming at obtaining an end product for thermal energy generation. Residues generated in the production process denominated Sludge ETE, TMP Fiber and Mass Effluent will be submitted to drying in a fluidized bed drier. After drying the waste will be used as an alternative fuel for the equipment itself. Waste was chosen due to its high generation volume, representing 86% of the company's total waste generation. An immediate, general analysis of waste characterization and lower and upper calorific value was carried out on waste samples. The evaluation of the general analyzes showed that the residues have the percentage of solids required to be dried in this type of equipment. Through the immediate analysis and lower and higher calorific value, it was possible to verify that the residues could be subjected to combustion in the equipment itself, after drying. The residues were characterized as Class II A - Non-Hazardous. Regarding atmospheric emissions, the waste does not have contaminant levels for the gaseous effluent, and the equipment also has a pollutant filtering system. Through the present study it is possible to conclude that the waste dryer will be an environmentally correct and economically viable destination for the recycling of waste ETE sludge, MP Effluent Mass and TMP Fibers generated in industry, and there is no concern about the lack of fuel for the equipment, because they have continuous generation.

Key-words: Solid Waste. Thermal drying. Manufacture of paper.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – CONSTRUÇÃO SECADOR BRHUTHUS LF.....	25
QUADRO 1 – PADRÕES EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS GERAIS AMOSTRA DE LODO ETE E FIBRA TMP.....	27
TABELA 2 – ANÁLISE IMEDIATA DA AMOSTRA DE LODO ETE.....	28
TABELA 3 – ANÁLISE PCI E PCS.....	29
TABELA 4 – DOSAGENS PREVISTAS POR RESÍDUO.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANVISA	- Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Art	- Artigo
CEMA	- Conselho Estadual do Meio Ambiente
CO	- Monóxido de Carbono
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	- Conselho Nacional de Trânsito
ETA	- Estação de Tratamento de Água
ETE	- Estação de Tratamento de Efluentes
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
LTDA	- Limitada
LWC	- <i>Light Weight Coated</i>
MINTER	- Ministério do Estado do Interior
MP	- Máquina de Papel
MP-Total	- Material Particulado Total
MS	- Ministério da Saúde
NBR	- Norma Brasileira
NR	- Norma Regulamentadora
NOx	- Óxidos de Nitrogênio
PC	- Poder Calorífico
pH	- Potencial Hidrogeniônico
PNRS	- Política Nacional de Resíduos Sólidos
PR	- Paraná
PTA	- Preparo de Tintas e Aditivos
SEMA	- Secretária Estadual de Meio Ambiente
SESA	- Secretária da Saúde do Estado do Paraná
SOx	- Óxidos de Enxofre
TMP	- Pasta Termomecânica

LISTA DE SÍMBOLOS

%	- Porcentagem
°C	- Grau celsius
g	- Grama
cm	- Centímetros
kcal	- Quilo caloria
Kg	- Quilo grama
nº	- Número
mg	- Miligrama
Nm ³	- Normal metro cúbico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	FABRICAÇÃO DE PAPEL NO BRASIL.....	15
2.1.1	Origem	15
2.2.2	Panorama Mercado Brasileiro de Papel	15
2.2	IMPACTOS AMBIENTAIS DA FABRICAÇÃO DE PAPEL.....	16
2.3	RESÍDUOS SÓLIDOS	16
2.3.1	Generalidades	16
2.3.2	Classificação.....	17
2.3.3	Legislação Nacional e Estadual	18
2.4	SECAGEM TÉRMICA.....	19
2.5	PODER CALORÍFICO	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	21
3.2	DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INSTALAÇÃO DO SECADOR.....	21
3.3	DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO.....	21
3.4	GERAÇÃO DE RESÍDUOS	22
3.4.1	Lodo.....	23
3.4.2	Massa Efluente MP	23
3.4.3	Fibras TMP	23
3.5	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS	24
3.6	PROJETO SECADOR DE RESÍDUOS	24
3.7	PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL E CONSTRUÇÃO	25
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	27
4.1	RESULTADOS ESPERADOS	27

4.2	ANÁLISES REALIZADAS.....	29
4.2.1	Caracterização De Resíduos	29
4.2.2	Poder Calorífico.....	29
4.3	EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	29
4.4	DOSAGENS PREVISTAS	30
4.5	LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	33
	REFERÊNCIAS.....	34
	APÊNDICE A – GERAÇÃO RESÍDUO POR ÁREA.....	37
	APÊNDICE B – MÉDIA GERAÇÃO DE RESÍDUO POR TIPO	39
	APÊNDICE C – FLUXOGRAMA PROCESSO PRODUTIVO	40
	APÊNDICE D – FOTOS RESÍDUOS	41

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de celulose e papel do mundo. O país ainda vem sendo reconhecido como um importante produtor desta matéria-prima nas últimas décadas. De acordo com Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), o Brasil está em 9º lugar na produção mundial de papel e papelão. (IBEMA, 2016). A crescente demanda por papel aumentou a preocupação com a preservação dos recursos naturais, bem como com a questão de resíduos sólidos associados à saúde pública.

A geração e destinação final de resíduos têm sido temas de grande relevância para a sociedade nos últimos anos. No passado, os resíduos eram apenas descartados, sem considerar o seu potencial de reciclagem ou reaproveitamento. Na maioria das vezes esse descarte ocorria de forma incorreta, poluindo o solo, água, ocasionando danos graves ao meio ambiente, muitas vezes até irreversíveis, afetando inclusive o equilíbrio do ecossistema da região utilizada como depósito de resíduos.

Estudos e tecnologias vêm sendo aplicados ao aproveitamento de resíduos sólidos para diversas finalidades. Muitos resíduos que eram enviados a aterros ou lixões atualmente conseguem ser reaproveitados, através de alternativas ambientalmente corretas. Lodos de ETEs utilizados como fonte de energia, cinzas geradas na combustão para geração de energia sendo usadas na produção de tijolos, compostos orgânicos e beneficiamento de carvão são alguns exemplos a serem citados de tais reaproveitamentos.

Apesar dos resíduos sólidos serem um tema em alta, apresentando progressos e benéficos tanto para os geradores quanto para os destinadores, um estudo realizado pela ABRELPE demonstra que de todo o resíduo gerado em 2015, 7,3 milhões de toneladas de resíduos não foram coletados, sendo destinados de forma incorreta no meio ambiente, ocasionando uma série de problemas ambientais, econômicos e sociais.

1.1 JUSTIFICATIVA

As indústrias de papel geram uma série de resíduos em seu processo produtivo. Alguns destes resíduos acabam se tornando um problema, devido a sua geração contínua e seu volume.

Um das principais dificuldades encontradas na destinação final de resíduos são os custos com relação a sua logística e tratamento. O presente trabalho apresenta uma tecnologia de tratamento e destinação final de resíduos onde o Lodo, Fibras TMP e Massa Efluente MP, provenientes do processo de fabricação de papel na cidade de Arapoti/PR, serão submetidos à secagem através de um sistema de leito fluidizado do Secador de Resíduos da unidade. Os resíduos secos serão utilizados como combustível para alimentação do próprio secador, visando à obtenção de um combustível alternativo com potencial calorífico, tendo como propósito a busca de uma destinação ambientalmente correta e economicamente viável para o empreendimento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Descrever o processo de secagem de resíduos através do secador de leito fluidizado, visando à obtenção de um produto final para geração de energia térmica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever o funcionamento do equipamento bem como características dos resíduos submetidos à secagem;
- b) Diagnosticar as características necessárias para desenvolver um combustível alternativo a partir dos resíduos para queima no próprio secador.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O papel é um dos produtos mais consumidos no mundo e, há séculos, faz parte do cotidiano da humanidade. O Brasil é um importante produtor mundial de papel e, o qual abastece o mercado interno além de exportar produtos principalmente para diversos países. (IBÁ, 2015).

2.1 FABRICAÇÃO DE PAPEL NO BRASIL

2.1.1 Origem

Além da palavra, o homem sempre buscou formas de se comunicar. A comunicação gráfica tornou-se importante uma vez que deixava o registro, fixava a mensagem e não se extinguiu com o tempo. (INDÚSTRIA DE PAPEL PIRAHY,1984). Segundo o autor, o primeiro relato de fabricação de papel foi registrado em 105 a.C., por um funcionário da corte do imperador chinês Chien-ch'u.

No Brasil, a fabricação de papel começou por volta dos anos de 1809 e 1810 no Rio de Janeiro, com a primeira construção de uma fábrica no “Andaraí Pequeno” por Henrique Nunes Cardoso e Joaquim José da Silva. Atualmente o Brasil possui fábricas de papel presentes em vários estados da federação, produzindo diversos tipos de papéis. (INDÚSTRIA DE PAPEL PIRAHY,1984).

2.2.2 Panorama Mercado Brasileiro de Papel

Segundo a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (2016) entre os anos de 2000 a 2015, a produção de papéis no Brasil cresceu cerca de 2,5% a.a., sendo os papéis embalagem e tissue os maiores responsáveis por tal crescimento na indústria brasileira. No Brasil o maior volume produzido refere-se a papéis para embalagens corrugadas. A produção brasileira de papel em 2015 foi de 10,4 milhões de toneladas. Os papéis para embalagens corrugadas são os mais produzidos no Brasil, representando 53% do volume seguido pelos papéis para imprimir e escrever, com cerca de 24%.

Nos últimos dez anos o volume de produção de papel jornal vem se reduzindo ano a ano. O volume de produção de papéis de imprimir e escrever apresenta ainda pequeno crescimento anual de 1,2% a.a. nos últimos 15 anos (ABTCP, 2016).

Apesar das dificuldades enfrentadas pelo setor, o mesmo apresenta grande importância para o mercado brasileiro em virtude de sua participação na economia brasileira, pela geração de impostos e emprego e desta do Brasil através de seus produtos no mercado internacional. (SILVA, M. L. et al., 1998).

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA FABRICAÇÃO DE PAPEL

A produção de celulose e de papel é considerada de suma importância na economia de muitos países, além de trazer diversos benefícios sociais e econômicos para a sociedade. Visto que sua produção é de grande escala, o setor é também um grande consumidor de recursos naturais, como água, energia, fibras vegetais, ocasionando diversos impactos ao meio ambiente. (SILVEIRA, 2010). Segundo a USEPA (2015), os processos de fabricação das indústrias de celulose e papel apresentam intensa poluição com relação ao ar e água.

Os resíduos sólidos gerados pelas indústrias também tem impactos no meio ambiente. A grande maioria dos resíduos gerados podem ser reaproveitados, porém os resíduos considerados como não recicláveis devem ser destinados adequadamente, sendo que a grande maioria são destinado para aterro industrial. Os resíduos sólidos podem ocasionar sérios danos ao meio ambiente caso não sejam armazenados, transportados e destinados de maneira correta. (MIRANDA, 2008).

As indústrias do segmento de papel e celulose são submetidas a níveis significativos de regulamentação ambiental (USEPA, 2015).

2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

2.3.1 Generalidades

O Brasil possui a Lei 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos a qual define as diretrizes relacionadas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Além dos pontos citados a lei aborda questões como a logística reversa de resíduos e a chamada responsabilidade compartilhada sobre o ciclo de vida dos produtos. (FILHO, S. T. et al., 2015).

Resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólidos e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos

nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004).

O Brasil tem conquistado importantes avanços na gestão de resíduos sólidos, porém, deficiências ainda ocorrem, as quais afetam o bem do meio ambiente, da saúde pública e de uma melhor qualidade de vida. (ABRELPE, 2016).

Apesar das legislações serem completas, o grande desafio enfrentado são as irregulares cometidas em todos os âmbitos (urbano, industrial, doméstico) para a destinação dos resíduos em decorrência de problemas sociais e econômicos. (ABRELPE, 2016).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a prática do descarte inadequado de resíduos provoca sérias e danosas consequências à saúde pública e ao meio ambiente. Tais práticas ainda estão associadas a um grande número de famílias que sobrevivem dos "lixões", como fonte de geração de renda, comercializando resíduos recicláveis. (MMA, [20??]).

Em nosso país, além de desvalorizar o seu negócio (ou, até mesmo, inviabilizá-lo) a gestão inadequada de resíduos é crime ambiental e pode acarretar em altas multas e até prisão do responsável. (MAROUN, 2006).

2.3.2 Classificação

Os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas formas, diferenciadas por determinadas características ou propriedades. (ANDREGUETTO, 2011). De acordo com as características físicas, os resíduos podem ser classificados como secos e molhados. Quanto a sua composição química, podem ser classificados em orgânico e inorgânico. Sua origem pode ser domiciliar, comercial, hospitalar, de serviços públicos, industrial, agrícola, entre outros. (KRAEMER, 2005).

Segundo a norma NBR 10004, os resíduos sólidos podem ser classificados também de acordo com a identificação do processo ou atividade de sua origem. (ABNT, 2004). A norma 10004 (2004) classifica os resíduos em classes, sendo os resíduos Classe I considerados como resíduos perigosos e os resíduos Classe II considerados como não perigosos. Os resíduos Classe II são subdivididos ainda em

Classe II A – Não Inertes, apresentar características como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água e Classe II B – Inertes, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente e não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. (ABNT, 2004). Os resíduos Classe I são aqueles que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente. Esses resíduos apresentam uma ou mais das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. (ANDREGUETTO, 2011).

2.3.3 Legislação Nacional e Estadual

A legislação do país está cada vez mais restritiva e os órgãos ambientais mais exigentes. (KRAEMER, 2005). É possível verificar a primeira preocupação com relação ao meio ambiente na Constituição Federal de 1988, onde o Artigo 225 ressalta que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”, sendo que o Artigo 225, § 3º estabelece que: “As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados” (BRASIL, 1988).

A legislação aplicável aos resíduos sólidos busca regulamentar a forma de coleta e destinação, de acordo com a origem, em todos os níveis hierárquicos da federação. (ANDREGUETTO, 2011). Ainda segundo ANDREGUETTO (2011), as legislações ambientais com relação aos resíduos sólidos são estabelecidas visando prevenir contaminações ambientais em decorrência do armazenamento e disposição final incorreta de no meio ambiente.

Na Lei Federal 12.305/10, a qual institui Política Nacional de Resíduos Sólidos, a reciclagem é uma das ações prioritárias do princípio da hierarquia na gestão de resíduos. (ABRELPE, 2016). O Paraná por sua vez possui uma Política Estadual de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei 12.493/99, a qual estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos

sólidos no Estado do Paraná. (BRASIL, 1999). A legislação em questão tem como objetivo controlar a poluição do Estado do Paraná, evitando possíveis contaminações ambientais e minimizando os impactos ambientais causados pela incorreta destinação de resíduos. (BRASIL, 1999).

2.4 SECAGEM TÉRMICA

Secagem térmica é a operação destinada á remoção de um líquido agregado a um sólido, para um meio gasoso insaturado através da vaporização térmica. Nesse processo, a vaporização ocorre em uma temperatura inferior aquela de ebulição do líquido na pressão do sistema (DAVID, A., 2002).

O processo de secagem térmica pode ser definido como: “O processo de remoção de substâncias voláteis (umidade) de um material seja ele sólido ou líquido, pela existência de uma diferença de gradientes de umidade e de temperatura entre o meio do qual a umidade é removida para o meio para qual é transferida” (LOBATO¹, 2011 *apud* CRISPIM, 2015).

Segundo Andreoli (2001) os sistemas de secagem térmica podem ser classificados em dois grandes tipos: secadores de contato direto e secadores de contato indireto. Os secadores de contato direto são aqueles em que o material fica diretamente em contato com o ar aquecido. Já os secadores de contato indireto necessitam de uma placa trocadora de calor, a qual irá intermediar o calor do ar aquecido para o material.

Com relação ao lodo, a operação de secagem térmica é uma alternativa para a diminuição de peso e volume, com conseqüente diminuição dos custos de transporte e disposição final. A secagem térmica ainda elimina os microrganismos patogênicos presentes no lodo (JUNIOR, 2008).

2.5 PODER CALORÍFICO

Através do poder calorífico de determinado material, pode-se avaliar se a queima será sustentada (LEE, E. S. H.; SANTOS, F. J., 2011). O poder calorífico

¹ LOBATO, Livia Cristina de Silva. **Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores UASB tratando esgoto doméstico**. 184 f. Tese (Doutorado Engenharia Sanitária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

superior é aquele em que a água formada no processo de combustão é condensada. (BRIANE, D; DOAT, J.², 1985 *apud* QUIRINO, 2005). Já o poder calorífico inferior é a energia disponível por unidade de massa de combustível após as perdas da evaporação da água (JARA³, 1989 *apud* QUIRINO, 2005).

² BRIANE, D; DOAT, J. **Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois.** Aix-em-Provence, ÉDISUD, 1985. 180p.

³ JARA, E.R.P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989. (Comunicação Técnica, 1797)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é caracterizada como descritiva. De acordo com Gil (2002), as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. Com base nos procedimentos técnicos utilizados a pesquisa é caracterizada como documental. A pesquisa documental é muito parecida com a pesquisa bibliográfica. A diferença principal está na natureza das fontes. A pesquisa bibliográfica utiliza contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, já a pesquisa documental considera informações de materiais que não receberão ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa. (GIL, 2002).

3.2 DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INSTALAÇÃO DO SECADOR

O secador foi implantado em uma empresa localizada na região sul do Brasil, no estado do Paraná. A empresa é fabricante de papel revestido e calandrado de baixa gramatura (LWC), sendo a única na América Latina.

3.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

As toras de madeira oriundas de reflorestamento entram através do pátio de madeira, onde são descascadas através de atrito no tambor descascador e após seguem para o picador, onde são transformadas em cavacos. Toda madeira transformada em cavacos é classificada em peneiras e segue para os silos de armazenagem distintos, sendo parte destes cavacos queimados para geração de vapor nas caldeiras e o restante enviado para fabricação de pasta termomecânica (TMP). A pasta é misturada com a celulose, e posteriormente encaminhada à máquina de papel para a fabricação do papel base, o qual é posteriormente revestido no coater através da aplicação de tinta. Em seguida o papel é calandrado, transformado em bobinas, embalado e encaminhado à expedição, estando a partir daí pronto para comercialização.

Várias áreas da empresa realizam o suporte a áreas da organização. A área de Preparo de Tintas e Aditivos (PTA) tem a função de receber, preparar e armazenar os aditivos, para utilização na Máquina de Papel e para o preparo da tinta com posterior utilização no revestimento no Coater. A caldeira distribui vapor para a TMP, máquina de papel, coater, supercalandras e PTA. A organização ainda possui a Estação de Tratamento de Água (ETA), garantindo o abastecimento da fábrica tanto para uso industrial como para consumo pessoal. O tratamento realizado é a clarificação, um processo de remoção de sólidos suspensos através de coagulação, floculação, sedimentação (ou decantação) e filtração. A organização também realiza o tratamento de todo efluente recebido do processo de fabricação e esgoto sanitário da fábrica, através da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). O efluente passa pela lagoa de aeração seguindo para decantadores e sistema de lodo ativado.

O Apêndice C apresenta o fluxo do processo de fabricação de papel destacando os pontos de maior geração dos resíduos.

3.4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Produções em grandes escalas geram resíduos de acordo com sua proporção. Para a produção de papel, diversos resíduos sólidos são gerados em suas etapas de fabricação, sendo que em algumas etapas essa geração é contínua. O gerenciamento de resíduos foi implantado na organização em 2008 visando prevenir e evitar impactos ao meio ambiente. É realizado o acompanhamento de todos os resíduos gerados na indústria, onde foram definidas e implantadas diretrizes relativas às práticas de gestão de resíduos industriais a serem adotadas por toda área fabril, definindo a sistemática para identificação, segregação, manuseio, coleta, acondicionamento, movimentação interna, armazenamento temporário, tratamento e disposição final dos resíduos gerados pela organização.

A indústria gera anualmente uma média de 37.038,12 toneladas de resíduos sólidos, entre resíduos recicláveis, resíduos não recicláveis e resíduos específicos do processo (Apêndice B). Do total gerado os resíduos: Lodo ETE, Massa Efluente MP e Fibra TMP representam 86% do total gerado. Tais resíduos apresentam o maior volume de geração devido a sua geração ser contínua no processo, sendo uma geração média/dia de 74 t, 2 t e 13 t respectivamente. O lodo ainda representa

a maior geração que a indústria possui atualmente, representando 72% da geração total.

3.4.1 Lodo

O tratamento de efluentes da fábrica gera em média 80 t/dia de lodo biológico. O Lodo ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) é originado do adensador lodo biológico, o lodo primário e a espuma dos decantadores primário e secundário do 1º e 2º estágio do tratamento, onde são bombeados para o tanque adensador, cuja finalidade é diminuir a quantidade de água presente no meio provocando o “engrossamento” do lodo. O lodo adensado ao atingir a consistência, é retirado do tanque através de bombeamento, sendo encaminhado para o tanque de estocagem do lodo para posteriormente seguir para as prensas de lodo. O lodo prensado é recolhido em caçambas. (Apêndice D).

3.4.2 Massa Efluente MP

A Massa do Efluente da Máquina de Papel (MP) é um efluente gradeado (sólidos grosseiros presentes no efluente industrial) que segue por gravidade para o conjunto de peneiras estáticas, onde são retidos os sólidos que passaram pelo gradeamento mecânico e as fibras de menor tamanho provenientes da fabricação de papel (Apêndice D).

3.4.3 Fibras TMP

As Fibras TMP (Pasta Termomecânica), são geradas no processo de fabricação de pasta termomecânica, onde sólidos grosseiros presentes no efluente industrial, seguem por gravidade para o conjunto de peneiras estáticas, onde são retidos os sólidos que passaram pelo gradeamento mecânico e as fibras de menor tamanho. Ao longo da operação das peneiras há certo acúmulo de resíduos como: cavacos, serragem e fibras nas caçambas, havendo a necessidade da retirada das mesmas para disposição final (Apêndice D).

O licor presente neste processo passa por um pré-tratamento antes de se juntar ao efluente da máquina de papel e sanitário para tratamento conjunto, devido a características indesejáveis ao sistema biológico. Após a retirada dos sólidos

grosseiros, o licor segue para os tanques de armazenamento, onde é bombeado para um trocador de calor onde sofre uma redução considerável de temperatura. Antes de entrar no clarificador, o mesmo recebe dosagens de polímero e de sulfato de alumínio para floculação e coagulação.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

A caracterização de resíduos foi realizada com base na NBR 10.004. A análise classifica os resíduos em Classe I – Perigosos, Classe II – Não Perigosos sendo que os resíduos Classe II podem ser Classe II A – Não Inertes e Classe II B - Inertes.

3.6 PROJETO SECADOR DE RESÍDUOS

O presente projeto refere-se à Linha de secagem BRUTHUS LF. A linha de secagem é formada pelo secador BRUTHUS LF, gerador de calor, filtro mangas e um painel de comando.

Os resíduos com teores variáveis de umidade, provenientes de um sistema de desaguamento, é descarregado dentro de uma moega de carga e alimentado no secador de lodos BRUTHUS LF. O conjunto alimentador possui um mecanismo de dispersão capaz de garantir uma secagem rápida e homogênea, bem como uma granulometria ideal para o posterior aproveitamento do material no gerador de calor.

Os gases quentes provenientes do gerador de calor são injetados para o interior do secador juntamente com os resíduos, promovendo uma eficiente troca térmica. O controle de temperatura do gerador de calor tem como referência a temperatura dos gases de combustão. O sistema é projetado para obtenção da melhor relação massa de substrato/ar, e para manutenção das temperaturas operacionais entre 500-750°C.

O controle de temperatura no secador BRUTHUS LF é efetuado mediante a dosagem de ar ambiente no circuito de gases quentes. Após a separação dos resíduos secos, os gases de descarga do secador BRUTHUS LF, são transferidos para um filtro de mangas para retenção de finos. Os filtros de manga com *pulse Jet* são projetados para atender condições severas de finos em suspensão. O sistema é responsável pela separação e precipitação das partículas para o fundo do silo, onde

um transportador helicoidal descarrega o material. Os gases limpos são dispostos para atmosfera livres de material particulado.

Os finos do processo e a descarga do gerador de calor são conduzidos a um silo fechado através de transportadores mecânicos, mantendo o ambiente no entorno da planta livre de poeiras.

3.7 PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL E CONSTRUÇÃO

O processo para a construção da planta de secagem de resíduos da empresa foi iniciado após ser realizado o devido licenciamento ambiental junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Para instalação do equipamento foi realizado o pedido de uma autorização ambiental junto ao IAP, visando à aprovação do projeto pelo órgão ambiental.

O projeto teve início em janeiro de 2014, após conclusão de todos os trâmites legais aplicáveis. Durante o ano de 2015 foram produzidas todas as peças e equipamentos que compõem a planta de secagem, sendo encaminhadas gradativamente a organização. Acompanhamentos foram realizados com o fornecedor a fim de se concluir os prazos estabelecidos com relação à primeira etapa do projeto. A etapa foi concluída com sucesso.

FIGURA 1 – CONSTRUÇÃO SECADOR BRUTHUS LF



FONTE: BO Paper (2016)

A Figura 1 demonstra a última etapa do projeto, onde foi realizada a finalização da planta de secagem com a montagem elétrica e fechamento das laterais do barracão.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 RESULTADOS ESPERADOS

Foram realizadas análises com o objetivo de avaliar preliminarmente o Lodo de Papel e Fibra TMP. A Massa Efluente MP não foi considerada nas análises, devido a seu volume de geração ser baixo, não sendo representativo quando comparado aos demais resíduos. As análises realizadas possibilitam verificar se os resíduos de interesse da empresa atingiriam as características necessárias para se tornarem um combustível alternativo no secador de resíduos.

Os resultados das Tabelas 1 e 2 foram realizados no laboratório de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da empresa da Albrecht Equipamentos Industriais LTDA.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS AMOSTRA DE LODO ETE E FIBRA TMP

Parâmetros	Resultados		Método
	Lodo ETE	Fibra TMP	
Umidade [%, b.u.]	81,31	71,81	ABNT NBR 8112:1986
Sólidos [%, b.u.]	18,69	28,19	Obtido por diferença
Densidade Aparente [g cm ⁻³ , b.u.]	0,5728	0,3167	GOULART <i>et al.</i> (2011)
Densidade Aparente [g cm ⁻³ , b.s.]	0,2262	0,0866	GOULART <i>et al.</i> (2011)
Redução Mássica	5,3 : 1	3,5 : 1	Obtido por diferença
Redução Volumétrica	02:01	01:01	Obtido por diferença
pH [b.u.]	5,20 (24,8°C)	8,24 (26,0 °C)	U.S. EPA 9045D:2004

FONTE: BO Paper (2014).

Para a análise de características gerais realizada no Lodo ETE e Fibra TMP considerou-se como parâmetro mais crítico dos acima citados o teor de sólidos, pois resíduos com teor de sólidos abaixo de 12% não se tornam viáveis a secagem neste tipo de equipamento. Os resíduos Lodo ETE e Fibra TMP apresentaram teores de sólidos de 18,69% e 28,19% respectivamente, atingindo o mínimo necessário para

serem submetidos à secagem. Os resíduos possuem ainda características como baixo odor, fácil desagregação e secagem acelerada.

TABELA 2 - ANÁLISE IMEDIATA DA AMOSTRA DE LODO ETE

Parâmetros	Resultados		Método
	Lodo ETE	Fibra TMP	
Matéria Orgânica [%, b.s.]	79,9546 ± 0,1040	98,9270 ± 0,0006	ABNT NBR 13600:1996
Cinzas [%, b.s.]	17,5345 ± 0,0518	1,5441 ± 0,0615	ABNT NBR 8112:1986
Material Volátil [%, b.s.]	66,0480 ± 0,2749	89,1794 ± 1,6376	
Carbono Fixo [%, b.s.]	16,4175	9,2765	

FONTE: BO Paper (2014).

Com relação ao teor de material volátil quanto maior o teor maior a geração de gás combustível. O Lodo ETE apresentou o resultado de 66% e a Fibra TMP 89%. O Lodo ETE e Fibra TMP apresentaram resultados de 16% e 9% para o parâmetro carbono fixo, respectivamente, representando o carbono que permanece na material após combustão, influenciando no tempo de queima do mesmo.

O teor de cinzas demonstrou que o Lodo ETE possui um alto teor de resíduo inorgânico e a Fibra TMP possui um baixo teor. Apesar do Lodo ETE ter apresentado teor de cinzas de 17,53%, o mesmo não deve oferecer dificuldades para o equilíbrio estequiométrico da combustão.

A análise imediata efetuada na Fibra TMP indica que o material seco apresenta características similares à biomassa convencional derivadas de madeira, não promovendo nenhuma alteração no processo de combustão, se agregada ao Lodo ETE, sendo possível possui afirmar que ambos os resíduos possuem características para serem submetidos à combustão.

4.2 ANÁLISES REALIZADAS

4.2.1 Caracterização De Resíduos

Conforme Relatório de Ensaios os resíduos Lodo ETE, Fibra TMP e Massa MP foram submetidos a análises no resíduo bruto, análise de lixiviação e solubilização. Com base na Norma ABNT – NBR 10004, os resíduos Lodo ETE, Fibra TMP e Massa MP foram classificados como Classe II A - Não perigoso - Não Inerte. As análises de umidade apresentaram resultados de 71,9% para o resíduo Massa Efluente MP, 81,7% Lodo ETE e 74,7% com relação à Fibra TMP.

4.2.2 Poder Calorífico

TABELA 3 – ANÁLISE PCI E PCS

PARÂMETROS	UN.	CAVACO	LODO ETE	FIBRA TMP	MASSA EFLUENTE MP	RESULTADO MÉDIO COMPOSTO
		Amostra: 1	Amostra: 3	Amostra: 3	Amostra: 4	
Poder calorífico superior	Kcal/kg	4524	3664	4527	3207	3799,33
Poder calorífico inferior	Kcal/kg	4247	3446	4198	2987	3543,67

FONTE: O autor (2013).

De acordo com o fabricante, com a redução da umidade do lodo a partir da secagem no equipamento BRUTHUS LF o PCI dos resíduos atingirá o mínimo recomendado de 3.200 Kcal/kg para aproveitamento energético no equipamento em questão, conforme observado na Tabela 3.

4.3 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Em relação ao Lodo ETE, a composição do lodo, não apresenta contaminantes restritivos, que impactariam nas emissões atmosféricas do equipamento, viabilizando seu aproveitamento energético. A Massa Efluente MP, não apresentou contaminantes restritivos como o Lodo ETE, sendo que a quantidade de Massa Efluente MP gerado no processo representará apenas 2% do

montante de material disponível para utilização no secador, não oferecendo restrição a nível de contaminantes para o efluente gasoso. A Fibra TMP também não apresentou problemas quanto ao seu aproveitamento energético.

4.4 DOSAGENS PREVISTAS

Para definição das doses dos resíduos a serem secos no secador, considerou-se a média da geração dos resíduos do ano de 2014.

TABELA 4 – DOSAGENS PREVISTAS POR RESÍDUO

SAÍDA PRENSA (20% Matéria Seca)					
Resíduo	Unidade	Média Anual	Média Mensal	Média hora	Receita
Lodo ETE	tonelada	27.347,37	2.278,95	3,17	83%
Massa Efluente MP	tonelada	509,08	42,42	0,06	2%
Fibras TMP	tonelada	4.922,47	410,21	0,57	15%
		32.778,92	2.731,58	3,79	100%

FONTE: o autor (2014)

Para calcular a dosagem dos resíduos levou-se em consideração a geração média anual, mensal e horária dos resíduos Lodo ETE, Massa Efluente MP e Fibra TMP. O Lodo ETE representará 83% do volume a ser dosado, a Fibra TMP 15% e Massa Efluente MP apenas 2%. A dosagem é importante para que não ocorra falta de combustível no equipamento, havendo equilíbrio das características dos resíduos.

4.5 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O processo de autorização ambiental para a construção de uma planta de secagem de resíduos foi protocolado no Instituto Ambiental do Paraná em 27 de agosto de 2014, sob nº 13.316.718-8. A autorização ambiental foi emitida em 29/12/2014, com validade de um ano (29/12/2015). Não foi possível concluir o

projeto dentro do prazo de validade da autorização. Como autorizações ambientais não são passíveis de renovação, a organização entrou com um novo processo de autorização ambiental.

A Autorização Ambiental emitida impõe condicionantes com relação ao controle de emissões atmosféricas do secador de resíduos. Os parâmetros, frequência e limites são definidos conforme Quadro 1, de acordo com o estabelecido na Resolução SEMA 016/14, Art. 31.

QUADRO 1 - PADRÕES EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Parâmetro	Limite	Frequência	Observação
CO	125 mg/Nm ³	Mensal	
Sox	280 mg/Nm ³	Mensal	
Nox	560 mg/Nm ³	Mensal	
MP	70 mg/Nm ³	Mensal	
MP-Inorgânico Classe I	0,28 mg/Nm ³	Mensal	
MP-Inorgânico Classe II	1,4 mg/Nm ³	Mensal	
MP-Inorgânico Classe III	7,0 mg/Nm ³	Mensal	
Compostos clorados inorgânicos	80 mg/Nm ³	Mensal	Até 1,80 Kg/h expressos como cloreto de hidrogênio
Compostos Fluorados Inorgânicos	5,0 mg/Nm ³	Mensal	Expressos como fluoreto de hidrogênio
Dioxinas e Furanos	0,50 Ng/Nm ³	-	Deverá ser realizada uma análise no início da operação e outra antes do final de 1 ano.

FONTE: SEMA 016/14 (2014).

As emissões atmosféricas do secador serão monitoradas a partir do início de sua operação. No mês que antecede o vencimento da autorização ambiental em vigência, será apresentado um Relatório de Emissões Atmosféricas do período da autorização, contendo todos os resultados das medições realizadas, para análise do Instituto Ambiental do Paraná. O Instituto Ambiental do Paraná considerou os parâmetros mais críticos de emissão, com uma frequência maior de realização de

análises, com o objetivo de comprovar que o equipamento não causará impactos na qualidade do ar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função dos resíduos industriais gerados na planta industrial, surge uma preocupação com o meio ambiente referente à destinação final destes resíduos.

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou concluir que o secador de resíduos será uma alternativa ambientalmente correta e economicamente viável de reaproveitamento energético para os resíduos Lodo ETE, Massa Efluente MP e Fibras TMP gerados na indústria.

Através dos resultados dos testes realizados, verificou-se que os resíduos possuem capacidade de se tornarem um combustível alternativo do próprio equipamento. Os resíduos entrarão no secador com uma umidade média de 85% atingindo umidade final de 25%. Não há preocupação com a falta de combustível para o equipamento devido à geração contínua e grande volume diário dos resíduos.

Os estudos realizados quanto a emissões atmosféricas garantem que a empresa não encontrará problemas quanto ao atendimento legal previsto, já que o equipamento possui sistema de filtragem de poluentes através de um filtro manga.

Cabe ressaltar que a implantação do secador de resíduos na unidade é considerada um projeto complexo, onde será necessário acompanhar todas as variáveis de seu desempenho visando à melhoria contínua do processo de secagem térmica de resíduos.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se que trabalhos de acompanhamento de performance do secador sejam realizados visando avaliar se os resíduos secos conseguem atender as necessidades do equipamento para reaproveitamento energético.

Outro assunto que pode ser abordado com mais ênfase é o atendimento ao limite das emissões atmosféricas conforme SEMA 016/14.

Podem-se realizar estudos de comparações entre diferentes tipos de lodos, para avaliar qual resíduo poderá apresentar o melhor potencial energético.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, 2016.

ANDREGUETTO, L. G. **Proposta de Critérios para a Seleção de Destinação do Resíduo Proveniente da Queima do Carvão Mineral na Usina Termelétrica de Figueira**. 27 f. Dissertação (Pós Graduação MBA em Gestão Ambiental) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ANDREOLI, C. V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. 282 p. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro : RiMa, ABES, 2001.

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

SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, XII., 2005, Bauru. **Anais do XII SIMPEP**, 2005.

BIANCHINI, M. **Medições do Material Particulado Em Chaminé e das Partículas Totais em Suspensão no Ar Ambiente: O Caso da Empresa Colorminas**. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

BRASIL. CONAMA 005. Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 de agosto 1989. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=81>>. Acesso em: 09 março de 2017.

BRASIL. CONAMA 357. Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de março 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 16 de março de 2017.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 out. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/douconstituicao88.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 agosto 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 25 abr. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.493/99, de 22 de janeiro de 1999. Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 fevereiro 1999. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=2334&indice=7&anoSpan=2000&anoSelecionado=1999&isPaginado=true>> Acesso em: 25 abr. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do Ar**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acesso em: 19 de março de 2017.

CRISPIM, M. W. **Avaliação Técnico-Econômica de Sistemas de Secagem Térmica de Lodo de Esgoto Doméstico**. 108 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Sanitária e Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2. 2011, Londrina. **Anais Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Londrina, 2011. 2 v.

COMPANHIA INDÚSTRIA DE PAPEL PIRAHY. **O Mundo do Papel**. Rio de Janeiro: Companhia Instrústria de Papel Pirahy, 3. ed. 1984

DAVID, A. C. **Secagem Térmica de Lodos de Esgoto. Determinação da Umidade de Equilíbrio**. 163 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

JUNIOR, A.T. **Análise do aproveitamento energético do biogás produzido numa estação de tratamento de esgoto**. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2008.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAY, W. B.; SHADBEGIAN, R.J. **Multimedia Pollution Regulation and Environmental Performance**. United States Environmental Protection Agency. Resources for the Future. Washington, 2015.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Papel**. 2015. Disponível em: <<http://iba.org/pt/produtos/papel>>. Acesso em: 15 de março de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/4101606>>. Acesso em: 25 março de 2017.

IBEMA PAPEL E CARTÃO. **Notícias**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibema.com.br/noticias/Paginas/LerNoticia.aspx?noticia=227>>. Acesso em: 13 março 2017.

MARIN, Caroline. Eficiência Energética. **O Papel**, São Paulo, p.34-36, set. 2013. Disponível em: <<http://www.revistaopapel.org.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

MAROUN, C. A. **Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimentos passo a passo**. ISBM Rio de Janeiro 2006. Disponível em: <http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8F4EBC426A014ED041F0FB576E&inline=1>. Acesso em 22 abr.2017.

MIRANDA, R. E. S.; **Impactos Ambientais Decorrentes dos Resíduos Gerados na Produção de Papel e Celulose**. 37 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **A Problemática "Resíduos Sólidos"**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/itemlist/category/64-residuos-solidos?start=28>>. Acesso em: 11 de março de 2017.

OLIVEIRA, T. R. **Geração de Energia x Impacto Ambiental**. 111 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Superior de Ensino e Pesquisa de Ituiutaba, Universidade do Estado de Minas Gerais, Ituiutaba, 2011.

QUIRINO, W. F. Poder Calorífico da Madeira e de Materiais Ligno-Celulósicos. **Revista da Madeira** nº 89. Pag. 100-106, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **A Indústria de Celulose e Papel no Brasil**. São Paulo: ABTCP, 2016.

SILVA, M. L. et al. **Análise do Mercado Brasileiro de Papel e Papelão**. EST. ECON., São Paulo, V.28, N.1, P.77-97, 1998.

SILVEIRA, G. E. **Sistemas de Tratamento de Efluentes Industriais**. 42 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide Global update 2005**. 2006.

ZAMORA, P. P. et al. **Remediação de Efluentes Derivados da Indústria de Papel e Celulose. Tratamento Biológico e Fotocatalítico**. Instituto de Química, Universidade de Campinas, Campinas, 1996.

APÊNDICE A – GERAÇÃO RESÍDUO POR ÁREA

(continua)

Etapas de produção	Resíduos Gerados
Pátio de Madeira	Casca, metal, papel, plástico e não recicláveis classe II
Pasta Termo-Mecânica (TMP)	Serragem, fibras TMP, metal, papel, plástico, não recicláveis classe II
Máquina de Papel	Massa efluente MP, metal, papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Preparo de Tintas e Aditivos (PTA)	Mistura de tinta e caulim, metal, papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Coater	Metal, papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Supercalandra	Sólido contaminado classe I, papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Bobinadeira	Papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Embaladora	Papelão, tubete, papel, plástico, vidro, madeira e não recicláveis classe II.
Caldeira	Cinza, metal, papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Estação de Tratamento de Água (ETA)	Metal, papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II

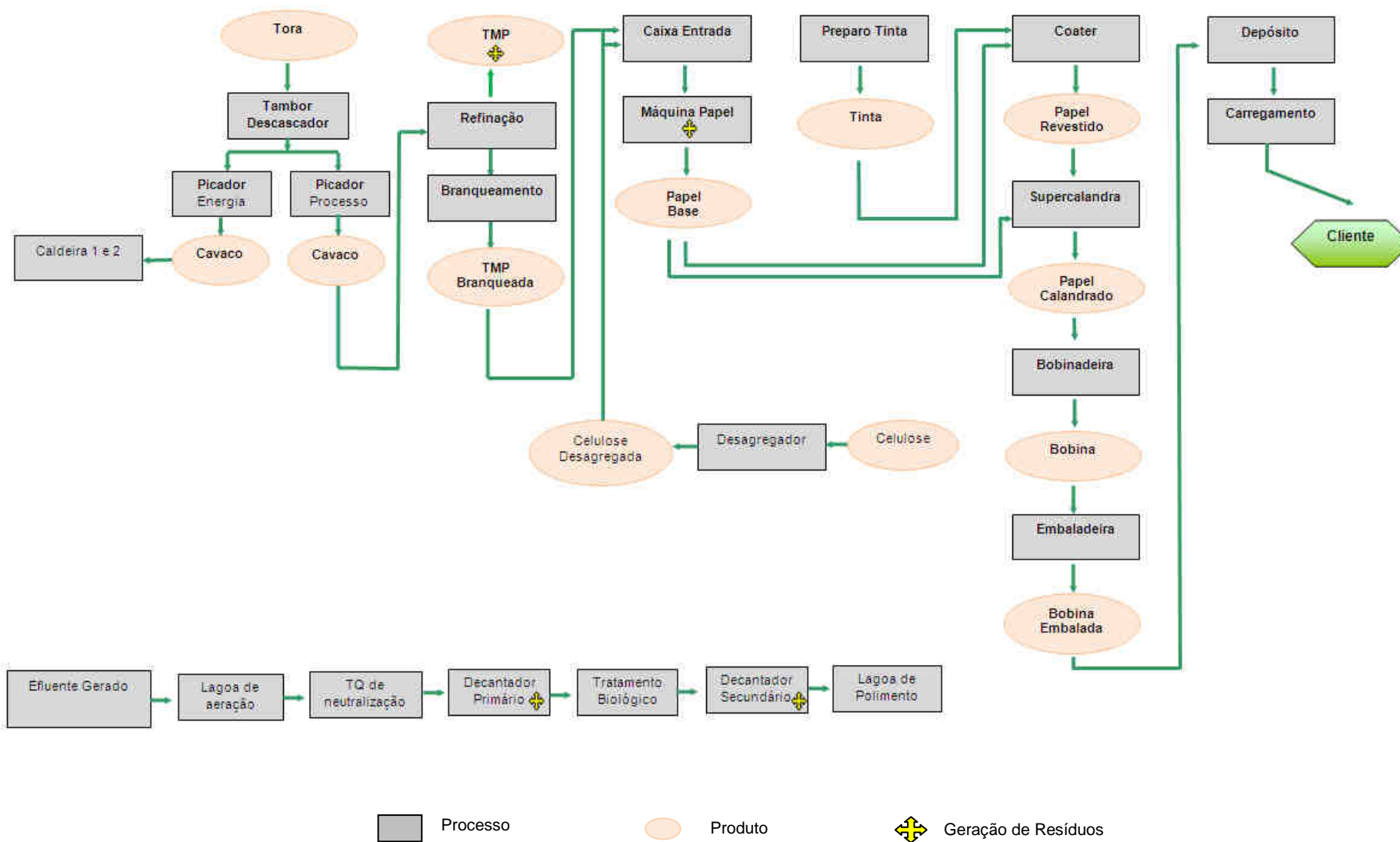
(conclusão)

Etapas de produção	Resíduos Gerados
Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	Lodo, metal, papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Balança Industrial	Papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Central de Armazenamento e Triagem de Resíduos Industriais (CATRI)	Papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Enlonação	Papel, plástico e não recicláveis classe II
Restaurante	Resíduos orgânicos, papel, plástico, vidro e não recicláveis classe II
Administrativo	Papel, plástico, papelão, vidro e não recicláveis classe II

APÊNDICE B – MÉDIA GERAÇÃO DE RESÍDUO POR TIPO

	2014 (t)	2015 (t)	2016 (t)	Média
Orgânicos	10,63	4,01	6,14	6,93
Alumínio	1,025	0	2,11	1,05
Arame	108,26	106,58	66,49	93,78
Borracha	8,011	3,08	1,79	4,29
Madeira	39,32	4,40	57,42	33,71
Metal	257,43	100,49	105,49	154,47
Papel	103,44	74,04	180,00	119,16
Papelão	114,90	133,82	85,90	111,54
Plástico	2,99	9,99	16,82	9,93
Telas e Feltros	3,36	7,97	8,31	6,55
Tube	160,68	119,54	117,39	132,54
Vidro	0,31	0,18	0,3	0,26
Cinza Caldeira	4.449,00	2.603,09	2.637,97	3.230,02
Lodo*	2.7347,37	2.6807,74	2.6184,99	2.6780,03
Massa Efluente MP*	509,08	550,30	629,92	563,10
Fibra TMP*	4.922,47	4.483,37	4.714,36	4.706,73
Casca	781,14	672,85	586,42	680,14
Serragem	66,94	45,96	76,79	63,23
Entulho Industrial	182,89	109,98	67,54	120,14
Lâmpadas	0,29	0,19	0,18	0,22
Sólido Contaminado Classe I	122,044	113,67	159,72	131,81
Sólido Contaminado Classe II	359,168	187,81	119,6	222,19

APÊNDICE C – FLUXOGRAMA PROCESSO PRODUTIVO



APÊNDICE D – FOTOS RESÍDUOS

PRENSA DESAGUADORA E CAÇAMBAS PARA CONDICIONAMENTO DO LODO



PENEIRAS ESTÁTICAS LICOR TMP



PENEIRAS ESTÁTICAS EFLUENTE MP

