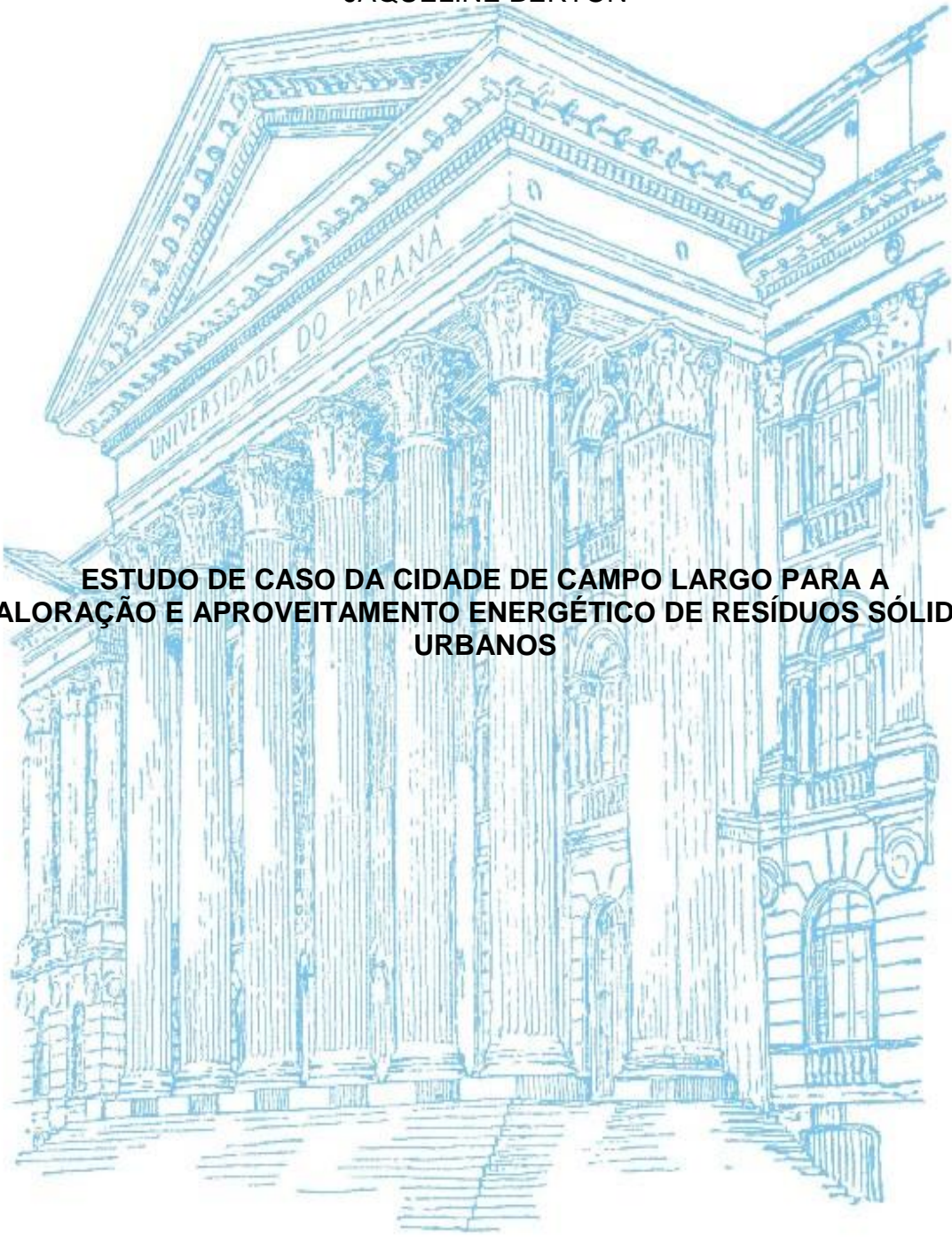


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JAQUELINE BERTON



**ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE CAMPO LARGO PARA A
VALORAÇÃO E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS**

CURITIBA

2016

JAQUELINE BERTON

**ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE CAMPO LARGO PARA A
VALORAÇÃO E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial, no Curso de Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Msc. Mauricy Kawano
Co-orientador: Dr. Andreas Friedrich Grauer

CURITIBA

2016

B547e

Berton, Jaqueline

Estudo de caso da cidade de Campo Largo para a valoração e aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos / Jaqueline Berton. – Curitiba, 2016.

93 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, 2016.

Orientador: Mauricy Kawano – Co-orientador: Andreas Friedrich Grauer.
Bibliografia: p. 75-82.

1. Meio ambiente. 2. Resíduos sólidos. 3. Incineração de resíduos sólidos. 4. Fontes de energia renováveis. I. Universidade Federal do Paraná. II. Kawano, Mauricy. III. Grauer, Andreas Friedrich. IV. Título.

CDD: 628.44



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor TECNOLOGIA
Programa de Pós Graduação em MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL
Código CAPES: 40001016057P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JAQUELINE BERTON**, intitulada: "**ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE CAMPO LARGO PARA A VALORAÇÃO E O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**", após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Curitiba, 30 de Novembro de 2016.

MAURICY KAWANO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

MÔNICA BEATRIZ KOLICHESKI
Avaliador Interno (UFPR)

PEDRO RAMOS DA COSTA NETO
Avaliador Externo (UFPR)

Esta dissertação é dedicada a Deus que me manteve perseverante do início ao fim do presente estudo, à minha mãe Florentina Poletto, exemplo de mãe e amiga que tem sido meu alicerce de vida, ao meu noivo Romenig, pela paciência e motivação em todos os momentos, a minha irmã Andréa, meu cunhado Fernando e aos meus sobrinhos Fernanda e Andrey.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,
Ao Prof. Msc. Mauricy Kawano, pela orientação, apoio e dedicação e por confiar em
meu potencial e por dedicar seu precioso tempo para me ajudar
A todos os professores do curso de Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial,
pelos ensinamentos.

Aos ilustres componentes da Banca de Avaliação, por participarem desta importante
etapa de minha formação.

A minha família e amigos que, diretamente ou indiretamente me incentivaram nesta
jornada, meu carinho e reconhecimento, em especial a minha mãe, Florentina Poletto,
pois sem seu apoio não seria possível a realização deste estudo.

Ao meu noivo, Romenig Tiago Vermelen, pelo amor, paciência e motivação para a
finalização desta dissertação, pois sua paciência e carinho foram fundamentais para a
conclusão deste trabalho.

A minha irmã Andréa Ap. B. Paulista, ao meu cunhado Fernando Paulista e aos meus
sobrinhos Fernanda e Andrey.

À Prefeitura Municipal de Campo Largo por fornecerem para consulta a documentação
necessária para realização do presente estudo.

À professora Ângela Ferreira Pires da Trindade e ao monitor Bruno Koslowski Taborda
Ribas pelo apoio e esclarecimentos.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), em especial ao Departamento de
Engenharia Química, pela oportunidade de realização do meu mestrado.

RESUMO

A destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos é um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade moderna, isso porque são descartadas enormes quantidades de resíduos diariamente por residências e empresas, resíduos estes, que podem servir como matéria-prima para negócios, pois podem produzir energia, recuperando o valor econômico dos resíduos e contribuindo com o meio ambiente. O presente estudo teve como objetivo realizar a estimativa do aproveitamento energético dos RSU gerados pelo município de Campo Largo com foco na valoração, para isso, tornou-se fundamental reconhecer os principais processos térmicos para a destinação final de resíduos existentes, tais como a incineração, o coprocessamento, a pirólise, a gaseificação e a biodigestão. Dentre as várias tecnologias existentes de tratamento térmico com aproveitamento energético, se destaca a incineração, a qual consiste em um processo de combustão controlada que converte a energia química em calor. A partir do estudo de caso da cidade de Campo Largo – PR foi possível compilar informações bibliográficas já existentes, identificar as vantagens e desvantagens da técnica da incineração para o aproveitamento energético de resíduos sólidos e posteriormente estimou-se o aproveitamento energético de RSU resultante do processo de incineração para Campo Largo e Curitiba. A quantidade estimada de energia produzida em Campo Largo foi de 1,97 MW_e e para Curitiba 48,67 MW_e, tendo como base estes valores, foi possível estimar a quantidade de casas abastecidas, sendo para Campo Largo, 7.880 residências e para Curitiba 194.680 residências. A técnica de incineração possibilita destinar corretamente o resíduo, sendo então uma forma alternativa de geração de energia e destinação de rejeitos, otimiza a quantidade energética existente do Resíduo Sólido Urbano, possibilita a redução de áreas necessárias para aterro, garante da destruição térmica e geração de melhorias na qualidade ambiental e de saúde pública visando melhorias em termos ambientais e no bem-estar social.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Incineração. Valoração. Energia.

ABSTRACT

The final destination of Urban Solid Waste is one of the major challenges faced by modern society, because huge amounts of waste are discarded daily by residences and companies, these residues, which can serve as raw material for business, as they can produce energy, recovering The economic value of waste and contributing to the environment. The objective of this study was to estimate the energy utilization of the RSU generated by the municipality of Campo Largo with a focus on valuation. For this purpose, it became fundamental to recognize the main thermal processes for the final disposal of existing residues such as incineration, Co-processing, pyrolysis, gasification and biodigestion. Among the various existing heat treatment technologies with energy recovery, incineration is highlighted, which consists of a controlled combustion process that converts chemical energy to heat. Based on the case study of the city of Campo Largo - PR, it was possible to compile existing bibliographical information, identify the advantages and disadvantages of the incineration technique for the energetic use of solid waste, and subsequently estimate the energy utilization of the solid waste resulting from the process Of incineration to Campo Largo and Curitiba. The estimated amount of energy produced in Campo Largo was 1.97 MWe and for Curitiba 48.68 MWe, based on these values, it was possible to estimate the number of houses supplied, being Campo Largo, 7,880 residences and for Curitiba 194,680 residences . The incineration technique makes it possible to correctly allocate the waste, which is an alternative form of energy generation and waste disposal, optimizes the existing amount of urban solid waste, enables the reduction of areas required for landfill, guarantees thermal destruction and generation of waste. Improvements in environmental and public health quality aiming at environmental improvements and social welfare.

Keywords: Urban solid waste. Incineration. Valuation. Energy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1a - INCINERADOR DE RESÍDUOS LOCALIZADO EM MINAS GERAIS (BRASIL)	26
FIGURA 1b - USINA DE INCINERAÇÃO DA REGIÃO DE STUTTGART (ALEMANHA)	26
FIGURA 2 - INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAIS	26
FIGURA 3 - MAPA DA CIDADE DE CAMPO LARGO	34
FIGURA 4 – DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROCESSO DE INCINERAÇÃO DO RSU PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA.....	42
FIGURA 5 - DESCARTE INCORRETO DE RESÍDUOS NA REGIÃO CENTRAL DE CAMPO LARGO	53
FIGURA 6a - DISPOSIÇÃO INCORRETA DE RESÍDUOS OBSERVADO NA VILA DONA FINA -CAMPO LARGO	53
FIGURA 6b - DISPOSIÇÃO INCORRETA DE RESÍDUOS OBSERVADO NA VILA DONA FINA -CAMPO LARGO	53
FIGURA 7a - CAMINHÃO DE COLETA PÚBLICA DA CIDADE DE CAMPO LARGO	54
FIGURA 7b - CAMINHÃO DE COLETA PÚBLICA DA CIDADE DE CAMPO LARGO	54
FIGURA 8 - QUANTIDADE MENSAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS ENTRE OS ANOS DE 2013 A 2016.....	55
FIGURA 9 - QUANTIDADE ANUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS EM CAMPO LARGO DE 2013 A 2015	57
FIGURA 10 - QUANTIDADE ANUAL ESTIMADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS EM CAMPO LARGO DE 2016 A 2020	58
FIGURA 11 - PREVENÇÃO, RECICLAGEM E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS.....	59
FIGURA 12 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROCESSO DE INCINERAÇÃO DE RSU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA	60
FIGURA 13 – INCINERADOR DE GRELHA FIXA	70

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS E CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	17
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	18
QUADRO 3 - EVOLUÇÃO DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS NO MUNDO	25
QUADRO 4 - LIMITES DE EMISSÕES PARA UNIDADES DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS	30
QUADRO 5 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DE GRUPOS DE CATADORES INFORMAIS.....	39
QUADRO 6 - IMAGENS DA DISPOSIÇÃO DE RSU NOS PRINCIPAIS BAIROS DE CAMPO LARGO	51
QUADRO 7 - PROPORÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS PRESENTE NO RSU A PARTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	61
QUADRO 8 - DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DO OXIGÊNIO.....	65
QUADRO 9 - DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DOS GASES DE COMBUSTÃO.....	66
QUADRO 10 - ENERGIA TOTAL PRODUZIDA DO BALANÇO DE ENERGIA	66
QUADRO 11 – CONSUMO DA REGIÃO E QUANTIDADE DE RESIDÊNCIAS DA REGIÃO SUL	67
QUADRO 12 - QUANTIDADE DE CASAS ABASTECIDAS.....	68
QUADRO 13 - QUANTIDADES MENSAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (DOMICILIARES) GERADOS DE 2013 A 2016 EM CAMPO LARGO.....	91
QUADRO 14 - QUANTIDADES MENSAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (DOMICILIARES) GERADOS DE 2014 A 2016 EM CURITIBA	92

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CO ₂	Gás carbônico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
h	Hora
ha	Hectare
H ₂ O	Água
HCl	Ácido Clorídrico
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kg	Quilo grama
kJ	Quilo Joule
Km	Quilômetros
km ²	Quilômetros quadrados
kWh	Quilowatt hora
L	Litro
m ³	metro cúbico
mg	Miligrama
MWh	Megawatt hora
MP	Material particulado
NBR	Norma Brasileira
ng	Nanograma
NO	Monóxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
PCB	bifenilas policloradas
PCDD	dibenzodioxinas policloradas
PCDF	dibenzo furanos policlorados
PCI	Poder Calorífico Inferior
PET	Politereftalato de Etileno
PGIRS	Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
ppm	parte por milhão

PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
RSU	Resíduo Sólido Urbano
RSS	Resíduo de Serviço de Saúde
s	segundos
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SO _x	Óxidos de Enxofre
t	Tonelada
ZI	Zona Industrial
ZIC	Zona Industrial Consolidada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2 RESÍDUOS SÓLIDOS	16
2.1 TIPOLOGIAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO.....	18
2.1.1 Coprocessamento	18
2.1.2 Pirólise.....	20
2.1.3 Gaseificação.....	21
2.1.4 Biodigestão.....	22
2.1.5 Incineração.....	23
2.1.5.1 Tratamento de resíduos sólidos por incineração.....	31
3 ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE CAMPO LARGO	34
3.1 MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO	34
3.1.1 Gestão de resíduos sólidos em Campo Largo	35
4 MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 IDENTIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS DADOS REFERENTE AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	41
4.2 ESTIMATIVA DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CAMPO LARGO	42
4.2.1 Cálculo para determinação da vazão molar e da vazão mássica do oxigênio necessária para o processo de incineração do resíduo sólido urbano.....	45
4.2.2 Cálculo para determinação da vazão dos gases de combustão resultantes do processo de incineração do resíduo sólido urbano.....	46
4.2.3 Cálculo para determinação do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos	47
4.2.4 Cálculo referente a quantidade de residências que podem ser abastecidas com a energia gerada a partir do resíduo sólido urbano.....	48
4.3 DEFINIÇÃO DO TIPO DE INCINERADOR E DA ÁREA DE INSTALAÇÃO DO INCINERADOR PARA CAMPO LARGO	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50

5.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS IDENTIFICADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO	50
5.2 RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO	55
5.3 ESTIMATIVA DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM CAMPO LARGO	60
5.3.1 Determinação da vazão molar e da vazão mássica de oxigênio necessária para o processo de incineração de resíduo sólido urbano.....	61
5.3.2 Determinação da vazão dos gases de combustão resultantes da incineração dos resíduos sólidos urbanos	63
5.3.3 Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos gerados em Campo Largo a partir da incineração	63
5.3.4 Quantidades de residências que podem ser abastecidas com a energia gerada a partir do resíduo sólido urbano de Campo Largo.....	67
5.4 TIPO DE INCINERADOR APLICADO A CIDADE DE CAMPO LARGO	70
5.4.1 Área de localização do incinerador	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS.....	75
APÊNDICE.....	83
ANEXO I.....	91
ANEXO II.....	92
ANEXO III.....	93

1 INTRODUÇÃO

O consumismo desenfreado estimulado pelo “marketing” induzem os indivíduos a adquirirem cada vez mais produtos e tem ocasionado mudanças culturais, sociais, econômicas e ambientais. Em termos ambientais o consumismo aliado ao crescimento demográfico desordenado e as constantes mudanças nos padrões tecnológicos tem acelerado o ritmo de descarte dos produtos utilizados.

Os resíduos condicionam uma das mais graves dimensões da relação entre o estilo de vida da sociedade capitalista e o ambiente (SILVA, 2008). A rápida produção de materiais inservíveis faz com que haja o aumento da quantidade dos resíduos sólidos gerados e dificuldade no momento de destiná-los, visto que o volume dos resíduos cresce cada vez mais, e como consequência há dificuldade para disponibilidade de espaços para destinação.

Os maiores problemas de gestão de resíduos estão correlacionados a destinação a qual deve ser dada aos resíduos, onde a população sofre os maiores impactos quando não tratados corretamente.

A falta de tratamento, disposição e destinação de forma adequada dos resíduos compromete a fauna, a flora, os recursos hídricos afetando direta ou indiretamente todos os seres vivos causando diversos impactos ambientais (MARQUES, 2011).

Os impactos podem ocorrer por meio da contaminação do solo, de onde os seres humanos obtêm os bens de consumo, da água, elemento fundamental para a vida, do ar por meio da emissão de gases como o gás carbônico, metano, dioxinas, furanos, comprometendo a qualidade do ar e contribuindo para o efeito estufa (BRASÍLIA, 2005).

As cidades brasileiras, neste cenário, crescem sem planejamento urbano, tem aumento da densidade demográfica de forma desenfreada, expandem a industrialização para a produção de bens e prestação de serviços e como consequência resultam em elevadas quantidades de resíduos sólidos em razão do alto consumismo e produtividade. O aumento da quantidade de resíduos faz com que os municípios se organizem cada vez mais em prol de melhorias de gestão dos resíduos sólidos urbanos.

O município de Campo Largo, localizado no Estado do Paraná, possui um sistema de gestão dos resíduos sólidos. Os resíduos sólidos urbanos (RSU), tem origem de atividades domésticas e resíduos de limpeza urbana, sendo proveniente da varrição de logradouros, vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (BRASIL, 2012). Contudo os RSU são um dos grandes problemas enfrentados, em razão do volume aumentar de forma progressiva e desordenada e também do elevado crescimento populacional e demográfico da região.

Diante deste contexto, as formas de disposição final de RSU poderão atingir o esgotamento, surge então um problema de grande relevância e merecedor de atenção de estudos para avaliar e apontar caminhos para a solução ou minimização deste problema.

A restrição de áreas disponíveis próximas a cidade para construção de um aterro, ou seja, por ser uma área com vários pontos de curso de rio, bem como considerando-se os custos e riscos de transportes destes RSU para grandes distâncias, observa-se a necessidade do desenvolvimento de estudos de tecnologias para o tratamento desses RSU, de forma com que sejam reduzidas as quantidades de resíduos enviados para aterro e conseqüentemente aumento da vida útil do mesmo. Existem tecnologias que realizam o processamento dos RSU para o aproveitamento energético.

As principais técnicas utilizadas para a obtenção de energia a partir dos RSU são o coprocessamento, a incineração, a pirólise e a gaseificação (CHAMON, CARDOSO, BARROS, 2013).

A utilização da energia em processos térmicos, em especial a incineração que consiste no foco do presente estudo, já está sendo utilizada por diversos países da Europa, com enfoque no aproveitamento energético para processos produtivos, denominado como co-geração. Vale ressaltar que a realidade de cada local possui diferenças, pois cada país tem determinados hábitos, cultura, aspectos econômicos, sociais, políticos e ambientais diferenciados, porém deve-se analisar cada caso e estudar as possibilidades cabíveis a cada um (neste contexto a realidade brasileira) e em especial a cidade de Campo Largo.

Com base nesta problemática este estudo visou identificar os resíduos sólidos, analisar a quantidade gerada de resíduo e estimar a quantidade de energia proveniente dos RSU da cidade de Campo Largo – PR.

1.1 OBJETIVO GERAL

Estimar o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos gerados pelo município de Campo Largo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar os dados bibliográficos qualitativos e quantitativos dos resíduos sólidos urbanos gerados;
- b) Estimar o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos gerados pelo município de Campo Largo de forma preliminar;
- c) Analisar a quantidade de residências abastecidas com a energia proveniente do RSU.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS

A ABNT NBR nº 10.004 (2004) define o resíduo como o resultado de atividades humanas, que tem origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, (2010), em seu artigo 3º, define resíduos sólidos como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010, p. 2).

De acordo com Mesquita (2011), os resíduos são restos de atividades humanas consideradas como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. A resolução do CONAMA nº 316/2002 considera como resíduo os materiais ou substâncias, que não podem ser aproveitados economicamente, os quais são de origem industrial, urbana, serviços de saúde, agrícolas e comerciais, podem provir de portos, aeroportos e fronteiras.

Os resíduos descartados diariamente por residências e empresas, podem servir como matéria-prima para negócios, pois podem servir para produzir adubo e energia, recuperando o valor econômico dos resíduos, podem contribuir para a prática da reciclagem e para a geração de emprego e renda (SEBRAE, 2012).

Os resíduos se subdividem em cinco categorias, tais como: resíduos sólidos urbanos, resíduos orgânicos, resíduos inorgânicos, resíduos sólidos industriais e resíduos de serviços de saúde (SEBRAE, 2012) (ver QUADRO 1).

Os RSU são resultantes de resíduos domiciliares e de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana) (BRASIL, 2010). De acordo com Brasil (2012), os RSU são constituídos por restos de alimentos, papéis, papelão, plástico, borrachas, couro, isopor, embalagens metalizadas, fraldas descartáveis, absorventes, vidros, metais, entulhos, resíduos de jardins, tecidos, madeira, entre outros.

Os resíduos orgânicos são materiais de origem animal ou vegetal, tais como frutas, hortaliças, restos de pescados, folhas, sementes, cascas de ovos, restos de

carnes, entre outros (BENTO et al.; 2013). Os resíduos inorgânicos são compostos por areia, vidros, metais e sucata (CETESB, 2006).

Os resíduos sólidos industriais, são resultantes de atividades industriais, fazem parte destes resíduos materiais contendo lodo e efluente contaminado (BRASIL, 2002).

Os resíduos de serviços de saúde, condicionam a atividades relacionadas a saúde humana e animal, são resultantes de trabalhos de campo, laboratórios, necrotérios, funerárias, farmácias, estabelecimentos de ensino e pesquisa (BRASIL, 2005). Os resíduos de serviços de saúde são, algodão, gaze, espátula, materiais biológicos e materiais perfuro-cortantes (COSTA, 2012).

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS E CARACTERÍSTICAS GERAIS

RESÍDUOS	CARACTERÍSTICAS GERAIS
Resíduos sólidos urbanos	Resultam de resíduos domiciliares e de limpeza urbana. Fazem parte alimentos, papéis, papelão, plástico, borrachas, couro, isopor, embalagens metalizadas, fraldas descartáveis, absorventes, vidros, metais, entulhos, resíduos de jardins, tecidos, madeira, entre outros
Resíduos orgânicos	Materiais de origem animal ou vegetal, tais como frutas, hortaliças, restos de pescados, folhas, sementes, cascas de ovos, restos de carnes
Resíduos inorgânicos	Compostos por produtos manufaturados tais como areia, vidro, metais e sucata
Resíduos sólidos Industriais	Resíduos resultantes de atividades industriais, que estão nos estados sólido, semi-sólido, gasoso - quando contido, e líquido - cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível, são exemplos, materiais contendo lodo e efluente contaminado.
Resíduos de Serviços de Saúde	Condicionam a atividades relacionadas a saúde humana e animal, tais como, algodão, gaze, espátula, materiais biológicos e materiais perfuro-cortantes

FONTE: Adaptado de Brasil (2002), Brasil (2005), Brasil (2010), Brasil (2012), Bento et al (2013), CETESB (2006), Costa (2012).

A classificação dos resíduos definida pela ABNT NBR nº 10.004 (2004) está condicionada conforme os riscos potenciais ao meio ambiente, conforme o QUADRO 2.

QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS		CARACTERÍSTICAS E EXEMPLOS
Resíduo classe I	Perigoso	Óleos, lodos, equipamentos contaminados, acumuladores elétricos, lâmpadas com vapor de mercúrio
Resíduo classe II		Não perigosos
Resíduo classe II A	Não inerte	Apresentam biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água, materiais ferrosos
Resíduo classe II B	Inertes	Materiais que não se decompõem ao serem dispostos no solo, fazem parte os resíduos da construção civil.

FONTE: Adaptado de ABNT (2004) e SEBRAE (2012).

A classificação dos resíduos sólidos possibilita reconhecimento dos mesmos para então realizar a recuperação de energia para o aproveitamento dos subprodutos gerados (PHILIPPI JÚNIOR, ROMÉRO, COLLET, 2014). O aproveitamento energético dos RSU tem sido uma alternativa ambientalmente correta de tratamento de resíduos, desde que sejam utilizadas as tecnologias apropriadas (BRASIL, 2012), as principais tipologias de aproveitamento energético estão apresentadas a seguir.

2.1 TIPOLOGIAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO

As principais tecnologias térmicas utilizadas são o coprocessamento, a pirólise, a gaseificação, a biodigestão e a incineração.

Os processos térmicos existentes utilizam processos tecnológicos baseados na combustão direta ou indireta, apresentam diferentes configurações e condições de processamento, como modo de aquecimento, temperatura, tipo de reator, com resultados completamente distintos (CHAMON, CARDOSO, BARROS, 2013).

2.1.1 Coprocessamento

O coprocessamento é uma técnica responsável pelo aproveitamento, transformação e eliminação de resíduos industriais que ocorre aliado ao processo de fabricação de cimento (SOARES, GOMES, DINIZ, 2015).

O coprocessamento utiliza resíduos em substituição parcial ao combustível que alimenta a chama do forno que transforma calcário e argila em clínquer, gerando matéria-prima para o cimento. Na Europa são destruídos mais de 80 milhões de pneus inservíveis e 600 mil toneladas de resíduos líquidos por ano em fornos de cimento. A

indústria cimenteira busca o manejo adequado dos materiais inservíveis e passivos ambientais com a finalidade de minimizar impactos de outros ramos industriais (ABCP, 2015). A referida técnica na América Latina está em expansão e o Brasil é um dos países que se destaca no desenvolvimento desta atividade, pois coprocessa nos fornos aproximadamente 1,0 milhão de toneladas por ano (ABCP, 2016).

Os fornos de cimento coprocessam e eliminam os resíduos de indústrias químicas, petroquímica, metalúrgica, pneumático, automobilístico, de papel e de celulose. Os resíduos que comumente fazem parte do coprocessamento são resíduos de pintura, pneus inservíveis, solventes usados, borra de retífica, óleo de corte, solventes, plásticos, lodos de estação de tratamento de efluentes, materiais contaminados, resinas, cinzas de caldeira, entre outros (VOTORANTIM, 2016).

A resolução do CONAMA nº 264/1999 descreve que não devem ser coprocessados resíduos domiciliares brutos¹, resíduos de serviços de saúde, materiais radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins (BRASIL, 1999).

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2015) as vantagens referentes a técnica do coprocessamento são:

- a) eliminação definitiva, técnica e ambientalmente segura dos resíduos;
- b) substituição de recursos energéticos não-renováveis por fontes alternativas de energia;
- c) preservação de jazidas, pois parte dos resíduos substitui a matéria-prima;
- d) contribuição a saúde pública pela destruição total dos resíduos e no combate a focos da doença, como por exemplo, aos mosquitos da dengue hospedados em pneus velhos;
- e) geração de empregos.

A técnica do coprocessamento apresenta desvantagens, tais como:

- a) Altos investimentos iniciais para aquisição dos equipamentos necessários (MOLINARI, QUELHAS, NASCIMENTO-FILHO, 2013);
- b) A indústria cimenteira produz como gás poluente o dióxido de enxofre (responsável pela acidificação) (SILVA et al.; 2004);

¹ Resíduos que não passaram por processo de triagem classificação ou tratamento.

- c) Emissões de material particulado da chaminé e poeiras fugitivas, emissões de gases contendo SO₂, CO₂, compostos orgânicos voláteis, amônia, metais pesados, dibenzodioxinas policloradas, dibenzofuranos policlorados (KARSTENSEN, 2010);
- d) Geração de ruído, vibrações e odores (KARSTENSEN, 2010);
- e) Determinados resíduos os quais não podem ser coprocessados devido a composição, tais como resíduos domiciliares brutos, serviços de saúde, radioativos, explosivos e organoclorados, agrotóxicos e afins (AMIM, 2003; MAROUN, 2006).
- f) Resíduos presentes em um forno de clínquer devem apresentar homogeneidade constante, pois caso ocorram alterações no processo há interferência na qualidade do produto final (PINTO, 2006);
- g) Consumo de recursos naturais e matérias-primas (KARSTENSEN, 2010).
- h) Riscos de vazamentos ou derramamentos com possibilidade de contaminação dos recursos hídricos e do solo (PINTO, 2006);
- i) Riscos de incêndio nas centrais de resíduos e geração da emissão de poluentes atmosféricos (PINTO, 2006).

2.1.2 Pirólise

O termo pirólise tem origem grega e significa decomposição pelo calor, (*pyros* = fogo e *lyses* = quebra), ou seja, no processo de pirólise ocorre a degradação de um material por energia térmica (BARBOSA, SILVÉRIO 2008; ALHO, 2012). De acordo com Tôres- Filho et al (2014), a pirólise caracteriza-se pela degradação térmica do material orgânico em uma atmosfera com deficiência de oxigênio, tendo como objetivo a minimização das emissões de poluentes formados, tais como dioxinas e furanos. A pirólise gera como subprodutos hidrocarbonetos na forma de gases e cinzas (ABRELPE, PLASTIVIDA, 2012).

O processo ocorre por exposição a altas temperaturas e em ambiente sem ou com pequena quantidade de oxigênio (MORAES et al.; 2015). De acordo com Moraes (2015) o reator pirolítico é composto por três fases, sendo a zona de secagem, onde os resíduos suprem a demanda do reator, os quais passam pela área de pré-secagem e secagem, neste local as temperaturas são de 100 a 200 °C, na zona de pirólise

ocorrem as reações endotérmicas de volatilização, oxidação e fusão, as temperaturas nesta etapa atingem de 300 a 1600 °C.

A pirólise é uma técnica que tem como vantagem a obtenção de energia de fácil transporte e armazenamento em relação a incineração (MARCHEZETTI, KAVISKI, BRAGA, 2011; WIGGERS, 2003).

Os produtos obtidos são resultantes da fase gasosa e sólida da decomposição, tais como o carvão vegetal, os líquidos orgânicos e água (obtidos pela condensação) e material orgânico residual (BERTON, 2012).

Todavia a desvantagem é que não há um desenvolvimento industrial significativo, pois, os resíduos acabam sendo incinerados indiretamente (MARCHEZETTI, KAVISKI, BRAGA, 2011). As demais desvantagens do processo são (SANTAELLA et al, 2014):

- Elevados investimentos no processo de instalação, manutenção e operação;
- Exigência de equipe técnica especializada para operar e realizar a manutenção dos equipamentos;
- Atender os parâmetros de poluição atmosférica;
- Atender a necessidade de mercado quanto a demanda de combustíveis gerados.

2.1.3 Gaseificação

De acordo com Lora et al.; (2016), a gaseificação consiste na conversão termoquímica, de um material sólido ou líquido, em um combustível gasoso por meio da oxidação parcial a temperaturas elevadas (800 °C a 1100 °C) em pressões atmosféricas elevadas de até 33 bar, com a presença de agentes oxidantes.

A gaseificação pode ser combinada com a combustão, no qual o gaseificador gera o gás combustível o qual é queimado em uma turbina de gás. A integração deste processo gera gases de síntese que convertidos fornecem energia (RODRIGUES, 2008).

No primeiro estágio da gaseificação, ocorre a oxidação parcial do resíduo, nesta etapa ocorre a conversão dos resíduos sólidos e líquidos em produtos gasosos que podem ser utilizados em turbinas de gás. O segundo estágio utiliza um combustor de uma turbina de gás para a oxidação completa dos gases produzidos na etapa

anterior (após serem limpos para a remoção de particulados, de compostos sulfurados e NO_x) (RODRIGUES, 2008).

Os gases de síntese podem ser queimados em geradores especiais, para a geração de energia elétrica, ou em reações que resultem em produtos químicos (ABRELPE, PLASTIVIDA, 2012). Os gases produzidos possuem muitas aplicações como nos motores de combustão interna, turbinas a gás, gás de síntese e células de combustível (UDAETA et al, 2002).

A gaseificação tem como vantagem a redução da quantidade volumétrica de RSU destinados ao aterro, outro mérito refere-se à manipulação dos gases, pois tornou-se mais fácil do que um combustível sólido (HENRIQUES, 2004). As vantagens também são em razão da menor utilização dos combustíveis fósseis, eliminação de patógenos, emissão de baixa concentração de particulados, aumento da produção de hidrogênio e de monóxido de carbono e diminuição da produção de dióxido de carbono (MARCHEZETTI, KAVISKI, BRAGA, 2011).

Em contraposição, as desvantagens recaem em razão de ser uma técnica pouco difundida, com baixo rendimento energético, pois se houver muita umidade no resíduo que está sendo processado, a operação torna-se mais difícil do que os processos que envolvem a queima direta, além do que se deve ter muita cautela com o vazamento de gases tóxicos (MARCHEZETTI, KAVISKI, BRAGA, 2011).

A realização de pré-tratamento dos resíduos, anterior a incineração, visa aumentar a homogeneização, baixar a umidade e melhorar o poder calorífico, de forma a transformá-lo em um combustível de qualidade para a máxima geração de energia (HENRIQUES, 2004).

2.1.4 Biodigestão

Os biodigestores são compostos por um recipiente (tanque) para alocar e permitir a digestão da biomassa, e o gasômetro, para armazenar o gás (GONÇALVES et al., 2016). O biodigestor consiste em uma câmara de fermentação, geralmente circular e construída abaixo do nível do solo, com a finalidade de proteger contra as variações climáticas e de temperatura (OLIVEIRA, 2009).

A classificação do biodigestor pode ser de forma contínua pelo abastecimento diário de biomassa, sendo a descarga proporcional com a entrada de biomassa, ou pode ocorrer de forma intermitente, quando utiliza a capacidade máxima de

armazenamento, retendo-a até a completa biodigestão (em casos de materiais com decomposição lenta utiliza-se o modelo de abastecimento intermitente) (GONÇALVES et al., 2016).

O benefício da biodigestão consiste na geração de biogás (energia renovável e limpa), substituinte ao gás de cozinha, pode ser utilizado em fogões, geladeiras e geradores de energia elétrica. A utilização do biogás, promove a redução do uso de óleo diesel, lenha e permite o máximo aproveitamento dos recursos locais a qual integra as atividades rurais e gera melhoria nas condições de higiene com a limpeza (OLIVER, 2008).

As desvantagens do processo de biodigestão estão relacionadas ao longo período de implantação do sistema, alto custo no processo de construção, alto custo de manutenção do motor a biogás, queda de produção de geração de biogás em períodos de baixas temperaturas durante o ano (ASSIS et al.; 2015).

O biogás é constituído por uma mistura de gases, cuja tipologia e porcentagem variam de acordo com as características do resíduo e as condições do processo de biodigestão, portanto, o biogás é constituído por 65% de metano, sendo o restante constituído por dióxido de carbono, outros gases como sulfeto de hidrogênio, o nitrogênio, hidrogênio e monóxido de carbono também compõem o biogás, porém em menores concentrações do que os gases anteriormente citados (PRATI, 2010).

A quantidade de biogás e energia que pode ser produzido em uma usina está relacionada com a composição do substrato utilizado, o volume do biodigestor e com a ação das bactérias na biomassa (PROBIOGÁS, 2010).

2.1.5 Incineração

De acordo com ABNT NBR nº 11.175 (1990), o incinerador é caracterizado como qualquer dispositivo, aparato ou estrutura utilizado para o processo de oxidação que ocorre em alta temperatura que tem como finalidade destruir, reduzir o volume ou recuperar materiais ou substâncias.

O primeiro incinerador destinado a queima de resíduo urbano foi projetado e construído por Alfred Fryer em 1874, na Inglaterra. O sistema era rudimentar e de operação extremamente simples. O incinerador consistia em um forno o qual os resíduos eram dispostos manualmente, e incinerados com a utilização de carvão. Os gases eram controlados por meio de registros dispostos na chaminé. Quanto as

escórias e as cinzas eram removidas após a extinção completa das chamas. A partir disso, os incineradores passaram a ser amplamente utilizados, como meio de destino final aos resíduos sólidos urbanos. Em 1920, na América do Norte havia cerca de 200 plantas em funcionamento, solucionando problemas de 150 cidades, tais como Nova York, Chicago, Nova Jersey e outras mais (LIMA, 1995).

No Brasil o primeiro incinerador foi construído em 1896, na cidade de Manaus, a capacidade do incinerador consistia em realizar a queima de 60 t de resíduo doméstico por dia (LIMA, 1995). Em Belém do Pará (PA), no século XIX, foi também instalado um incinerador, semelhante ao de Manaus, porém foi desativado em 1958, por não atender mais as necessidades locais.

Os incineradores que surgiram a partir de 1970, foram especificamente desenvolvidos para o tratamento de resíduos especiais, como aeroportuários, hospitalares, industriais, atendendo empresas de renome, bancos e prefeituras.

Em 1913 na cidade de São Paulo, foi instalado um incinerador com capacidade de processar 40 t de resíduo por dia constituído de um sistema de recuperação de energia (POLETTTO-FILHO, 2008). O incinerador localizado em São Paulo que foi instalado em 1913 foi desativado em 1948 e demolido em 1953.

Em 1950, houve uma enorme quantidade de incineradores residenciais prediais, que foram instalados na cidade do Rio de Janeiro, que em 1969 e em 1970 foram banidos, em razão das construções prediais e por serem considerados “caixas de queimar sem controle” (MENEZES, GERLACH, MENEZES, 2000). Os estágios evolutivos da incineração no mundo, podem ser verificadas conforme o QUADRO 3.

No Brasil, dois incineradores operaram desde 1993, o incinerador Ponte Pequena e o Vergueiro, ambos localizados em São Paulo e com capacidade de 300 t/dia (GRIPP, 2001).

A incineração contribui para a produção de energia e eletricidade (MORGADO, FERREIRA, 2006), não exige grandes áreas como aterro, mas apenas uma usina. O processo incentiva a triagem dos resíduos visto que alguns não podem ser levados diretamente ao incinerador (PARO, COSTA e COELHO, 2008).

QUADRO 3 - EVOLUÇÃO DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS NO MUNDO

GERAÇÃO	ANO	CARACTERÍSTICAS
1ª	1950-1965	Nesta fase a única função era reduzir o volume de lixo. Os gases eram descarregados diretamente na atmosfera, sem nenhum tratamento. A concentração de poeira atingia em torno de 1000 mg/Nm ³ (sendo que os sistemas normais atingem 3 mg/Nm ³ . As principais plantas de incineração foram Lousanne (1959), Berna (1954), Bruxelas (1957).
2ª	1965-1975	Neste período surgiram os primeiros sistemas de proteção ao meio ambiente, que reduziram as emissões para 100mg/Nm ³ . Foram criados os incineradores de câmara dupla para otimizar a eficiência da queima. Surgiram os primeiros interesses em recuperação de calor para a geração de energia.
3ª	1975-1990	Houve uma performance energética e desenvolvimento das normas de proteção ambiental. A população começa a estar mais atenta aos problemas de poluição. Neste período surgem os complexos sistemas de lavagem de gases, para reduzir as emissões de gases ácidos e neutralização HCl, SO _x , HF e metais pesados. Multiplicam-se os centros de co-geração de energia.
4ª	1990- atual	Existe enorme pressão dos movimentos verdes, o tratamento de gases é ainda mais sofisticado, buscando a meta de emissão zero. Os sistemas avançam para remoção de outros poluentes como NO _x , dioxinas e furanos. Desenvolvimento de tecnologias avançadas de tratamento para a produção de resíduos inerte, que podem ser reciclados ou disposto no ambiente sem nenhum problema. O avanço tecnológico também ocorre no processo de combustão, com o aumento de sistemas de turbilhamento, secagem, ignição, e controle da combustão.

FONTE: Adaptado de MENEZES (1999)² apud MENEZES, GERLACH, MENEZES (2000).

A incineração consiste em um processo de queima, na presença de excesso de oxigênio, no qual os materiais constituídos a base de carbono são decompostos, produzindo calor, cinzas e gases de combustão. O processo de incineração, ocorre, no incinerador, sendo um equipamento composto por câmaras de combustão, onde os resíduos são queimados em temperaturas de 800 a 1000 °C (IBAM, 2001). O processo consiste no aproveitamento do poder calorífico do material combustível que está presente no resíduo, por meio da queima e geração de vapor (MORGADO, FERREIRA, 2006).

² Menezes, Ricardo A., "Projetos e Tratamento por Destruição Térmica (Incineração) de Resíduos Sólidos Urbanos e Especiais - Indicadores Operacionais" - Capítulo do Curso (apostila) "Gestão Integrada de Resíduos Sólidos" - Menezes, Ricardo A. e Menezes, Marco Antônio A. - "Considerações sobre o Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (GRS)", Revista Limpeza Pública – ABLP – Associação Brasileira de Limpeza Pública, Ed., 53, Out/1999.

A FIGURA 1a demonstra o incinerador de resíduos localizado em Minas Gerais, e na 1b a usina de incineração de Stuttgart (Alemanha), com enfoque no incinerador.

FIGURA 1a - INCINERADOR DE RESÍDUOS LOCALIZADO EM MINAS GERAIS (BRASIL)



FONTE: ECOVITAL (2016).

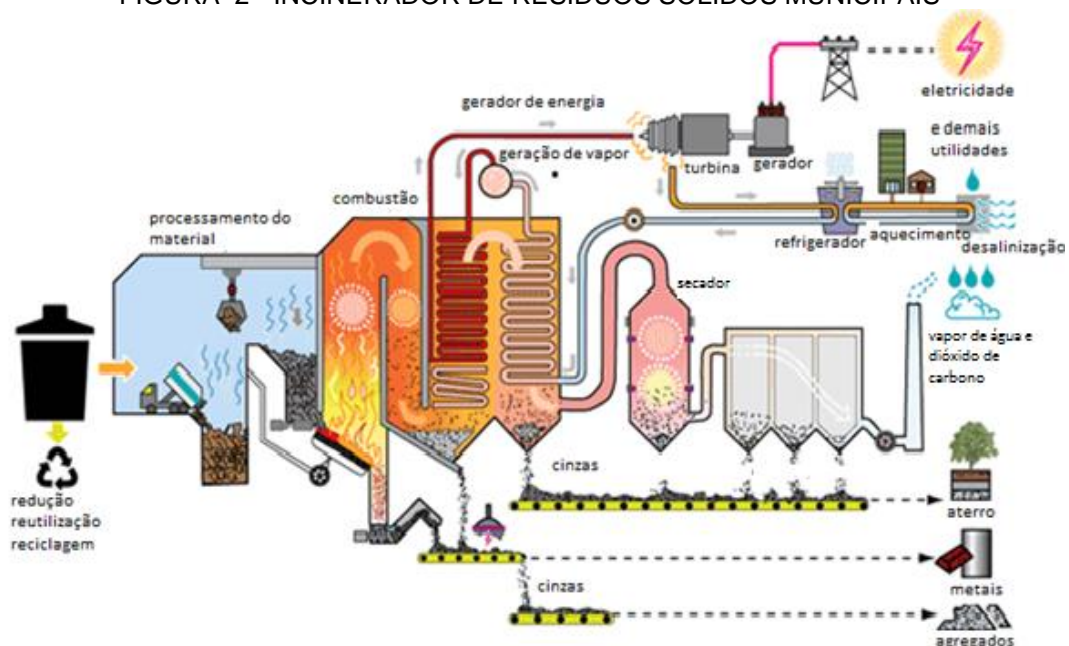
FIGURA 1b - USINA DE INCINERAÇÃO DA REGIÃO DE STUTTGART (ALEMANHA)



FONTE: EnBW (2016).

O incinerador é composto pela câmara de combustão, nesta os resíduos são inseridos a uma taxa de alimentação pré-definida e ocorre o processo de queima controlada, no incinerador também há uma câmara pós combustão onde é realizado a queima do monóxido de carbono e substâncias orgânicas contidas nos gases resultantes da câmara de combustão (BRASIL, 2012). A FIGURA 2 apresenta esquematicamente as etapas do processo de incineração com produção de energia.

FIGURA 2 - INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAIS



FONTE: Adaptado de Energy Information Administration (2016).

A configuração dos processos de incineração pode ser por meio da combustão em grelha (ABRELPE, PLASTIVIDA, 2012), nesta técnica os resíduos são descarregados em um fosso de armazenamento, (sem que ocorra um pré-tratamento), e por meio de garras, os resíduos são carregados e levados até o sistema de alimentação, para serem incinerados (KOPP, GÖDECKE, 2016).

A desvantagem da tecnologia da incineração está relacionada com a inviabilidade de RSU com menor poder calorífico, umidade excessiva que prejudica a combustão, faz-se necessário o uso de equipamentos para controle da combustão e elevados custos de investimento, operação e manutenção (POLETTO-FILHO, 2008).

Os tipos de resíduos que podem ser incinerados dividem-se em dois grandes grupos de resíduos orgânicos, onde um grupo contém basicamente carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O) os quais são convertidos em CO₂ e água e o outro grupo contém elementos metálicos, tais como chumbo (Pb) e sódio (Na) e não metálicos constituídos de cloro (Cl), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). As características dos resíduos e seu comportamento durante a combustão, determinam como os mesmos devem ser misturados, estocados e introduzidos na zona de queima (MUCCIACITO, 2014).

As operações de gestão de resíduos podem originar poeiras e odores, isto pode ser evitado, realizando todas as operações em condições controladas (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD & RURAL AFFAIRS, 2013). Os subprodutos da recuperação energética de resíduos podem gerar diversos rejeitos:

- a) Lixiviados;
- b) Cinzas;
- c) Metais ferrosos e não ferrosos;
- d) Resíduos do sistema de tratamento dos gases de combustão;
- e) Emissões gasosas na atmosfera.

Em usina de incineração ilustrado pela FIGURA 2 o resíduo separado é trazido por caminhões que o depositam em um *bunker*, na sequência os resíduos são movidos para grandes fornalhas, nas quais ocorrem a combustão em temperaturas de aproximadamente 1000 °C, sendo produzido vapor nos aquecedores (HINRICHS, KLEINBACH, REIS, 2014).

Os gases saem da câmara de combustão com temperaturas em torno de 800 a 1000 °C, sendo assim é necessário o resfriamento dos mesmos para posterior tratamento contra a poluição atmosférica (PHILIPPI JÚNIOR, ROMÉRO, COLLET, 2014).

O resfriamento dos gases normalmente ocorre em sistemas de trocadores de calor, que além de resfriarem os gases, aproveitam o calor, transformando em energia ou vapor (PHILIPPI JÚNIOR, ROMÉRO, COLLET, 2014). O vapor é responsável por gerar eletricidade ou pode ser aproveitado para utilização na indústria (HINRICHS, KLEINBACH, REIS, 2014).

Os gases de incineração após tratamento geram cinzas que são dispostas em aterro industrial (HINRICHS, KLEINBACH, REIS, 2014) e os efluentes líquidos gerados no processo que são tratados em estações de tratamento (PACHECO, HEMAIS, 2003).

O processo de combustão resulta em dois tipos de resíduos sólidos as cinzas e as escórias. As cinzas, resultante dos processos térmicos representam cerca de 20% a 30% do peso dos resíduos sólidos provindas do processo de alimentação do incinerador e 10% do volume. A quantidade de cinza dependerá do nível de pré-tratamento, antes de entrar no incinerador (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD & RURAL AFFAIRS, 2013). As escórias (metais ferrosos, materiais inertes como vidros e pedras) compõem de 15% a 20% da massa de resíduos sólidos (SANTAELLA et al, 2014). As sucatas ferrosas presente nas escórias podem passar por separadores eletromagnéticos e serem encaminhadas para reciclagem (CASIAN, 2013). Os materiais não passíveis de reciclagem, considerados rejeitos, devem ser encaminhados ao aterro industrial (SANTAELLA et al, 2014).

Em decorrência do processo de incineração, é importante ressaltar questões-chave, comuns a maioria dos locais de instalação de resíduos, tais como: tráfego, emissões atmosféricas, poeira, moscas, insetos e aves e barulho (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD & RURAL AFFAIRS, 2013).

O processo de incineração tem como desvantagens a emissão de grandes quantidades de CO₂, SO_x, CO e NO_x, material particulado (MP), dioxinas e furanos (PARO, COSTA e COELHO, 2008).

Existem fortes preocupações com os limites de poluentes atmosféricos que são emitidos durante a incineração que resultam em metais pesados e dioxinas (HINRICHS, KLEINBACH, REIS, 2014).

As dioxinas não são produzidas para fins comerciais Baird et al (2011) apud LOPES (2014). As dioxinas são compostos orgânicos que contém carbono, oxigênio e cloro (ALENCAR-JÚNIOR, GABAÍ, 2016). As mesmas são gases tóxicos a saúde humana, são formadas tanto na câmara de combustão, quanto na pós combustão (HINRICHS, KLEINBACH, REIS, 2014).

A formação de dioxinas e furanos estão relacionadas com os seguintes fatores (ALENCAR-JÚNIOR, GABAÍ, 2016):

- Baixas temperaturas de combustão;
- Tempo de residência no incinerador inferior a 1,5 segundos;
- Alto teor de monóxido de carbono (CO) (> 100 ppm na chaminé, referido a 7% de O₂);
- Excesso de oxigênio (favorece a recombinação dos fragmentos das moléculas, formando pontes entre anéis benzênicos);
- Resfriamento dos gases de combustão de forma lenta ou em cascata;
- Presença de moléculas precursoras, tais como dibenzodioxinas policloradas (PCDD), dibenzo furanos policlorados (PCDF) e bifenilas policloradas (PCB).
- Contato entre gases quentes e cinzas em suspensão;
- Presença de metais divalentes nas cinzas, tais como Níquel e Cobre, agindo como catalisadores.

A formação de PCDD's e PCDF's podem ser evitadas, para isso recomenda-se que as temperaturas sejam mantidas acima de 1200 °C, com tempo de residência de 2 segundos, quanto ao CO, na faixa de 40 a 50 ppm, excesso de oxigênio em torno de 3% (base seca) na chaminé e resfriamento rápido dos gases combustão, evitar acúmulo de cinzas principalmente em zonas de baixa temperatura, pode também ser realizado o pré-tratamento catalítico do resíduo adicionando CS₂, CaS, carvão com alto teor de enxofre ou cal ou utilizar dispositivos para a captação de particulados (ALENCAR-JÚNIOR, GABAÍ, 2016).

As dioxinas são consideradas, substâncias carcinogênicas potentes, causam câncer em animais e problemas genéticos (HINRICHS, KLEINBACH, REIS, 2014). Esta substância oferece riscos aos operadores da planta de incineração e a toda sociedade localizada no entorno, pois o vento e a poeira são responsáveis por transportar a substância mantendo a propriedade de Poluente Orgânico Persistente,

por isso é importante o atendimento da distância segura pelas plantas de incineração (ALMEIDA, 2012).

As usinas de incineração são fontes de micropartículas que atacam os pulmões e comprometem a saúde respiratória, as partículas podem alojar-se nos alvéolos pulmonares causando asma e bronquite asmática (ALMEIDA, 2012).

O QUADRO 4 apresenta limites de emissão para processos de incineração. Os limites para dioxinas e furanos são mais restritivos na Comunidade Europeia, quando comparados com o Brasil, excetuando-se os limites definidos pelo Estado de São Paulo.

O controle da poluição do ar do incinerador para a mínima liberação de emissões, consiste em um sistema de recirculação dos gases de combustão e lavagem de gases, onde os gases são neutralizados em uma solução de cal e água. Após passar pelo sistema de lavagem, os gases passam por filtro de manga para remover as partículas. Finalizado o processo, os gases são devolvidos a atmosfera (WHITING, FANNING, WILYMAN, 2013).

QUADRO 4 - LIMITES DE EMISSÕES PARA UNIDADES DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS

PARÂMETRO	EPA 40 Ref. O ₂ 7%	EU 2007/07/CE Ref. O ₂ 6%	CONAMA nº 316/2002 Ref. O ₂ 7%	SMA - SP 079/2009 Ref. O ₂ 11%	SEMA 016/2014 Ref. O ₂ 7%	UNIDADE
MP	69	10	70	10	70	mg/Nm ³
NO _x	250	200	560	200	560	mg/Nm ³
SO _x	55	50	280	50	280	mg/Nm ³
HCl	100	10	80	10	80	mg/Nm ³
CO	40	50	125	50	125	mg/Nm ³
Hg	0,55	0,05	-	0,05	0,28	mg/Nm ³
Cd+Ti	0,16	0,05	-	0,05	0,28	mg/Nm ³
HF	-	1	5	1	5	mg/Nm ³
Dioxinas e furanos	1,0	0,1	0,50	0,1	0,50	ng/Nm ³

FONTE: EPA 40 CFR Part 40 (Agencia Ambiental Norte Americana), EU 2007/07/CE (Comunidade Europeia) apud ABRELPE, PLASTIVIDA (2012)., BRASIL (2002), SÃO PAULO (2009), PARANÁ (2014).

No Brasil, a incineração é utilizada exclusivamente para tratamento de resíduos perigosos (como os de serviço de saúde), os quais devem passar por um processo de descaracterização de sua periculosidade e patogenicidade. No Paraná existe apenas uma empresa que atua com o sistema de incineração de resíduos perigosos (proveniente de fontes industriais e de saúde), que está sediada em Curitiba (PARANÁ, 2013).

A resolução SEMA,nº 43/2008 do Estado do Paraná, dispõe sobre o licenciamento ambiental e estabelece condições e critérios para empreendimentos de incineração de resíduos sólidos e também procedimentos operacionais, limites de emissão e controle de equipamentos. Os critérios para localização, implantação e operação dos empreendimentos de incineração, devem:

- Estar localizados a uma distância de 30 vezes a altura da sua chaminé, sendo no mínimo 300 metros do limite de área industrial ou rural, assim definida pelo município;
- Quanto a localização, devem ser consideradas as condições ambientais da área e do seu entorno, bem como, a direção predominante dos ventos na região, de forma a impedir a propagação de emissão atmosférica para cidades, núcleos populacionais e habitações e outros estabelecimentos públicos mais próximos;
- Os empreendimentos devem estar localizados fora das zonas de amortecimento de unidades de conservação, definidas pelo Plano de Manejo e, na ausência deste, a no mínimo, 10 km de unidades de conservação;
- Estar localizados a uma distância mínima de 1.000 m de residências e/ou estabelecimentos públicos como hospitais, escolas, clubes e similares, podendo ser ampliada após avaliação da direção predominante dos ventos na região e do estudo de dispersão das emissões atmosféricas; e localizar-se fora de Áreas de Proteção aos Mananciais, definidas pela legislação vigente e em outras áreas de captação de água para abastecimento público.

2.1.5.1 Tratamento de resíduos sólidos por incineração

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), a prioridade é a prevenção e a redução quanto a geração de resíduos sólidos, em segundo momento deve ser realizado a reciclagem e/ou reutilização dos resíduos gerados e a partir disso a destinação final dos rejeitos (BRASIL, 2010).

A destinação final via aterro sanitário referem-se a forma mais barata, porém não é o melhor modo de gerir o problema, pois o volume de matérias-primas e de energia desperdiçadas nos resíduos sólidos se contrapõe ao compromisso de desenvolvimento sustentável. Sendo assim, há a necessidade de serem criadas novas tecnologias de fabricação, novas formas de educação ambiental, e novas tecnologias de tratamento (PHILIPPI JÚNIOR, ROMÉRO, COLLET, 2014).

O aproveitamento energético dos RSU tem sido uma alternativa ambientalmente correta de tratamento de resíduos. O tratamento térmico pode ser aplicado a qualquer resíduo que tenha a composição química baseada nos elementos carbono e hidrogênio, proveniente de atividades industriais, domésticas, comerciais e rurais (BRASIL, 2012).

O aproveitamento energético é previsto na Lei 12.305 de (2010), a qual aborda que podem ser utilizadas tecnologias visando a recuperação energética de resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada a viabilidade técnica e ambiental juntamente com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos, devidamente aprovado pelo órgão ambiental (BRASIL, 2010).

A recuperação energética é utilizada para denominar os métodos e processos industriais que permitem recuperar parte da energia contida nos resíduos sólidos (ABRELPE, PLASTIVIDA, 2012). O aproveitamento energético está relacionado com a forma de destinação final ambientalmente adequada que se refere a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a própria recuperação e aproveitamento energético, atendendo as normas operacionais específicas, de modo a evitar danos e riscos a saúde pública e a segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010)

A reciclagem, a compostagem, a recuperação energética e o aterro sanitário são formas de destinação definidas pela Lei 12.305/2010. Porém, a forma de destinação tradicionalmente associada a recuperação energética é a incineração.

A produção de energia elétrica pela incineração dos resíduos sólidos urbanos ocorre nas chamadas usina *Waste to energy*, que em média são capazes de produzir entre 450 a 700 kWh por tonelada de resíduo. As usinas de incineração utilizam o vapor do processo para a produção de energia (SAIANE, DOURADO, TONETO-JÚNIOR, 2014).

A unidade de incineração de resíduos Spittelau, foi projetada por Friedensreich Hundertwasser, tem capacidade de processar aproximadamente 250.000 toneladas de resíduos por ano e produz 470.000 kWh de calor e 40.000.000 kWh de eletricidade por tonelada (IFAT, 2016).

A planta de incineração situada em Lenzing – Áustria, possui uma tecnologia avançada para proteção do meio ambiente, está localizado em uma famosa área turística em torno do lago Attersee. As vantagens da incineração estão relacionadas

quanto a demanda energética, a diminuição do odor e a redução da quantidade de resíduo depositada em aterro (ÁUSTRIA, 2010).

Em Lakeside, localizada em Londres, a operação dos resíduos iniciou em 2010, por meio do uso de uma tecnologia avançada. A planta de incineração recupera energia a partir de 410.000 t de resíduos por ano. A instalação gera eletricidade suficiente para satisfazer as necessidades e abastecimento de 50.000 casas. De modo geral, a planta gera 250.000.000 kWh de eletricidade anualmente a rede nacional que resulta em 610 kWh de eletricidade por tonelada (WHITING, FANNING, WILYMAN, 2013).

A partir do reconhecimento de diferentes tipologias de aproveitamento energético de RSU, também compreensão do processo de incineração realizou-se o estudo de caso da cidade de Campo Largo.

3 ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE CAMPO LARGO

O foco do presente estudo foi a cidade de Campo Largo, a partir do reconhecimento das principais características da técnica de incineração, buscou-se informações referente ao gerenciamento, tipologia, quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados, coleta e tecnologia utilizada na destinação dos RSU gerados.

3.1 MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO

A cidade escolhida para o presente estudo foi Campo Largo, localizada na região metropolitana de Curitiba (distante a 29 km da capital), do Estado do Paraná. De acordo com o censo do ano de 2010, a estimativa da população para o ano de 2015 encontra-se em 125.719 habitantes e a área territorial total é de 1.243,552 km² (IBGE, 2016) e sob as coordenadas geográficas 25°27'33.36"S e 49°31'.36.70"W e altitude de 958 m.

Os municípios limítrofes de Campo Largo são: Castro, Campo Magro, Itaperuçu, Ponta Grossa, Araucária, Balsa Nova, Curitiba (capital do estado do Paraná) e Palmeira (CAMPO LARGO, 2012), conforme a FIGURA 3.

FIGURA 3 - MAPA DA CIDADE DE CAMPO LARGO



FONTE: CAMPO LARGO (2014).

Os limites da cidade de Campo Largo, ao norte o Rio Ribeira, a nordeste o Açungui, a leste o Córrego Frio ou Ouro Fino, a sudeste o Passaúna, ao sul o Rio Verde e a sudoeste o Rio Itaqui, ao oeste a Serra de São Luiz do Purunã e ao noroeste o Rio Conceição. O principal acesso a cidade de Campo Largo é por meio da Rodovia Federal BR - 277, além da Rodovia Federal existem acessos secundários pela PR – 090 (conhecida como estrada do Cerne), a PR 423 que liga a BR 277 a BR 116 e a PR 510 que liga Campo Largo a cidade de Balsa Nova (CAMPO LARGO, 2016).

O Distrito de Campo Largo foi criado pela Lei nº 23 da Província de São Paulo, em 12 de março de 1841 (CAMPO LARGO, 2014). No entanto, o município foi instituído pela Lei Estadual nº 219 de 02 de abril de 1870, nesta data foi criado o município de Campo Largo desmembrado do território da cidade de Curitiba, oficialmente a instalação só ocorreu no próximo ano no dia 23 de fevereiro de 1871 (CAMPO LARGO, 2012).

A cidade ficou conhecida como a capital da louça, isso em razão da habilidade artística a qual surgiram as obras de arte em barro e, nas indústrias, a tecnologia avançada na forma de louça e porcelana (CAMPO LARGO, 2012).

3.1.1 Gestão de resíduos sólidos em Campo Largo

A medida que ocorre o crescimento da cidade e o desenvolvimento populacional gera aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados. De acordo com Campo Largo, (2007), são gerados no município de Campo Largo, aproximadamente 41,5 t/ dia de resíduos sólidos, incluem neste valor os resíduos provenientes de residências, comércio, prefeitura, cemitérios, resíduos orgânicos, gerados pelas indústrias locais e serviços de saúde.

O gerenciamento dos resíduos gerados pelo próprio município realiza-se pela administração dos serviços de limpeza pública da cidade de Campo Largo, o qual busca (CAMPO LARGO, 2007):

- Coletar e transportar os resíduos sólidos e compactáveis até a estação de transbordo;
- Coletar, transportar e se responsabilizar pelo tratamento e destinação final dos resíduos de serviço de saúde das unidades municipais, devidamente embalados e acondicionados em veículos específicos;

- Coletar e transportar os materiais recicláveis até o local indicado na área de município de Campo Largo;
- Prestar o serviço de varrição manual e mecanizada das vias e logradouros públicos;
- Operar a estação de transbordo e transporte do resíduo gerado no município em equipamentos apropriados até o aterro.

O município de Campo Largo realiza o serviço de coleta de resíduos domésticos (CAMPO LARGO, 2007). O referido serviço atende toda a área urbana do município, os distritos e 3% da área rural (CAMPO LARGO, 2014). O sistema de coleta ocorre em dois turnos (diurno e noturno), a região do anel central recebe a coleta diariamente e as demais regiões recebem coleta de forma alternada (sendo três vezes por semana). Nas regiões mais distantes ocorrem coletas quinzenalmente (CAMPO LARGO, 2014).

Os RSU gerados no município de Campo Largo correspondem a matéria orgânica, papel/ papelão, plástico rígido, plástico maleável, embalagens politereftalato de etileno (PET), embalagem cartonada, vidro, metal não ferroso, borracha, têxteis, madeira, cerâmica, porcelana, rejeito, isopor, fralda e policloreto de vinil (PVC) (CAMPO LARGO, 2007).

De acordo com Campo Largo (2007), no levantamento físico qualitativo dos resíduos gerados pela cidade foram encontrados além dos resíduos citados anteriormente, resíduos do serviço de saúde (RSS), como seringas, luvas cirúrgicas, bolsas plásticas (glicose) e remédios, materiais altamente perigosos que não deveriam estar sendo destinados ao resíduo comum.

Além dos RSS, foram identificados materiais contendo óleos, graxas, estopas contaminadas e filtros de carro, materiais originados por oficinas mecânicas de médio porte, também foram identificados na coleta dos resíduos domésticos, lâmpadas, pilhas e baterias (CAMPO LARGO, 2007).

O município não criou uma legislação que difere grandes e pequenos geradores, porém, seguem as determinações estabelecidas pelo Decreto nº 983, da cidade de Curitiba, que identifica por resíduos domiciliares, os resíduos gerados por habitações cuja coleta é realizada na quantidade máxima de 600 L por semana (CURITIBA, 2004).

No município de Campo Largo, os empreendimentos que geram acima de 600 L (considerados grandes geradores) de resíduos por semana não são contemplados pela coleta pública municipal e devem contratar empresas que realizem este serviço. Os locais que não possuem coleta pública são os mercados, restaurantes, hotéis e comércios de grande porte (CAMPO LARGO, 2014).

A composição física dos resíduos sólidos urbanos gerados em Campo Largo, correspondente a 42,2% de matéria orgânica, 11,4% de rejeito e 10,7% de plástico maleável (estes dados resultam do processo de amostragem realizado durante 9 dias pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente da referida cidade) (CAMPO LARGO, 2007), representados na TABELA 1.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO FÍSICA DOS RSU DE CAMPO LARGO

COMPONENTES	PESO (Kg)	PORCENTAGEM (%)
Matéria orgânica	207,2	42,2
Papel/papelão	40,0	8,1
Plástico rígido	17,9	3,6
Plástico maleável	52,4	10,7
Embalagem PET	5,9	1,2
Embalagem Longa Vida	4,7	1,0
Vidro	15,4	3,1
Metal não-ferroso	2,9	0,6
Metal ferroso	8,9	1,8
Borracha	9,6	2,0
Têxteis	24,8	5,1
Madeira	2,3	0,5
Material de Construção	0,0	0,00
Cerâmica	0,4	0,1
Porcelana	0,3	0,1
Pneus	0,0	0,00
Rejeito	56,1	11,4
Isopor	2,2	0,5
Fralda	39,5	8,0
PVC	0,8	0,2
Total	491,3	100

FONTE: Adaptado de Campo Largo (2007).

Os resíduos recicláveis coletados no município de Campo Largo, tanto nas áreas urbanas como rurais, inclusive a coleta realizada nas escolas e comércio são encaminhados para empresas de reciclagem, onde ocorre a segregação dos materiais

por tipologia, papel, papelão, plástico, metal e em seguida, os materiais são prensados e vendidos as indústrias recicladoras (CAMPO LARGO, 2007).

Os resíduos chegam até as Associações de Reciclagem por meio de caminhões de entrega, os quais descarregam os materiais em uma plataforma elevada, e em seguida, são despejados, manualmente por um ou mais associados nas esteiras elétricas para segregação. Posteriormente, após a triagem, os materiais são encaminhados para a prensa hidráulica, os quais são prensados, enfardados e pesados. Os materiais recicláveis são mantidos no barracão de triagem até juntar uma maior quantidade para revender a grandes empresas de reciclagem (CAMPO LARGO, 2014).

Além das recicladoras, o município conta com os serviços de diversos catadores informais que atuam há anos neste ramo, e coletam quantidades relevantes na contabilização da coleta, sendo de 12 a 15 t coletas e segregadas por mês (CAMPO LARGO, 2014).

As principais informações referentes a pequenos recicladores encontram-se concentradas no QUADRO 5, como a finalidade do presente estudo não está condicionada a identificação dos catadores, os mesmos estão identificados como “A”, “B”, “C” e assim sucessivamente até a letra “G”.

Os RSU da cidade de Campo Largo, além de serem coletados por pequenos recicladores também ocorre via coleta pública, onde os RSU são coletados pelos caminhões compactadores e enviados para a área de transbordo, local em que são descarregados em carretas de maior porte, com capacidade de 70 m³. Então, quando atingem a capacidade máxima as carretas transportam os resíduos até um aterro sanitário particular, localizado no município de Fazenda Rio Grande, percorrendo aproximadamente 53 km, atingindo o tempo de viagem equivalente a uma hora (CAMPO LARGO, 2014).

Além de Campo Largo, o aterro recebe os resíduos dos municípios de: Almirante Tamandaré, Bocaiuva do Sul, Colombo, Curitiba, Mandirituba, Quintandinha, São José dos Pinhais, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Magro, Contenda, Fazenda Rio Grande, Quatro Barras, Piên, Pinhais, Piraquara, Tijucas do Sul e Tunas do Paraná (CAMPO LARGO, 2014).

QUADRO 5 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DE GRUPOS DE CATADORES INFORMAIS

CATADOR INFORMAL	CARACTERÍSTICAS GERAIS
A	Atua há oito anos no município de Campo Largo, conta com o auxílio de nove pessoas para coletar e segregar os resíduos. Os resíduos são comercializados por tipologia específica, sendo o plástico e o ferro enviado para empresas de reciclagem de Araucária, o ferro também é enviado para empresas de Curitiba e o vidro para uma empresa de São José dos Pinhais.
B	Atua com uma equipe de 11 pessoas, possui uma prensa hidráulica, porém não atende as condições de armazenamento, pois os resíduos ficam expostos às intempéries ambientais, comprometendo a qualidade do material segregado. Os principais compradores dos materiais segregados é uma empresa recicladora de Curitiba, e o catador informal representando pela letra "A" que compra os vidros.
C	Desenvolve o serviço a mais de sete anos, com ele atuam sete funcionários e mais dois filhos. Os resíduos coletados não são armazenados em área coberta, ficando expostos às condições climáticas, além disso, ficam diretamente em contato com o solo, o que oferece riscos a saúde pública, enfrentando diversas dificuldades com a Vigilância Sanitária.
D	Atuam mais de oito anos nesta atividade e possuem uma equipe com cinco funcionários. Realizam a coleta de materiais específicos, por isso não tem interesse de receber materiais recicláveis da prefeitura. A partir do que coletam realizam o processo de moagem do plástico, agregando valor ao subproduto e facilitando o armazenamento. O grupo "D" apresenta todos os cuidados com a limpeza, porém a localização da unidade encontra-se em uma Área de Proteção Ambiental (APA).
E	Há dez anos trabalha com a reciclagem, conta com quatro funcionários, mais ele e a esposa. O barracão apresenta más condições, apresentando riscos de proliferação de vetores.
F	No distrito de Ferraria existem unidades que recebem e recolhem todos os tipos de materiais recicláveis, porém apresentam más condições de trabalho e armazenamento. A unidade "F" possui dois funcionários que coletam e recebem os materiais, porém não realizam o controle de pesagem mensal.
G	A unidade de reciclagem possui funcionários e nela ocorre o beneficiamento de garrafas PET cedidas diretamente por unidades industriais, portanto, a unidade realiza a geração de renda, empregabilidade e preservação do meio ambiente

FONTE: Adaptado de Campo Largo (2014).

O aterro sanitário possui 267,5 ha com área licenciada para atuar em 60 ha, tendo então capacidade máxima de recebimento de 8.583.210 t de resíduos (CAMPO LARGO, 2014).

De acordo com o Campo Largo (2014), foram enviados para aterro no ano de 2013, aproximadamente 19.000,44 t de resíduos sólidos, apresentando uma média de 1.583,37 t por mês.

De acordo com o Campo Largo (2014), o aterro deve dispor de uma estrutura adequada para tratamento dos RSU com:

- Sistema de drenagem de água pluvial;
- Sistema de drenagem de gás de chorume;
- Compactação de resíduos por meio de tratores;
- Cobertura de resíduos com camada de argila diariamente.

Nas áreas rurais da cidade de Campo Largo, ainda não existem pontos de entrega voluntária de RSU, sendo assim, com a finalidade de promover a destinação final de forma correta dos rejeitos, sugere-se que sejam instalados pontos de entrega voluntária, locais onde a população deposita os resíduos, para posterior coleta. Nestes locais, devem haver subdivisões, para evitar a mistura dos materiais, podem ser feitos de plástico, material metálico, ou alvenaria, para evitar a mistura dos materiais e garantir o armazenamento na área de transbordo (CAMPO LARGO, 2014).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 IDENTIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS DADOS REFERENTE AOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A identificação dos resíduos e a coleta dos dados foram embasadas em documentos solicitados a Prefeitura Municipal de Campo Largo, tais como o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS) e também pelo Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Os documentos foram solicitados via visita na Prefeitura de Campo Largo, os quais foram enviados via eletrônica.

A partir da análise destes dois instrumentos de dados, possibilitou identificar a realidade da cidade de Campo Largo, por meio de um estudo de caso, pois no Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos (CAMPO LARGO, 2007), podem ser verificados os resíduos gerados, os principais bairros geradores, a quantidade de resíduos enviada para aterro. No Plano Municipal de Saneamento Básico podem ser identificados a atualização dos dados referente a 2011 e a 2013 (CAMPO LARGO, 2014).

As informações obtidas no PGIRS e no PMSB eram respectivamente de 2007 a 2014, as quais foram validadas e atualizadas por meio de um questionário (APÊNDICE) realizados em setembro de 2016, com o apoio da Secretaria Municipal do Meio Ambiente da Cidade de Campo Largo.

As informações validadas foram quanto a identificação dos resíduos gerados (materiais perigosos e não perigosos), periodicidade, turno da coleta, análises qualitativas e quantitativas dos resíduos gerados referente aos anos de 2013, 2014, 2015 e até maio de 2016, referente a cidade de Campo Largo. O questionário foi respondido pessoalmente e as planilhas enviadas via eletrônica, as quais foram fundamentais para análise dos dados obtidos.

A partir disso, os dados foram analisados e realizou-se a média anual dos RSU da cidade de Campo Largo, para a realização da comparação entre os anos de 2013 a 2016.

O valor de referência para determinação da vazão molar do RSU, da vazão mássica do oxigênio, determinação dos gases de combustão e aproveitamento energético de Curitiba obteve-se por meio do contato realizado com o Departamento de Limpeza Pública do município, o qual solicitou que as informações necessárias fossem requeridas formalmente por e-mail.

Os dados solicitados para a cidade de Curitiba foram referentes a quantidades mensais (de janeiro a dezembro), de 2014, 2015 e até agosto de 2016, a qual obteve-se como retorno do Departamento de Limpeza Pública o envio de três planilhas de controle interno que constam os valores das pesagens dos RSU gerados em Curitiba.

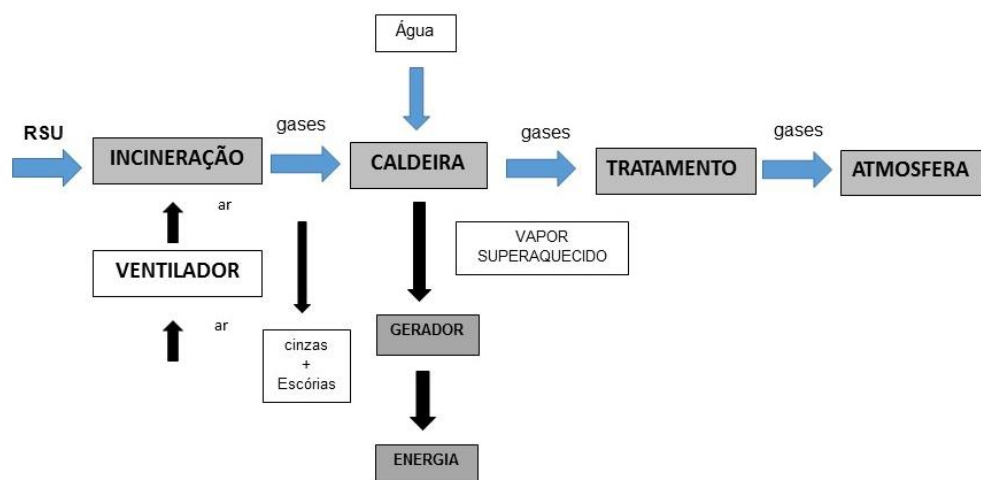
O Departamento de Limpeza Pública utiliza nas planilhas a nomenclatura resíduo convencional ao resíduo coletado via caminhões de coleta pública, ou seja, ao RSU. As três planilhas recebidas foram ajustadas em uma planilha, constando apenas as informações necessárias que se encontra disponível no anexo II.

Os registros fotográficos quanto à disposição dos RSU gerados foram referentes aos bairros Águas Claras, Santa Ângela, San Marcos, proximidade do Centro, Ouro Verde, Ferraria e Itaqui. A definição dos bairros, foi em razão de seguir o que era proposto pelo PGRS no ano de 2007.

4.2 ESTIMATIVA DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CAMPO LARGO

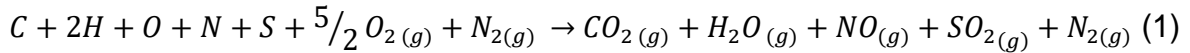
O diagrama de blocos ilustrado pela FIGURA 4, representa as principais etapas que fazem parte do processo de incineração com foco na geração de energia a partir do RSU.

FIGURA 4 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROCESSO DE INCINERAÇÃO DE RSU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA



FONTE: A autora (2016).

O diagrama de blocos (FIGURA 4) representa a entrada do RSU no processo de incineração, porém para a determinação da composição dos RSU baseou-se na reação química entre a matéria orgânica (carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre) (POLETTTO, 2008), presente no RSU com o ar, conforme a equação 1.

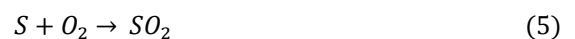


Os gases de combustão formados neste processo foram considerados apenas: dióxido de carbono (CO₂), vapor d'água (H₂O), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de enxofre (SO₂) e nitrogênio (gasoso).

A determinação dos elementos (carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre), tiveram como base a TABELA 3 - ANEXO III (POLETTTO-FILHO, 2008). A definição de cada elemento realizou-se a partir da média de cada elemento em base seca baseada em estudos bibliográficos que apresentam proporção de cada elemento (POLETTTO-FILHO, 2008; THEMELIS et al, 2013).

A combustão ocorre a partir da reação do oxigênio com os demais elementos químicos que compõem o resíduo, tais como o carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre que caracterizam o processo de incineração.

As respectivas reações de combustão estão apresentadas abaixo:



Em seguida, determinou-se a massa molar mínima do RSU. O método consiste em estabelecer uma relação estequiométrica entre um elemento de menor porcentagem com os demais da amostra. O método está explicado abaixo.

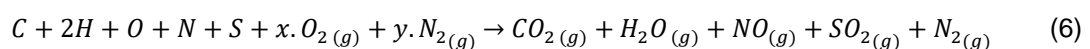
- Inicialmente, partiu-se de uma amostra contendo as porcentagens de cada elemento químico no RSU;

- Realizou-se a normalização de cada elemento. Este procedimento foi realizado em razão de ser desprezada a porcentagem do efeito das cinzas na composição do RSU, baseada nos elementos carbono, hidrogênio, oxigênio e enxofre (anexo III);
- Em seguida, dividiu-se esta porcentagem pela respectiva massa molar de cada elemento químico, obtendo assim a quantidade molar de cada elemento;
- Para obter a relação de cada elemento químico em função ao de menor porcentagem, foi necessário dividir a quantidade de cada elemento, obtida no passo anterior, pela quantidade molar do elemento de menor porcentagem;
- Multiplicou-se a quantidade obtida no passo anterior pela respectiva massa molecular de cada elemento;
- Por fim, somou-se todos os valores obtidos no passo anterior e foi determinado a massa molar mínima do RSU.

Em relação a quantidade de cada componente em relação ao enxofre, foi feito, para determinar a fórmula molecular mínima do RSU, ou seja, a quantidade de mols proporcional a cada elemento.

Assim, podemos calcular a quantidade de oxigênio para a combustão unindo todas as equações anteriores. Deve-se ressaltar que o RSU também possui oxigênio e que o ar para fazer a combustão é uma mistura entre oxigênio e nitrogênio, sendo respectivamente 21% e 79% molar (USP, 2016).

Através da massa molecular mínima, foi possível determinar a quantidade molecular de cada elemento. Assim, foi realizado um balanço molecular utilizando a equação (1) e, conseqüentemente, foi possível determinar os valores de x, que corresponde a proporção estequiométrica do oxigênio. E, utilizando a relação molar do ar, calculou-se y, a proporção de nitrogênio (equação 6).



A partir da definição da massa molecular do RSU, realizou-se o cálculo da determinação da vazão molar e da vazão mássica do oxigênio e do nitrogênio.

4.2.1 Cálculo para determinação da vazão molar e da vazão mássica do oxigênio e do nitrogênio necessário para o processo de incineração do resíduo sólido urbano

A determinação da vazão molar foi realizada por meio da relação estequiométrica de 1 mol de RSU para a proporção de mols de oxigênio, o qual realizou-se com base na seguinte relação.

$$n_{RSU} = \frac{m_{RSU}}{M_{RSU}} \quad (7)$$

Em que:

n_{RSU} – Vazão molar de RSU (kmol/s)

M_{RSU} – Massa molar dos RSU (g/mol)

m_{RSU} - Vazão mássica de RSU (kg/s)

A partir da relação estequiométrica necessária para a incineração entre o RSU e o oxigênio e da vazão molar de RSU, foi possível determinar a vazão molar mínima do oxigênio necessária para o processo de combustão, conforme equação (8).

$$n_{min,O_2} = n_{RSU} * \text{proporção estequiométrica de oxigênio (mols)} \quad (8)$$

Em que:

n_{O_2} - vazão molar mínima (kmol/s)

n_{RSU} – Vazão molar de RSU (kmol/s)

A partir da aplicação da equação (9) foi possível determinar a vazão mínima do oxigênio utilizado na incineração, por meio da vazão molar e da massa molar de oxigênio, conforme relação.

$$m_{O_2,min} = n_{O_2} * M_{O_2} \quad (9)$$

Em que:

M_{O_2} – Massa molar do oxigênio (g/mol)

$m_{O_2,min}$ – vazão mínima de oxigênio necessário (kg/s)

n_{O_2} - quantidade em mols de oxigênio (kmol/s)

A combustão total do RSU para ser atingida necessita de um excesso de oxigênio que, para este caso, considerou-se 70% (IBAM, 2001).

O mesmo método foi aplicado para verificar a vazão molar do nitrogênio a partir da relação estequiométrica de 1 mol de RSU para a proporção de mols de nitrogênio. A partir do resultado da equação 1, foi possível determinar a vazão molar e a vazão mássica de nitrogênio mínima necessária para o processo de incineração. O excesso de nitrogênio foi considerado 70% (RIGATO, 2008).

A partir disso, foi possível estimar a vazão do ar, sendo então:

$$m_{ar} = m_{O_2} + m_{N_2} \quad (10)$$

Em que:

m_{ar} - vazão mássica de ar (kg/s)

m_{O_2} - vazão de oxigênio (kg/s)

m_{N_2} - vazão de nitrogênio (kg/s)

4.2.2 Cálculo para a determinação da vazão dos gases de combustão resultantes do processo de incineração do resíduo sólido urbano

A vazão dos gases de combustão pode ser obtida por um balanço de massa no incinerador, representado pela seguinte equação:

$$\dot{m}_{GC} = \dot{m}_{RSU} + \dot{m}_{ar} - \dot{m}_{cinza} \quad (11)$$

Em que:

\dot{m}_{cinza} : vazão de cinza (kg/s)

\dot{m}_{GC} : vazão dos gases de combustão (kg/s)

m_{O_2} – vazão do ar necessário (kg/s)

m_{RSU} - Vazão mássica de RSU (kg/s).

A determinação dos gases de combustão, depende da vazão mássica do RSU, da vazão do oxigênio e da vazão de cinza resultante do processo de incineração. A determinação da quantidade de cinza (\dot{m}_{cinza}) produzida no equipamento teve como base a média da quantidade de cinza produzida sendo de 20% a 30% correspondente a 25%, juntamente com a média da quantidade de escórias geradas no processo de incineração que corresponde de 15% a 20%, então as escórias representam 17,5%

da vazão dos RSU, totalizando em 42,5% (DEPARTAMENT FOR ENVIROMENT FOOD & RURAL AFFAIRS 2013).

A partir destes dados torna-se possível analisar a vazão mássica dos gases de combustão resultantes do processo de incineração de RSU.

4.2.3 Cálculo para determinação do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos

O ar antes de entrar no incinerador passa pelo ventilador, onde a temperatura tende a aumentar, em razão do aumento da pressão. A temperatura de admissão do ar no incinerador foi considerada de 25 °C e a temperatura de saída dos gases do incinerador considerou-se 530 °C (SANTI, 2012).

A realização do valor de entalpia foi por meio do site³ <<http://www.agais.com/toolbox/psicrometria3.php>> (SILVA, 2017). Para determinação do valor da entalpia do ar foi necessário:

- Definir o valor da temperatura de admissão do ar no incinerador, a qual considerou-se 25 °C (SANTI, 2012);
- Determinar a temperatura do bulbo úmido, onde considerou-se de forma aleatório de 18 °C;
- Definir a altitude da área estudada. A cidade de Campo Largo tem altitude de 956 m em relação ao nível do mar (IPARDES, 2017).

O valor de entalpia obtido a partir do site foi de 55,19 kJ/kg.

No entanto, antes da realização do cálculo, foram estabelecidas algumas hipóteses, tais como:

- O efeito da cinza foi desconsiderado, pois não foi possível encontrar dados precisos sobre sua energia;
- A entalpia de formação dos gases de combustão também foi desconsiderada, pois é imprescindível dizer de qual composto o RSU é formado.
- A entalpia devido aos gases no incinerador também foram desconsiderados;
- A eficiência do processo foi considerada como sendo de 28% (THEMELIS et al, 2013; SILVA et al 2014).

³ <<http://www.agais.com/toolbox/psicrometria3.php>> acesso em 26 de mar. 2017.

- O valor correspondente ao PCI do resíduo foi de 2.388,5 kcal/ kg o qual foi convertido para 9998,08 kJ/kg (PAVAN, 2010).

A partir disso, realizou-se o cálculo da energia total produzida no incinerador (após o processamento do RSU) que pode ser calculado, a partir da entalpia do RSU e da entalpia do ar de admissão por meio da equação a seguir:

$$E_T = \dot{m}_{RSU} * PCI + \dot{m}_{ar} * \Delta H_{ar} \quad (12)$$

Em que:

E_T – Energia Total (kJ/s)

\dot{m}_{RSU} – Vazão mássica de RSU (kg/s)

PCI – Poder calorífico inferior (kJ/kg)

\dot{m}_{ar} – vazão de oxigênio (kg/s)

ΔH_{ar} – Entalpia do ar de admissão (kJ/kg)

A partir da aplicação dos cálculos para Campo Largo e Curitiba, houve a comparação dos dados entre as cidades, onde foi possível analisar o potencial de geração de energia a partir do RSU gerado.

4.2.4 Cálculo referente a quantidade de residências que podem ser abastecidas com a energia gerada a partir do resíduo sólido urbano

O consumo médio mensal de energia elétrica por residência (equação 13), foi obtida pelo website da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016), que contém dados referente a quantidade de consumidores da região sul e o consumo de energia das residências da região sul.

$$\text{consumo residencial médio mensal} = \frac{\text{energia consumida total (MWh)} \times 1000}{\text{número de residências}} \quad (13)$$

Para a estimativa da quantidade de residências que poderiam ser abastecidas, considerando a energia gerada a partir do RSU, durante uma hora, utilizou-se a equação 14.

$$n = \frac{\text{Energia total (MWh)} \times 1000}{\text{Consumo médio horário residencial (kWh)}} \quad (14)$$

O resultado obtido corresponde a estimativa da quantidade de residências de Campo Largo, que podem ser abastecidas a partir do RSU gerado na própria cidade.

Os mesmos cálculos, foram aplicados para Curitiba, onde a partir dos resultados pode-se se analisar a quantidade de residências abastecidas, a partir de determinadas quantidades de RSU.

4.3 DEFINIÇÃO DO TIPO DE INCINERADOR E DA ÁREA DE INSTALAÇÃO DO INCINERADOR PARA CAMPO LARGO

A definição do tipo de incinerador adotado para a cidade de Campo Largo teve como base a configuração de outros incineradores já utilizados, tais como o incinerador de leito fluidizado, de injeção líquida, de leito móvel e de leito fixo (ARNOLD, 2012; IBAM, 2001). Os autores descrevem diferentes modalidades de incineradores que facilita no momento da definição do incinerador mais apropriado em relação a cidade analisada.

O local de implementação de uma usina de incineração, teve definição a partir do zoneamento da cidade de Campo Largo. O acesso ao mapa de zoneamento da cidade realizou-se por meio do órgão ambiental do município, que indicou a possível área de localização do incinerador.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS IDENTIFICADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO

Os RSU gerados na cidade de Campo Largo correspondem a matéria orgânica, papel/ papelão, plástico rígido, plástico maleável, embalagem, politereftalato de etileno (PET), embalagem cartonada, vidro, metal não ferroso, borracha, têxteis, madeira, cerâmica, porcelana, rejeito isopor, fralda e policloreto de vinil (PVC), entre outros.

No que se refere a quantidade gravimétrica dos RSU, as quantidades correspondentes a 42,17% de matéria orgânica, 11,42% de rejeito, 10,67% de plástico maleável (CAMPO LARGO, 2007). As mesmas não foram validadas, pois de acordo com o órgão ambiental da cidade de Campo Largo, os valores podem variar ao longo de um ano para o outro.

Os RSU de Campo Largo, contém em sua composição materiais perigosos (QUADRO 2), contendo óleos, graxas e estopas contaminadas. Além destes materiais, são gerados também seringas, luvas cirúrgicas, bolsas plásticas de glicose, remédios, materiais que oferecem riscos e que não devem ser destinados juntamente com o resíduo comum, pois são classificados como resíduos de serviços de saúde e devem ser adotadas medidas de acondicionamento, coleta, transporte e destinação, por empresas especializadas, evitando contaminação biológica (QUADRO 1).

A coleta dos RSU da referida cidade, ocorre no período diurno e noturno, onde a região do anel central recebe coletas realizadas diariamente, e as demais regiões (bairros) recebem coletas de forma alternada, sendo de duas a três vezes por semana. Na maioria dos bairros observados os resíduos são dispostos em frente as residências no aguardo da coleta. O QUADRO 6 representa os seguintes bairros da cidade de Campo Largo: Águas Claras, Santa Ângela, San Marco, Proximidade do Centro, Ouro Verde, Ferraria e Itaqui, que foram visitados, com a finalidade de demonstrar a forma de disposição dos RSU gerados.

QUADRO 6 - IMAGENS DA DISPOSIÇÃO DE RSU NOS PRINCIPAIS BAIRROS DE CAMPO LARGO

	<p>Na região próxima ao centro os resíduos são dispostos em sacos plásticos e colocados em lixeiras de grade em frente as residências. Além dos RSU foram observados resíduos perigosos, como lâmpada de vapor de mercúrio misturada junto ao RSU.</p>
	<p>No bairro Águas Claras os resíduos também ficam dispostos em frente as residências nos dias da coleta de resíduos, os mesmos são acondicionados em sacos plásticos, porém armazenados em local aberto, sob a ação de intempéries. Neste bairro as coletas ocorrem nas terças, quintas e sábados.</p>
	<p>No bairro Itaqui, os moradores deixam os resíduos em frente as residências e também em frente à Praça recreativa, no aguardo da coleta pública. Os RSU são acondicionados em sacos plásticos, em contato diretamente com o solo e sob a ação de intempéries. As coletas ocorrem nas terças, quintas e sábados.</p>
	<p>Na Ferraria os resíduos gerados ficam acondicionados em sacos plásticos dispostos em lixeiras vazadas sob a ação de intempéries. A lixeira fica localizada próximo as residências. As coletas ocorrem nas segundas, quartas e sextas.</p>

	<p>No bairro Santa Ângela, localizado próximo a Ferraria existe lixeiras na maioria das residências e há maior acúmulo de resíduos sólidos, os quais são acondicionados em sacos plásticos e dispostos em lixeiras vazadas, sob ação de intempéries. O acúmulo de resíduos está condicionado a geração, pois as coletas ocorrem três vezes por semana no referido bairro.</p>
	<p>No bairro San Marcos os resíduos ficam dispostos em frente as residências em lixeiras vazadas, os mesmos estão acondicionados em sacolas plásticas, porém caixas e frascos maiores são depositadas diretamente na lixeira. As coletas ocorrem na terça, quinta e sábado.</p>
	<p>No bairro Ouro Verde os resíduos são acondicionados em sacolas plásticas e na maioria das residências existem lixeiras vazadas, para acondicionar temporariamente o resíduo gerado, nas residências que não possuem lixeiras, os resíduos ficam dispostos em cima de muro ou diretamente nas calçadas. O bairro fica próximo ao centro as coletas ocorrem três vezes por semana, na segunda, quarta e sexta.</p>

Fonte: A autora (2016).

No que se refere a destinação de resíduos, em alguns pontos da cidade são evidenciadas grandes quantidades de RSU, jogados a céu aberto, sem o devido acondicionamento, armazenamento, disposição e destinação final. Os resíduos gerados atraem insetos e roedores, sendo o foco de possíveis doenças, tais como dengue (FIGURA 5), pelo acúmulo de água em latas ou em outros recipientes,

leptospirose (transmitida por roedores) e também geração de impactos negativos visuais e odores ocasionados pelo estágio de decomposição dos RSU.

FIGURA 5 - DESCARTE INCORRETO DE RESÍDUOS NA REGIÃO CENTRAL DE CAMPO LARGO



Fonte: A autora (2016).

A implementação de ações ambientais nos bairros que estão em desenvolvimento é de suma importância, visto que muitas vezes os RSU são dispostos de modo incorreto, mesmo havendo avisos, a população realiza o descarte incorreto, conforme a FIGURA 6a e 6b.

FIGURA 6a - DISPOSIÇÃO INCORRETA DE RESÍDUOS OBSERVADO NA VILA DONA FINA – CAMPO LARGO.



FIGURA 6b - DISPOSIÇÃO INCORRETA DE RESÍDUOS OBSERVADO NA VILA DONA FINA – CAMPO LARGO.



Fonte: A autora (2016).

Na situação observada indica-se que sejam tomadas ações de melhorias ambientais, ou seja, incentivo a programas de coleta seletiva, de conservação do meio ambiente, de prevenção a poluição, de cuidado com a qualidade da água, do solo e da beleza cênica do local. Recomenda-se que sejam feitas valas de concreto para que a população possa depositar os resíduos sólidos gerados e que sejam implementados programas de Educação Ambiental em prol da sensibilização ambiental da população.

Em localidades mais distantes as coletas ocorrem quinzenalmente, ou seja, regiões que estão acima de 60 km de distância em relação a rede de coleta central, são enquadradas como distantes, tais como a localidade de São Silvestre e Três Córregos (região com quilometragem inferior a 60 km, porém considerada uma região distante). De acordo com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (2016), nestes locais não existem pontos de coleta voluntária (local para deposição temporária do resíduo), porém há propostas para que haja a implementação das mesmas.

Nos principais bairros da cidade as coletas são realizadas por meio de uma frota de seis caminhões, sendo três caminhões compactadores de 14 m³ e um com capacidade de 15 m³, também conta com uma carreta de 60 m³ e um caminhão baú designado para a coleta seletiva, representado pela FIGURA 7a e 7b.

FIGURA 7a - CAMINHÃO DE COLETA PÚBLICA DA CIDADE DE CAMPO LARGO



Fonte: A autora (2016).

FIGURA 7b - CAMINHÃO DE COLETA PÚBLICA DA CIDADE DE CAMPO LARGO



Fonte: A autora (2016).

Os resíduos coletados são encaminhados para área de transbordo (atualmente localizada na Secretaria de Viação e Obras - Parque de Máquinas da Prefeitura) e posteriormente para empresas de reciclagem, onde ocorre a segregação dos materiais por tipologia (papel, papelão, plástico, metal) e em seguida, os materiais são prensados e vendidos as indústrias recicladoras.

A principal via de destinação dos rejeitos em Campo Largo é o aterro, local que pode apresentar diversos passivos ambientais, tais como tráfego intenso de veículos para atender a demanda de envio dos RSU para o aterro, geração de poeiras

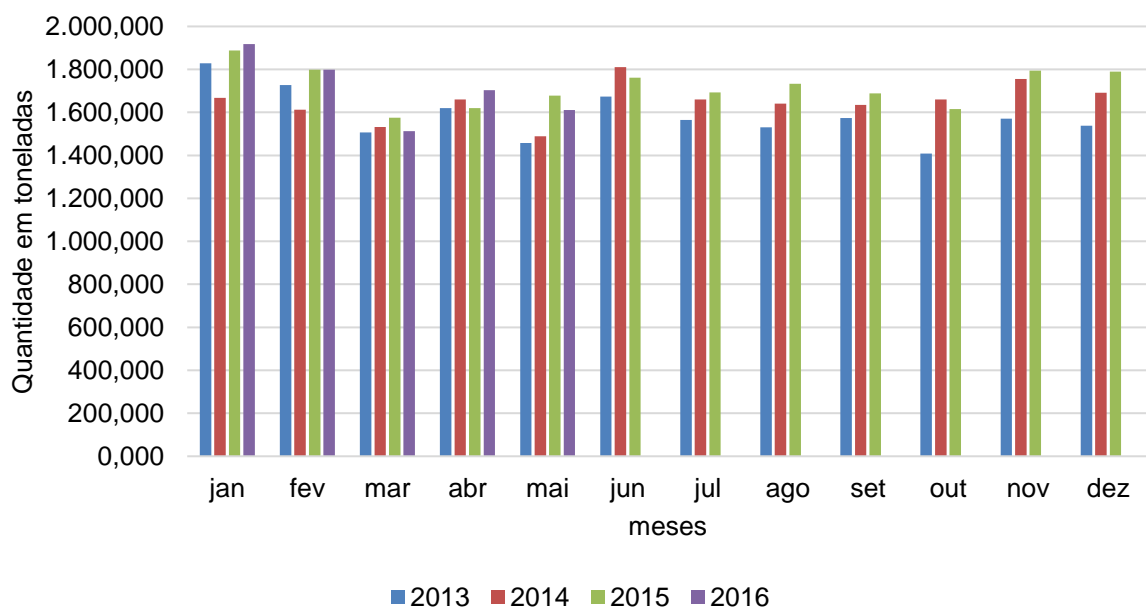
pela circulação de veículos e acúmulo de materiais, barulho em decorrência do uso de maquinário para disposição adequada do RSU e insetos pelo acúmulo de RSU.

Os RSU gerados em Campo Largo até o ano de 2010 eram enviados para o aterro da Cachimba, localizado entre o município de Curitiba - PR e Araucária - PR. A mudança ocorreu partir do momento que a lei 12305/2010 entrou em vigor, havendo a regularização e o estabelecimento de novas áreas, onde passou a ser enviado para o aterro de Fazenda Rio Grande – PR.

5.2 RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO

A quantidade mensal de RSU gerados em Campo Largo entre os anos de 2013 a 2016, obtida do Plano Municipal de Saneamento básico e das informações disponibilizadas pelo órgão ambiental da referida cidade, encontram-se representadas na FIGURA 8. No ano de 2016 as quantidades foram expressas até o mês de maio.

FIGURA 8 - QUANTIDADE MENSAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS ENTRE OS ANOS DE 2013 A 2016



Fonte: Adaptado de Campo Largo (2016).

A quantidade de RSU gerados na cidade de Campo Largo, no ano de 2013 oscilou de 1.409,130 t a 1.828,77 t entre os meses de janeiro a dezembro de 2013, totalizando a quantidade de 19.000,44 t. A quantidade média foi de 1.583,37 t de RSU gerados por mês.

Os meses que apresentaram maior geração de RSU no ano de 2013 foram em janeiro e fevereiro sendo respectivamente 1.828,770 t e 1.727,240 t de RSU gerados e os meses que apresentaram os menores índices foram evidenciados no mês de outubro e maio respectivamente 1.409,13 t e 1.457,770 t. Os elevados valores nos meses de janeiro e fevereiro, podem estar relacionados com as festividades ocorridas no final do mês de dezembro e também podem ser devido ao aumento do consumo de bebidas enlatadas nos meses que apresentam maiores temperaturas.

Os resíduos gerados no ano de 2014 oscilaram de 1.488,34 t a 1.809,93 t entre os meses de janeiro a dezembro de 2013, totalizando a quantidade de 19.811,97 t. A quantidade média gerada foi de 1.650,99 t de RSU gerados por mês.

A maior geração de RSU no ano de 2014 ocorreu em junho e novembro, sendo respectivamente 1.809,93 t e 1.755,17 t. No entanto, a menor geração de resíduos do ano de 2014 foram nos meses de maio e março, sendo gerados respectivamente 1.488,34 t e 1.532,20 t. A média anual gerada corresponde a 1650,99 t de resíduos por dia. A elevada geração de RSU nos meses de junho e novembro podem estar relacionadas com a publicidade das campanhas eleitorais realizadas na cidade durante este período e também devido a acomodação de visitantes na referida cidade para acompanhamento dos jogos da COPA de 2014 que ocorreram na cidade de Curitiba.

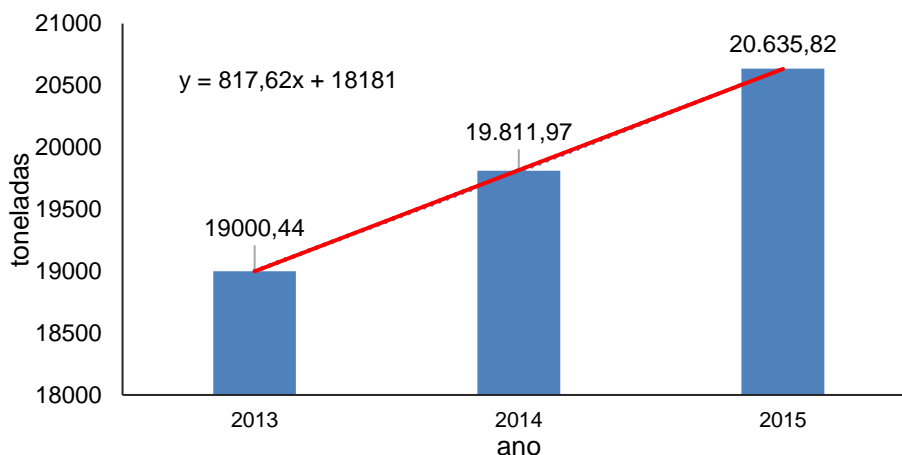
No ano de 2015, foi evidenciado que a maior geração de RSU ocorreu em janeiro e fevereiro, semelhante as quantidades do ano de 2013. As quantidades intermediárias se mantiveram nos meses de março a outubro na faixa de 1.575,21 t a 1.761,48 t, houve aumento, no mês de novembro e dezembro que atingiu respectivamente 1.794,93 e 1.790,30 t. Portanto a média de RSU geradas em 2015 foi de 1.719,64 t.

Em 2016 a média de RSU gerados de janeiro até maio é de 1.709 t de resíduos por mês. Os valores são maiores em janeiro sendo de 1918,23 t e em fevereiro sendo 1799,37t. No decorrer dos meses o valor se mantém menor quando comparado com os dois meses iniciais.

Em 2016 a maior quantidade de resíduos gerados foi em janeiro com 1918,23 t de RSU, a quantidade gerada teve um decréscimo até o mês de março e posteriormente teve aumento em abril, se mantendo o mês de maio com quantidades intermediárias entre março e abril.

A quantidade média anual de RSU gerados na cidade de Campo Largo durante o período de 2013 a 2015 (FIGURA 9) aumentou gradativamente, sendo 108% a mais no ano de 2015, quando comparado com o ano de 2013. A população em 2013 gerou uma média de 52 t de RSU por dia, em 2014 a geração correspondeu a 54 t e em 2015 a quantidade gerada por dia foi de 56 t diária, sendo assim, foi possível evidenciar um aumento progressivo de 2 toneladas de resíduos diárias em cada ano. O aumento gradativo dos RSU gerados podem estar correlacionados com maior quantidade de restaurantes, feiras, “fast food” instalados na cidade, os quais geram comodidade aos habitantes, porém na maioria das vezes maior utilização de embalagens. A geração também pode estar relacionada com a instalação de empresas que possuem refeitório, as quais acabam enviando o resíduo orgânico para a coleta pública.

FIGURA 9 - QUANTIDADE ANUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS EM CAMPO LARGO DE 2013 A 2015



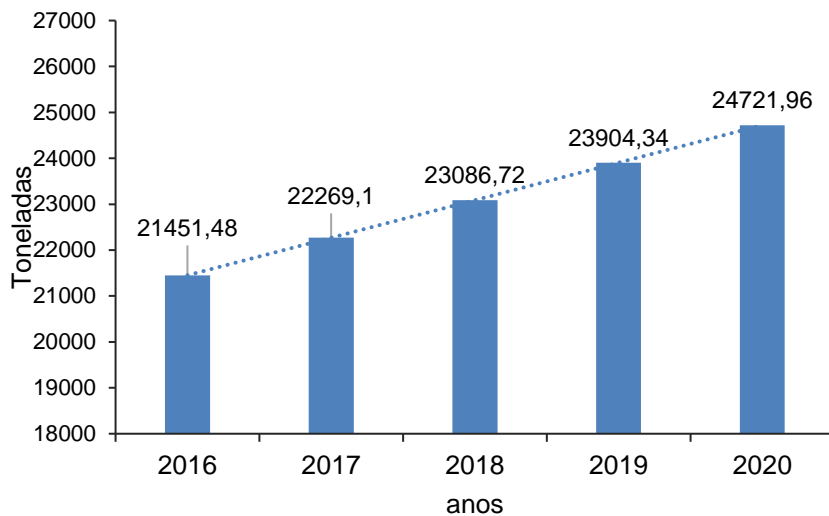
Fonte: Adaptado CAMPO LARGO (2016).

Com base na equação da reta (equação 15), obtida dos dados de 2013 a 2015 do gráfico da FIGURA 9, que indica uma tendência crescente do aumento do RSU, foi realizada uma estimativa das quantidades para os anos de 2016 a 2020, que estão representadas na FIGURA 10.

$$y = 817,62 x + 18181 \quad (15)$$

Em que:
 y = quantidade de RSU (toneladas)
 x = variação temporal (ano)

FIGURA 10 - QUANTIDADE ANUAL ESTIMADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS EM CAMPO LARGO DE 2016 A 2020



Fonte: Adaptado CAMPO LARGO (2016).

A geração estimada anual de resíduos em 2016 corresponde a 21.451,48 t, havendo um aumento progressivo ao longo dos anos (conforme equação 15), então em 2020 a quantidade estimada de RSU será de aproximadamente 24.721,96 t, estes valores tendem a aumentar anualmente, e isto está correlacionado com o aumento demográfico e com padrões de consumo da população, o aumento dos RSU também podem estar relacionados com a vinda de pessoas de outras cidades para Campo Largo, com a perspectiva de trabalhar em empresas alocadas na região, ou ainda, muitas pessoas exercem suas atividades na Capital Curitiba e residem em Campo Largo.

O recorrente aumento dos RSU gerados exige-se com que sejam desenvolvidas propostas de soluções para os municípios, em especial o de Campo Largo, foco do presente estudo, de forma com que os RSU gerados recebam a forma mais adequada de tratamento, considerando a realidade local.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), a prioridade é a não geração do resíduo, porém após ter sido gerado busca-se as tecnologias viáveis para tratamento e destinação (BRASIL, 2010).

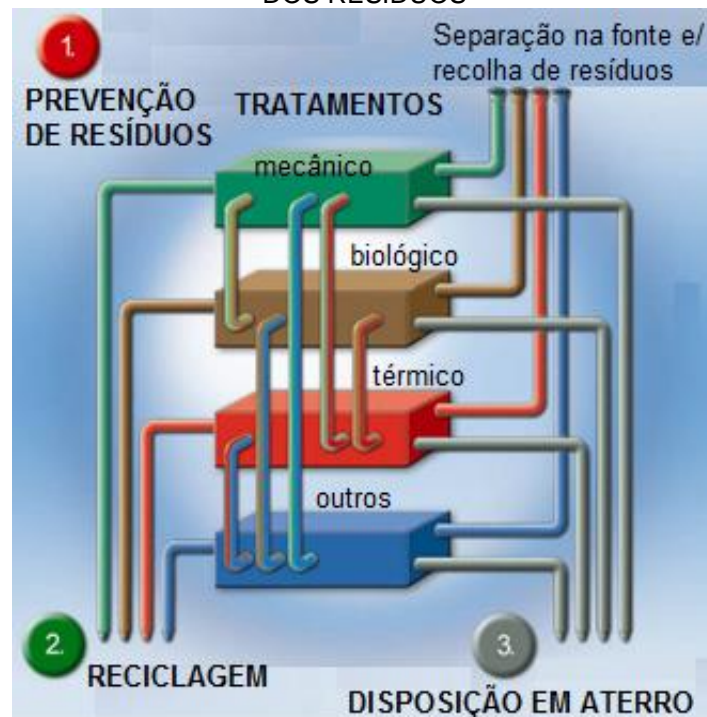
Os resíduos gerados devem ser separados na fonte geradora e conforme o tipo do resíduo, existem diferentes tratamentos, tais como mecânicos, biológicos, térmico, entre outros, representado na FIGURA 11 (ÁUSTRIA, 2010). A FIGURA 11

representa o conceito praticado na Áustria e outros países da Europa que em ordem de prioridade tem-se:

- (1) Foco na prevenção, isto é a não geração de resíduos, ou geração em menores quantidades;
- (2) Foco na reciclagem;
- (3) Disposição em aterro.

Na FIGURA 11 observa-se que os resíduos sendo gerados devem passar por separação na fonte, e a partir desta separação, alguns resíduos podem ser encaminhados para o tratamento mecânico, tratamento biológico, tratamento térmico e outros tipos de tratamento. A partir destes tratamentos alguns resíduos são encaminhados para a reciclagem, alguns outros para tratamento térmico e somente aqueles resíduos que não são passíveis de reciclagem, são enviados para aterro.

FIGURA 11 - PREVENÇÃO, RECICLAGEM E DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS



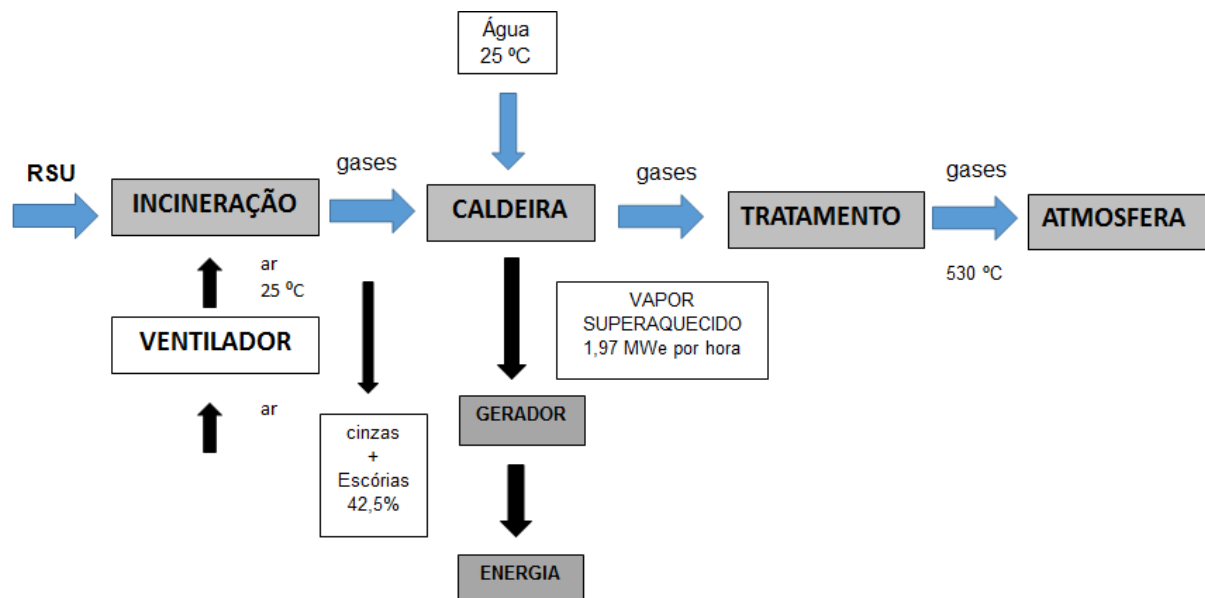
FONTE: ÁUSTRIA, 2010.

As vantagens para Campo Largo, evitam com que os resíduos sejam aterrados e com que ocorra a contaminação do solo e da água, mantém a qualidade ambiental assegurando um direito de todos em viver em ambiente saudável e também otimizando o aproveitamento energético dos resíduos sólidos gerados.

5.3 ESTIMATIVA DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM CAMPO LARGO

Considerando o diagrama de blocos da FIGURA 12 os resíduos sólidos ao serem incinerados geram gases a altas temperaturas. Os gases são encaminhados para uma caldeira a qual gera vapor a alta pressão e temperatura. Este vapor é encaminhado para um turbogerador que produz a energia elétrica. Os gases após passarem pela caldeira são tratados e encaminhados para a atmosfera. Do processo de incineração sobram cinzas e escórias.

FIGURA 12 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROCESSO DE INCINERAÇÃO DE RSU PARA GERAÇÃO DE ENERGIA



FONTE: A autora (2016).

Para realizar a estimativa da energia gerada pela incineração a partir do RSU foi realizada a estimativa da composição elementar do RSU de Campo Largo, onde considerou-se a TABELA 3 (ANEXO III). Os elementos, presentes no RSU são carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre (POLETTTO-FILHO, 2008).

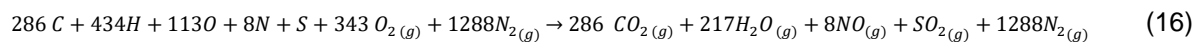
A média proporcional de cada elemento foi obtida a partir da base seca a qual foi normalizada (POLETTTO-FILHO, 2008) e a partir disso foi determinado a quantidade de mols de cada elemento, representado no QUADRO 7.

QUADRO 7 - PROPORÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS PRESENTE NO RSU A PARTIR DA MATÉRIA ORGÂNICA

Componente	Média (%)	Normalizando (%)	Massa Molar (g/mol)	Quantidade de cada componente (mol)	Quantidade de cada componente em relação ao Enxofre (mol)	Massa Molecular (g/mol)
CARBONO	55,4	59,09	12	4,924	286,13	3435,65
HIDROGÊNIO	7	7,47	1	7,466	434	434,10
OXIGÊNIO	29,03	30,96	16	1,935	113	1800,31
NITROGÊNIO	1,81	1,93	14	0,137	8,02	112,24
ENXOFRE	0,516	0,55	32	0,017	1,00	32
TOTAL	93,756	100	-	-	-	5814,32

Fonte: Adaptado de Poletto (2008) e Peruzzo e Canto (1999).

A partir da definição da proporção de cada elemento, conforme a equação 16, foi possível analisar que a massa molecular total do RSU corresponde a 5814,32 g/mol, valor utilizado para determinar a vazão molar do RSU.



A quantidade de RSU gerados em Campo Largo no ano base de 2015, corresponde a 20.635,82 t/ ano (ANEXO I e FIGURA 8). O valor de referência utilizado para Curitiba corresponde a 509.664,91 t/ ano (ANEXO II).

5.3.1 Determinação da vazão molar e da vazão mássica de oxigênio e nitrogênio necessário para o processo de incineração de resíduo sólido urbano

A vazão mássica de RSU (m_{RSU}) é de 20.635,82 t/a, convertida em 654,3 g/s, para realização do cálculo da vazão molar. A massa molar do RSU corresponde a 5.814,32 g/mol (PARANÁ, 2007), sendo assim, a vazão molar do RSU corresponde a 0,0001125 kmol/s obtido pela equação 17.

$$n_{RSU} = \frac{654,3 \left(\frac{g}{s}\right)}{5814 \left(\frac{g}{mol}\right)} = 0,0001125 \frac{kmol}{s} \quad (17)$$

A partir da relação estequiométrica necessária para a incineração entre o RSU e o oxigênio, obtêm-se uma proporção molar de 343 mols, que permite identificar a vazão molar de oxigênio necessária para o processo de incineração, conforme equação 18.

$$n_{O_2} = 0,0001125 \frac{kmol}{s} * 343 \quad (18)$$

$$n_{O_2} = 0,03860 \frac{kmol}{s}$$

A vazão molar (M_{O_2}) do oxigênio corresponde a 0,03860 kmol/s. A realização do cálculo da vazão mínima de oxigênio utilizado no processo de incineração, considerou a massa molar do oxigênio, juntamente com a vazão molar do oxigênio. A massa molar do oxigênio corresponde a 32 g/mol (PARANÁ, 2007), representado na equação 19.

$$m_{O_2,min} = 0,03860 \frac{kmol}{s} * 32 \frac{g}{mol} \quad (19)$$

$$m_{O_2,min} = 1,235 \text{ kg/s}$$

A combustão total do RSU será realizada de forma efetiva com a presença de oxigênio em excesso, neste caso, optou-se por 70% (RIGATO, 2008). Sendo assim, a vazão de oxigênio (m_{O_2}) em excesso corresponde a 2,100 kg/s.

O mesmo método foi aplicado ao nitrogênio, portanto, a partir da relação estequiométrica entre o RSU e o nitrogênio, tem-se que a vazão molar do nitrogênio (M_{N_2}) corresponde a 0,1450 kmol/s. A massa molar do nitrogênio, corresponde a 28 g/mol (PARANÁ, 2007), sendo assim, a vazão mássica de nitrogênio utilizado no processo de incineração corresponde a 4,06 kg/s representado na equação 20.

$$m_{N_2,min} = 0,1450 \frac{kmol}{s} * 28 \frac{g}{mol} \quad (20)$$

$$m_{N_2,min} = 4,06 \text{ kg/s}$$

A combustão total do RSU será realizada de forma efetiva com a presença de nitrogênio em excesso, neste caso, optou-se por 70% (RIGATO, 2008). Sendo assim, a vazão de nitrogênio (m_{N_2}) em excesso corresponde a 6,90 kg/s.

Considerando o oxigênio em excesso e o nitrogênio em excesso obtêm-se a vazão do ar, conforme a relação da equação 21.

$$\dot{m}_{ar} = 2,100 \frac{kg}{s} + 6,900 \frac{kg}{s} = 9,00 \text{ kg/s} \quad (21)$$

A vazão do ar (\dot{m}_{ar}), considerou a vazão do oxigênio em excesso que corresponde a 2,100 kg/s com a vazão de nitrogênio em excesso que corresponde a 6,900 kg/s, resultando na vazão do ar de 9,00 kg/s.

5.3.2 Determinação da vazão dos gases de combustão resultantes da incineração dos resíduos sólidos urbanos

A vazão dos gases de combustão foi obtida a partir da vazão mássica dos RSU que corresponde a 0,6544 kg/s, juntamente com a vazão mássica do ar sendo de 9,00 kg/s, menos a quantidade da vazão mássica de cinza que corresponde a 0,278 kg/s, obtida na equação 22.

$$\dot{m}_{GC} = 0,6544 \left(\frac{kg}{s} \right) + 9,00 \left(\frac{kg}{s} \right) - 0,278 \left(\frac{kg}{s} \right) = 9,376 \text{ kg/s} \quad (22)$$

A partir disso, a vazão dos gases de combustão gerados no processo de incineração, correspondem a 9,376 kg/s.

5.3.3 Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos gerados em Campo Largo a partir da incineração

O ar, ao entrar no incinerador possui temperatura de aproximadamente 25 °C (SANTI, 2012). O resultado energético obtido sendo considerado a temperatura de admissão 25 °C foi de 55,19 kJ/kg (TABELA 2). O valor energético considerado para o resíduo corresponde ao PCI = 2.388,5 (kcal/kg), que convertido foi de 9998 kJ/kg (PAVAN, 2010).

TABELA 2 - DADOS DOS COMPONENTES PARA O BALANÇO DE ENERGIA

COMPONENTE	VAZÃO (kg/s)	PCI (kJ/kg)
RSU	0,6544	9998,08*
Ar	9,00	55,19
Gases de Combustão	9,376	**
Cinza	0,278	-

Fonte: A autora (2016).

(*) Poder Calorífico Inferior do RSU (PCI);

(**) a determinar.

A partir destes dados, juntamente com a vazão mássica do RSU que corresponde a 0,6544 kg/s, juntamente com a vazão do ar em excesso de 9,00 kg/s, tem-se a estimativa do aproveitamento energético do RSU representado na equação 23.

$$E_T = 0,6544 \left(\frac{kg}{s} \right) * 9998 \left(\frac{kJ}{kg} \right) + 9,00 \left(\frac{kg}{s} \right) * 55,19 \left(\frac{kJ}{kg} \right) = 7039 \text{ kJ/s} \quad (23)$$

A potência total produzida no incinerador corresponde a 7039 kJ/s. No entanto, essa energia não será totalmente convertida, pois na transferência de energia dos gases para a turbina sempre ocorrerá perdas. Estipula-se, então que a eficiência do processo corresponde a 28% (THEMELIS et al, 2013, SILVA et al 2014), sendo correspondente a 1970,9 kJ/s.

Os cálculos realizados também foram aplicados para Curitiba, sendo o valor de referência para a cidade de Curitiba corresponde a 509.665 t/ano. A partir deste valor realizou-se a determinação da vazão molar e a determinação da vazão mássica do RSU, sendo os valores demonstrados no QUADRO 8.

QUADRO 8 - DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DO OXIGÊNIO

UNIDADES	CAMPO LARGO (2015)	CURITIBA (2015)
Vazão mássica do RSU (t/a)	20635,82	509665
Vazão mássica do RSU (kg/s)	0,65	16,16
Massa Molar RSU (g/mol)	5814,32	5814,32
Vazão molar do RSU (kmol/s)	0,0001125	0,002780
Relação Estequiométrica O ₂ e do RSU	343	343
Vazão molar do O ₂ (kmol/s)	0,03860	0,9534
Massa Molar O ₂ (g/mol)	32	32
Vazão mássica mínima do O ₂ (kg/s)	1,235	30,5087
Excesso de O ₂ (70%)	1,7	1,7
Vazão mássica do O ₂ (kg/s)	2,100	51,865
Relação Estequiométrica entre N ₂ e o RSU	1288	1288
Vazão molar do N ₂ (kmol/s)	0,1450	3,5801
Massa Molar N ₂ (g/mol)	28	28
Vazão mássica mínima do N ₂ (kg/s)	4,06	100,2428
Excesso de N ₂ (70%)	1,7	1,7
Vazão mássica de N ₂ (kg/s)	6,900	170,4128
Vazão do Ar = O ₂ + N ₂ (kg/s)	9,00	222,2775

Fonte: A autora (2016).

A partir da relação estequiométrica (equação 1) tornou-se possível verificar a quantidade mínima de oxigênio necessária para reagir com a quantidade de um mol de RSU, todavia sabe-se que em processos de incineração, faz-se necessário quantidades em excesso de oxigênio. Portanto, a quantidade em excesso foi de 70% (RIGATO, 2006), que corresponde a 2,100 kg/s para Campo Largo e 51,8645 kg/s para Curitiba, representado no QUADRO 8.

O QUADRO 9 demonstra a vazão de cinza gerada no processo de incineração e também a vazão dos gases de combustão. A quantidade de cinza e escórias gerada no processo de incineração corresponde a 42,5% da vazão mássica do RSU, sendo 25% de cinzas e 17,5% de escórias (DEPARTMENT FOR ENVIROMENT FOOD & RURAL AFFAIRS, 2013). Os valores obtidos para cinza e escórias correspondem a 0,278 kg/s para Campo Largo e 6,87 kg/s para Curitiba. A maior geração destes compostos refere-se a Curitiba visto que está correlacionado com a proporção em quantidade de RSU incinerado. A vazão gerada dos gases de combustão, correspondem a 9,376 kg/s para a Campo Largo e 231,57 kg/s para Curitiba.

QUADRO 9 - DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DOS GASES DE COMBUSTÃO

UNIDADES	CAMPO LARGO (2015)	CURITIBA (2015)
Vazão RSU (kg/s)	0,6543	16,1614
Vazão Ar (kg/s)	9,00	222,2775
Vazão da cinza (kg/s)	0,278	6,87
Vazão dos gases de combustão (GC) (kg/s)	9,376	231,57

Fonte: A autora (2016).

A realização do balanço energético, considerou o valor do PCI de 2.388,5 kcal/kg que equivale a 9.998 kJ/kg (PAVAN, 2010). De acordo com Santi (2012) a temperatura do ar de entrada no incinerador considerada é de 25 °C. A partir da temperatura de 25 °C, torna-se possível obter o valor da entalpia de 55,19 kJ/kg.

A partir da entalpia do ar de entrada do incinerador de 55,19 kJ/kg realizou-se o balanço energético.

A potência produzida corresponde a 7039 kJ/s para Campo Largo, 173.850,17 kJ/s para Curitiba. A ocorrência de perda energética no momento da conversão de energia térmica para a elétrica, faz com que o processo tenha 28% de eficiência (THEMELIS, et al 2013; SILVA et al 2014), portanto a potência total produzida a partir do RSU para Campo Largo é 1970,9 kJ/s, e para Curitiba 48678,04 kJ/s, conforme o QUADRO 10.

QUADRO 10 - ENERGIA TOTAL PRODUZIDA DO BALANÇO DE ENERGIA

UNIDADES	CAMPO LARGO (2015)	CURITIBA (2015)
Vazão mássica do RSU (kg/s)	0,65	16,16
PCI RSU (kJ/kg)	9998,08	9998,08
Vazão mássica do ar (kg/s)	9,00	222,27
Entalpia do ar (kJ/kg)	55,19	55,19
Perda do incinerador	0	0
Potência produzida (kJ/s)	7039,0	173.850,17
Perda da turbina	0,72	0,72
Potência total (kJ/s)	1970,9	48.678,04
Potência total (MWe)	1,97	48,67

Fonte: A autora (2016).

5.3.4 Quantidade de residências que podem ser abastecidas com a energia gerada a partir do resíduo sólido urbano de Campo Largo

A energia elétrica produzida a partir do RSU gerada no processo de incineração pode ser utilizada para a iluminação, aquecimento de tubulações de água, piscinas, pode ser usada como fonte alternativa de energia e aquecimento para processos industriais e também para o abastecimento de residências.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2016), a quantidade de residências da região sul corresponde a 77.108.597 e o consumo de energia da região sul corresponde a 14.173.466.000 kWh conforme QUADRO 11.

QUADRO 11 - CONSUMO DA REGIÃO E QUANTIDADE DE RESIDÊNCIAS DA REGIÃO SUL

MESES 2015	QUANTIDADE DE RESIDÊNCIAS	CONSUMO DA REGIÃO SUL (kWh)
JANEIRO	9.582.517	1.951.635.000
FEVEREIRO	9.604.582	1.888.502.000
MARÇO	9.617.676	1.782.800.000
ABRIL	9.637.102	1.817.451.000
MAIO	9.650.794	1.706.628.000
JUNHO	9.661.813	1.683.430.000
JULHO	9.671.208	1.704.516.000
AGOSTO	9.682.905	1.638.504.000
TOTAL	77.108.597	14.173.466.000

Fonte: Adaptado da Empresa de Pesquisa Energética (2016).

$$\text{consumo residencial médio mensal da região sul} = \frac{14.173.466.000}{77.108.597} \quad (24)$$

$$\text{consumo residencial médio mensal} = 183,81 \text{ kWh/residência da região sul}$$

Sendo assim, o consumo médio mensal por residência é de 183,81 kWh. Considerando que uma residência é abastecida por 30 dias e 24 horas por dia, teremos um consumo médio residencial de 0,25 kWh (energia consumida por hora em uma residência).

Considerando a energia elétrica produzida por uma hora de funcionamento do gerador (1,97 MWe x 1h = 1,97 MWh) e o consumo de energia por hora em uma residência (ver equação 14), estima-se que 7880 residências possam ser abastecidas com a incineração de RSU em Campo Largo.

$$\text{Quantidade de residências abastecidas} = \frac{1,97 \text{ MWh} \times 1000}{0,25 \text{ kWh}} \quad (25)$$

$$\text{Quantidade de residências abastecidas} = 7.880$$

Na capital Curitiba, podem ser abastecidas residências a partir do RSU gerado na própria cidade representado no QUADRO 12.

QUADRO 12 - QUANTIDADE DE CASAS ABASTECIDAS

UNIDADES	CAMPO LARGO (2015)	CURITIBA (2015)
Energia total em 1 hora de funcionamento (MWeh)	1,97	48,67
Consumo médio residencial mensal (kWh)	183,31	183,31
Consumo médio residencial por hora (kWh)	0,25	0,25
Quantidade de casas abastecidas por hora	7880	194.680

Fonte: A autora (2016).

Conforme QUADRO 12 o aproveitamento energético dos resíduos abastece em torno de 7.880 residências da cidade de Campo Largo e aproximadamente 194.680 residências a partir dos RSU de Curitiba. Portanto, quanto maior a quantidade de resíduo com valor energético destinado maior a quantidade de residências que podem ser abastecidas pela energia gerada.

De acordo com a FIGURA 10, a estimativa de geração de RSU para 2020 é de 24.721 t, portanto se considerarmos este valor a potência gerada em 2020 será de 2,36 MWe por hora e a quantidade de casas abastecidas pela energia produzida serão de aproximadamente 9440 residências, tendo um aumento de 1560 residências, quando comparadas com o ano de 2015.

A potência produzida em Campo Largo, (baseada na quantidade gerada em 2015) produz 1,97 MWe, ao realizar um comparativo com a planta de incineração de Spittelau pode-se verificar que a planta produz quantidade energética aproximada, sendo 40.000 MWe. A planta de incineração, de Lakeside, localizada em London, recupera energia de 410.000 t de resíduos por ano e produz aproximadamente 28,5 MWe por hora, se comparar com Curitiba a quantidade de resíduo incinerada corresponde a 509.665 t por ano e produz em torno de 48,67 MWe por hora.

A usina de incineração de Lakeside, produz maior quantidade energética do que Campo Largo. Ambos os exemplos demonstram o potencial energético das duas usinas, sendo uma de maior e outra de menor porte (WHITING, FANNING, WILYMAN, 2013).

Ao comparar a usina Lakeside que produz 28,5 MWe, que resulta em 249.660 MWe por ano com Curitiba que produz 48,67 MWe por hora, nota-se que a usina de incineração de Curitiba pode gerar 426.349 MWe anualmente, ultrapassando a quantidade gerada em 176.689 MWe por ano.

A partir destas quantidades, torna-se possível analisar que as quantidades de RSU geradas em Curitiba e em Campo Largo, estão aproximadas de usinas que já estão em funcionamento.

Contudo a preferência pela destinação em aterros sanitários está intimamente associada a questões culturais e econômicas, devido aos custos do processo de tratamento.

O valor por tonelada de RSU que é direcionado para o aterro corresponde a R\$ 64,61 por tonelada (CAMPO LARGO, 2016). De acordo com Stinghen (2016) o valor da tonelada de resíduo incinerado varia de R\$ 300,00 a R\$ 500,00 por tonelada. A diferença destes valores, aliado aos aspectos culturais dificultam o desenvolvimento da técnica de incineração no Brasil, quando comparado com outros países que já tem usinas bem consolidadas.

O processo de destinação de resíduos sólidos por incineração no Brasil corresponde a aproximadamente 1%, sendo uma diferença considerável, visto que outros países como Japão, o índice está em torno de 78%, na Dinamarca 58%, na Suécia 52% No Brasil, o envio dos RSU para lixões a céu aberto ou aterros sanitários, corresponde a 90% do total destinado. No entanto, conforme estabelecido pela PNRS, os lixões deveriam ter sido extintos até 2014, e os resíduos enviados para aterro ou outras tecnologias aprovadas legalmente (SAIANE, DOURADO, TONETO-JÚNIOR, 2014).

Os dados referentes a incineração de resíduos no Japão, na Dinamarca e na Suécia representam o grande desenvolvimento da incineração nestes países quando comparado com o Brasil, que necessita de apoio governamental, político e econômico para desenvolvimento da tecnologia de incineração.

A vantagem da referida técnica consiste em que os resíduos passam a ter uma destinação correta, com otimização do aproveitamento energético, de forma

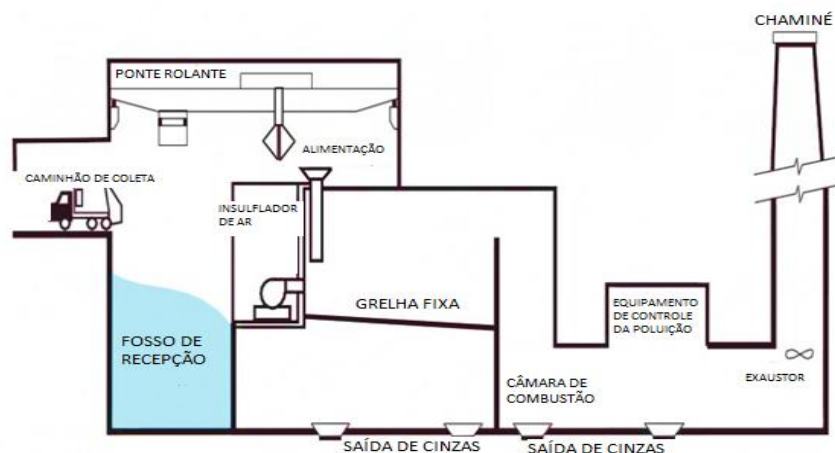
com que seja evitado a contaminação do solo, da água e o desenvolvimento de vetores, contribuindo para a qualidade ambiental e social. No entanto, as desvantagens estão correlacionadas com a emissão de gases atmosféricos, os quais devem ser tratados em sistemas de lavagem de gases e filtros antes de serem lançados a atmosfera, para que haja o atendimento aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental. O atendimento aos limites de emissões atmosféricas evita com que micropartículas atinjam a saúde respiratória, e também com que substâncias carcinogênicas como as dioxinas sejam emitidas de forma descontrolada no meio e comprometam a saúde pública.

No caso da cidade de Campo Largo, devem ser atendidos os padrões estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 316/2002 e pela resolução da SEMA nº 16/2014 representados no QUADRO 4. No entanto, vale ressaltar que mesmo havendo o controle da emissão de substâncias nocivas, há o acúmulo das mesmas na atmosfera.

5.4 TIPO DE INCINERADOR APLICADO A CIDADE DE CAMPO LARGO

Os incineradores comumente utilizados para RSU são os de grelha fixa, de leito móvel e de forno rotativo. O incinerador indicado para ser instalado na cidade de Campo Largo é o incinerador de grelha fixa, representado na FIGURA 13, no qual os resíduos são queimados, o ar é introduzido sobre a grelha, resultando em cinzas e escórias. As mesmas caem em orifícios de onde são removidas mecanicamente (IBAM, 2001).

FIGURA 13 - INCINERADOR DE GRELHA FIXA



Fonte: IBAM (2001).

No incinerador de leito móvel o resíduo tem sido adicionado na parte superior da grelha, em que vai sendo transportado, neste deslocamento o resíduo, seca, pirolisa e queima (ARNOLD, 2012). O incinerador de leito móvel consiste em um processo mais complexo quando comparado com o incinerador de grelha fixa, considerando que a quantidade de resíduos gerados em Campo Largo não possui grandes escalas quantitativas, uma planta de incineração pequena e mais simples é considerada a mais apropriada.

O incinerador de forno rotativo tem projeção em ângulo horizontal, em que os resíduos são movidos pela inclinação e convertidos em gases, sendo parcialmente oxidados, onde completam a combustão na câmara secundária (ARNOLD, 2012) são gerados gases e cinzas ao final do processo. O referido incinerador é indicado para grandes quantidades de RSU, não sendo aplicado a realidade da cidade estudada.

O incinerador de leito fluidizado não foi recomendado, pois é utilizado principalmente para material com estrutura granular como a areia, sendo suspensa e altamente pressurizada. O incinerador de injeção líquida, é usado principalmente em lodos, suspensões, líquidos, não atendendo o foco descrito no presente estudo que corresponde ao resíduo sólido. O incinerador de leito fixo não foi escolhido em razão ser utilizado especialmente para o tratamento de resíduos de saúde e resíduos perigosos.

Contudo, a partir do reconhecimento de diferentes tipos de incinerador, o que mais se adequa a realidade e atende a necessidade do município é o incinerador de grelha fixa. Vale ressaltar que o processo pode ser otimizado se os resíduos sólidos forem tratados previamente a partir de processos de bioestabilização, para a redução dos níveis de umidade, possibilitando melhorias no aproveitamento energético.

5.4.1 Área de localização do incinerador

De acordo com Campo Largo (2016), a área permitida para instalação de um incinerador corresponde a Zona Industrial (ZI) 2, 3 ou Zona Industrial Consolidada (ZIC). No entanto, a localização do incinerador nesta região, não atende critérios do IAP, pois o incinerador deve localizar-se fora das áreas de amortecimento e atender no mínimo 10 km de unidades de conservação, ou seja,

o incinerador estaria próximo a Área de Proteção Ambiental do Rio Verde, contudo é o único local indicado para localização deste tipo de empreendimento, pois a Zona Industrial 2 e 3 fica próximo a residências, não sendo permitido a instalação.

De acordo com o Instituto Ambiental do Paraná (2016), antes da instalação do incinerador devem ser realizados estudos para avaliação da direção predominante dos ventos, de forma com que sejam impedidas a propagação de emissões atmosféricas para cidades, núcleos populacionais, habitações e estabelecimentos públicos, prezando pela qualidade da saúde populacional.

O incinerador também deve atender a distância mínima de 1000 m de residências, escolas, hospitais, clubes, podendo a distância ser aumentada conforme a direção dos ventos (PARANÁ, 2016). Considerando o contexto acima o local escolhido atende a distância mínima, porém se necessário aumentar a referida distância (conforme a direção dos ventos) certamente não será atendida, pois nas proximidades do local, existem escolas, áreas de lazer, chácaras, residências.

A partir da análise dos critérios estabelecidos pelo IAP a área passível de ser instalada não atende os critérios mínimos estabelecidos pelo órgão ambiental, sendo necessário rever áreas em municípios mais próximos, como Campo Magro, Araucária ou até mesmo em Curitiba, nas proximidades do aterro, onde indica-se que sejam realizados estudos de avaliação de áreas para instalação de incinerador.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento energético de RSU, conforme previsto na lei 12.305/2010 é uma alternativa para valoração de RSU, pois além de oferecer um destino final produz energia térmica e elétrica. Apesar deste estudo e de outros já existentes no Brasil sobre o assunto, verifica-se que a incineração de resíduos e o aproveitamento energético ainda não acontecem de forma efetiva no Brasil, isto pode ser em função da incineração ter ganho um conceito poluidor, nocivo a saúde e prejudicial ao meio ambiente, estes paradigmas tem influenciado negativamente no desenvolvimento da técnica, em especial no Brasil.

O conceito negativo está relacionado devido ao uso de equipamentos obsoletos, falta de investimentos e por ser uma técnica com elevado custo quando comparado com o aterro sanitário, no entanto, o valor agregado ao processo garante a destruição térmica do resíduo gerado, enquanto no aterro o resíduo é aterrado e pode oferecer riscos as pessoas e ao meio ambiente a curto, médio e a longo prazo.

Os riscos não estão correlacionados somente com o aterro sanitário, pois a incineração também pode oferecer, devido a emissão de dioxinas e furanos, substâncias associadas a doenças respiratórias e cancerígenas, principalmente quando não são atendidos os padrões de emissões estabelecidos pelo CONAMA nº 316/2002 e pela SEMA nº 16/2014.

As cinzas resultantes do processo também devem ser tratadas e enviadas para aterros sanitários, ou passar por estudos de viabilidade para então serem incorporadas ao coprocessamento.

Em países europeus a incineração é bem difundida, sendo a principal técnica utilizada para a destinação de resíduos, acredita-se que o sucesso do desenvolvimento da incineração na Europa esteja associado ao atendimento da legislação e investimentos em sistemas de tratamento de emissões, oferecendo segurança à população, aliado a destruição definitiva do resíduo. As cidades brasileiras não seguem o padrão europeu de destinação de resíduos pela incineração, optaram pelo aterro, sendo assim o presente estudo buscou analisar as quantidades de RSU gerados em Campo Largo para análise do potencial de recuperação energética a partir do resíduo.

A partir das informações e dados levantados, foram realizadas estimativas do potencial de energia gerada com a incineração de RSU, então a quantidade do

potencial energético em Campo Largo é de 1,97 MWe, sendo inferior ao valor de Curitiba que é de 48,67 MWe, a diferença dos dados está correlacionada com a quantidade de RSU que é gerado em cada município, sendo para Campo Largo 20.635 t e para Curitiba, 509.665 t. A geração de energia também está relacionada com a proporção da composição elementar do RSU, onde a quantidade pode variar, conforme a composição do resíduo associado a cada localidade.

A partir do RSU de Campo Largo foi possível estimar o abastecimento de 7.880 residências, e para Curitiba 194.680 residências. A energia produzida pode ser utilizada para a iluminação, aquecimento de tubulações de água, piscinas, pode ser utilizada como fonte alternativa de energia. As estimativas apresentadas não consideram alguns detalhes, como, picos de consumo, onde no início da noite, muitas residências utilizam mais chuveiros, refrigeradores, micro-ondas, entre outros eletrodomésticos, sendo assim o número de residências abastecidas na prática pode ser menor do que foi estimado.

Em Campo Largo a área indicada para instalação de um incinerador é na Zona Industrial 2, 3 ou Zona Industrial Consolidada (ZIC), mas a área não atende critérios mínimos estabelecidos pelo IAP, considerando isso, indica-se que sejam avaliadas outras regiões para instalação do incinerador. Sabe-se que o aterro sanitário está localizado em Fazenda Rio Grande, então um incinerador nesta região atenderia a demanda dos municípios consorciados e também em caso de recebimento de materiais não passíveis de incineração como produtos inflamáveis, seriam encaminhados para o aterro, assim como se o aterro receber materiais perigosos, como seringas, agulhas, materiais contendo óleos e graxas, presente nos RSU poderiam ser encaminhados para o incinerador, desta forma uma técnica complementa a outra.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE e PLASTIVIDA. **Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/KEikS8>>. Acesso em: 10 jun. 2016
- ALENCAR JUNIOR, Nehemias Rodrigues de; GABAÍ, Isaac. **INCINERAÇÃO E DIOXINAS: ANÁLISE DO APORTE TEÓRICO DISPONÍVEL**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/qMTDjg>>. Acesso em: 20 jan. 2017.
- ALHO, Carlos Francisco Brazão Vieira. **Efeito da temperatura final de pirólise na estabilidade de biocarvão produzido a partir de madeira de Pinus sp. e Eucalyptus sp.** 2012. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Florestais, Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/jOESQ2>>. Acesso em: 10 maio 2016.
- ALMEIDA, ANDRÉ ABREU DE. **DIGA NÃO A INCINERAÇÃO DE LIXO**. 2012. Disponível em: <goo.gl/JQtyQC>. Acesso em: 09 out. 2016.
- AMIM, Priscilla Regina Pitangui. **O CO-PROCESSAMENTO E A INCINERAÇÃO COMO TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. 2003. Disponível em: <<https://goo.gl/9ZPqfH>>. Acesso em: 13 nov. 2016.
- ARNOLD, Igor Bueno. **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE UMA CÂMARA DE PÓS COMBUSTÃO**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/xn4znQ>>. Acesso em: 09 out. 2016
- ASSIS, Rodrigo Furlande; TAKAHASHI, Kendi Sasahara; SANTOS, Carlos Henrique Aparecido dos; DORNELLAS, Antonio Marcos. **Análise da geração de energia elétrica com biodigestores: uma pesquisa-ação na suinocultura**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/qmBT6w>>. Acesso em: 13 nov. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **PANORAMA DO COPROCESSAMENTO BRASIL 2015**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/JDRL0D>>. Acesso em: 13 nov. 2016
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (São Paulo). **Coprocessoamento**: Contribuição efetiva da indústria do cimento para a sustentabilidade. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/krmVls>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11175**: Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho. Rio de Janeiro: Copyright, 1990. 5 p.A
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ÁUSTRIA. MINISTRY OF AGRICULTURE. **WAST TO ENERGY IN AUSTRIA**. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/aicpTw>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

BARBOSA, Luiz Cláudio Almeida; SILVÉRIO, Flaviano Oliveira. **A pirólise como técnica analítica**. 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/132Wcw>>. Acesso em: 11 jan. 2016

BENTO, Ana Laura; TORRES, Flávia Luana; LEMES, Rafael Rocha, MAGALHÃES, Taciane de A.. **Sistema de Gestão Ambiental para Resíduos Sólidos Orgânico**. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/LHYknm>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

BERTON, Rafael Piatto. **ANÁLISE TEÓRICA COMPARATIVA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS INTEGRADOS PARA PIRÓLISE RÁPIDA DE BIOMASSA**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/kJng4s>>. Acesso em: 09 out. 2016.

BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (2002). **Resolução nº 264, de 26 de agosto de 1999**. Dispõe sobre Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos. Brasília, DF, 26 out. 1999. Disponível em: <<https://goo.gl/v399Lj>>. Acesso em: 09 out. 2016.

BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (2002). Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. **Resoluções do Conama**. Brasília, DF, 29 out. 2002. p. 669-682. Disponível em: <<https://goo.gl/l4Rvmn>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

BRASIL. Constituição (2005). Resolução nº 358, de 04 de maio de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. **Resolução Conama nº 358, de 29 de Abril de 2005 Publicada no Dou no 84, de 4 de maio de 2005, Seção 1, Páginas 63-65**. BRASILIA, DF, 04 maio 2005. p. 614-621. Disponível em: <<https://goo.gl/8kdvJc>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (2010). 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. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Disponível em: <<https://goo.gl/tpFo>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

BRASIL, FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE.. **Estudo de caso da arte e análise de viabilidade técnica e ambiental da implantação da usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica no estado de Minas Gerais**. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/94g0ra>>. Acesso em: 19 jun. 2016.

BRASIL. FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos: GUIA DE ORIENTAÇÕES PARA GOVERNOS MUNICIPAIS DE MINAS GERAIS**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/NsVKzr>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

CAMPO LARGO. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Campo Largo: S [], 2007.

CAMPO LARGO. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Campo Largo: S [], 2014.

CAMPO LARGO. **História de Campo Largo**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/albOVt>>. Acesso em: 19 mai. 2016.

CAMPO LARGO. **Plano Diretor: Caracterização do município no contexto estadual**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/9HnPGJ>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

CASIAN, Elena. **RECUPERAÇÃO DE ENERGIA EM PROCESSOS DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS**. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas Energéticos Sustentáveis, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/p1Xw8o>>. Acesso em: 09 out. 2016.

CHAMON, Rian Cardoso; CARDOSO, Rodolfo; BARROS, Carlos Frederico. **Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos, introduzindo uma nova tecnologia para o cenário brasileiro: Pirólise Lenta a Tambor Rotativo**. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/0jmK3W>>. Acesso em: 10 maio 2016.

COSTA, Elaine Cristina Lima da. **Manejo de Resíduos de Serviços de Saúde: Manual básico de procedimentos**. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/JC3jtY>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

CURITIBA. Constituição (2004). Decreto nº 983, de 26 de outubro de 2004. **Decreto Nº 983 - 26 de outubro de 2004**. Curitiba, PR. Disponível em: <<https://goo.gl/JnwGQJ>>. Acesso em: 09 out. 2016.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD & RURAL AFFAIRS. **Incineration of Municipal Solid**. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/ezhCm8>>. Acesso em: 16 maio 2016.

ECOVITAL. **USINA DE INCINERAÇÃO**. 2016. Disponível em: <<http://www.ecovital.eco.br/>>. Acesso em: 09 out. 2016.

ENBW. **STROM - UND FERNWÄRMEERZEUGUNG AUS EINER HAND: DIE ENBW KRAFTWERKE AG**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/qpycSv>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo mensal de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas) – 2004-2015**. 2016. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiaelétricaporclasse\(regiõesesubistemas\)–2011-2012.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiaelétricaporclasse(regiõesesubistemas)–2011-2012.aspx)>. Acesso em: 16 nov. 2016.

GONÇALVES, Hérika Fernanda E.; LIMA, Rubiléia dos Santos; WEISS, Valéria Adalina B.; MENEZES, Vanessa Da Silva. **O BIODIGESTOR COMO PRINCÍPIO DE**

SUSTENTABILIDADE DE UMA PROPRIEDADE RURAL. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/tbN75F>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

GRIPP, Sidney. **Lixo, reciclagem e sua história: guia para as prefeituras brasileiras.** Rio de Janeiro: Interciência, 2001. xviii,134p.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos:** uma abordagem tecnológica. 2016. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/KZg9lh>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

IFAT. **VISITA À FEIRA IFAT (MUNIQUE) E VISITAS TÉCNICAS (AUGSBURG, LINZ E VIENA) 29.05.16 a 04.06.16.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/4tSb7H>>. Acesso em: 19 maio 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Paraná - Campo Largo.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/Tpddb1>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM).. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro,** 2001. Disponível em: <<https://goo.gl/XGf3AG>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

KARSTENSEN, Kare Helge. **FORMAÇÃO E EMISSÃO DE POPs PELA INDÚSTRIA DE CIMENTO.** 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/p7pTYJ>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

KOPP, Jorge Alberto; GÖDECKE, Marcos Vinicius. **APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PELA INCINERAÇÃO NO BRASIL.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/kEsJWK>>. Acesso em: 09 out. 2016

LIMA, Luiz Mario Queiroz (Org.). **Tratamento de Lixo.** São Paulo: Hemus, 1995. 239 p.

LOPES, Evandro José. **DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE GASEIFICAÇÃO VIA ANÁLISE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.** 2014. Disponível em: <www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/tese/66.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2017.

LORA, Electo Eduardo Silva; ANDRADE, Rubenildo Vieira; ÁNGEL, Juan Daniel Martinez; LEITE, Marco Antonio Haikal; ROCHA, Mateus Henrique; SALES, Cristina Aparecida Vilas Bôas de; MENDOZA, Mónica, Andrea Gualdrón; CORAL, Doris del Socorro Obando. **Gaseificação e Pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/0GNbnp>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

MARCHEZETTI, Ana Lúcia; KAVISKI, Eloy; BRAGA, Maria Cristina Borga. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 11, n. 2, p.173-187, jun. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/Fw1wxW>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

MAROUN, Christianne Arraes. **MANUAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS**. 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/vMuxgv>>. Acesso em: 09 out. 2016

MARQUES, Rosângela Francisca de Paula Vitor. **IMPACTOS AMBIENTAIS DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO SOLO E NA ÁGUA SUPERFICIAL EM TRÊS MUNICÍPIOS DE MINAS GERAIS**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/Y2b9sg>>. Acesso em: 09 out. 2016.

MESQUITA, Eduardo Georges; SARTORI, Hiram Jackson F.; FIUZA, M. Sílvia Santos. **GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO**. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/HKwzRF>>. Acesso em: 09 out. 2016.

MOLINARI, Marcelo Alessandro; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves; NASCIMENTO-FILHO, Armando Pereira do.. **Avaliação de oportunidades de produção mais limpa para a redução de resíduos sólidos na fabricação de tintas**. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/zKD0C3>>. Acesso em: 09 out. 2016.

MORAES, Luana Cristina Rodrigues; SANTOS, Alex Leandro Carvalho dos; FERREIRA, Anderson Mendes; RAMOS, Denis Luís da Silva; RIBAS, Felipe Silvério; FRANÇA, Gleison Augusto de Carvalho; BRITO-JUNIOR, João de; SANTOS, Tamiris Camargo. **Processo de pirólise para decomposição do lixo urbano**. 2015. Disponível em <<https://goo.gl/VqzCIP>> Acesso em 29 jan. 2017.

MUCCIACITO, João Carlos. **As boas práticas de incineração de resíduos**. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/KDjr2E>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

OLIVEIRA, Rafael Deléo e. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono**. 2009. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/tzCdpY>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

PACHECO, Elen; HEMAIS, Carlos A.; FONTOURA, Geraldo A. T.; RODRIGUES Fernando A. **Tratamento de Resíduos Gerados em Laboratórios de Polímeros: Um Caso bem Sucedido de Parceria Universidade-Empresa**. 2003. Disponível em: <<https://goo.gl/4ZkGPJ>>. Acesso em: 10 jan. 2016

PROBIOGÁS. **GUIA PRÁTICO DO BIOGÁS: GERAÇÃO E UTILIZAÇÃO**. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/opgQ8u>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

PARANÁ. **Resolução SEMA nº 43 de 16/07/2008**. Disponível em: <<https://goo.gl/bzkvhM>>. Acesso em: 29 jan. 2017.

PARANÁ. **PLANO DE REGIONALIZAÇÃO PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE REGIONALIZAÇÃO DA GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DO PARANÁ.** 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/Q7o9qM>>. Acesso em: 09 out. 2016.

PARANÁ. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº16/2014.** 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/TRx8Nz>>. Acesso em: 09 out. 2016.

PARANÁ, Instituto Ambiental do Paraná. **Critérios para Localização de Incinerador de Resíduos.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/mL75jO>>. Acesso em: 09 out. 2016.

PARO, André de Carvalho; COSTA, Fernando Córner da; COELHO, Suani Teixeira. Estudo Comparativo para o Tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos: aterros sanitários x incineração. **Revista Brasileira de Energia**, Minas Gerais, v. 14, n. 2, p.113-124, 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/feO5RP>>. Acesso em: 10 maio 2016.

PAVAN, Margareth de Cássia Oliveira. **GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: AVALIAÇÃO E DIRETRIZES PARA TECNOLOGIAS POTENCIALMENTE APLICÁVEIS NO BRASIL.** 2010. 181 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/nEzOB2>> Acesso em: 12 out. 2016.

PERUZZO, Tito Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. **QUÍMICA.** São Paulo: Moderna, 1999. 351 p.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; COLLET, Gilda Bruna. **Curso de gestão ambiental.** 2. ed. Barueri: Manole, 2014. 1245 p.

PINTO, Leonar Nunes. **CONVERSÃO A BAIXA TEMPERATURA DE BLEND DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS.** 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Orgânica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/iePj6k>>. Acesso em: 09 out. 2016.

POLETTO FILHO, José Antônio. **VIABILIDADE ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO URBANO CONSIDERANDO A SEGREGAÇÃO PARA RECICLAGEM.** 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008. Disponível em:<<https://goo.gl/93WQD7>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

PRATI, Lisandro. **GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS GERADO POR BIODIGESTORES.** 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/8DOWBT>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

PROBIOGÁS. **GUIA PRÁTICO DO BIOGÁS: GERAÇÃO E UTILIZAÇÃO.** 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/8IDXDV>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

RIGATO, Paulo Constante. **ESTUDO DA COMPOSIÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DE UM INCINERADOR ROTATIVO DE RESÍDUOS VISANDO AUMENTO DA**

CAPACIDADE OPERACIONAL. 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/9i86G5>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

RODRIGUES, Rodolfo. **MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE UM GASEIFICADOR EM LEITO FIXO PARA TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA CALÇADISTA.** 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/CGPCp2>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

SAIANE, Carlos César Santejo; DOURADO, Juscelino; TONETO-JÚNIOR, Rudinei. **Resíduos Sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da Lei Federal nº 12.305 (Lei de resíduos sólidos).** São Paulo: Manole, 2014.

SANTAELLA, Sandra Tédde.; BRITO, Ana Emília Ramos de Matos.; COSTA, Francisco de Assis Pereira da.; CASTILHO, Natalia Martinuzzi.; MIO, Geisa Paganini de.; FILHO-EDWARD, Ferreira.; LEITÃO, Renato Carrhá.; SALEK., Jaciara Mota.. **RESÍDUOS SÓLIDOS E A ATUAL POLÍTICA AMBIENTAL BRASILEIRA.** 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/xY7yOm>>. Acesso em: 09 out. 2016.

SANTI, Alexandre. **Estudo da eficiência da geração de eletricidade a partir de gás natural e resíduos sólidos urbanos.** 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/75832>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

SÃO PAULO. **RESOLUÇÃO SMA-079 DE 04 DE NOVEMBRO DE 2009.** 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/0xMLQB>>. Acesso em: 09 out. 2016.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE) (Brasil) (Org.). **Gestão de resíduos sólidos: uma oportunidade para o desenvolvimento municipal e para as micro e pequenas empresas.** 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/VcNL9R>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

SILVA, Camila Côrtes da. **COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO QUE PENSA O CIDADÃO NO BAIRRO SANTA TEREZINHA, EM JUIZ DE FORA - MG.** 2014. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/jZHx7D>>. Acesso em: 13 nov. 2016

SILVA, Elissandro Rocha.; JUNIOR, Sebastião N. V.; TONELLI, Juliana T. C. L.; MARTINS, Gilberto. **ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE CONVERSÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS ATRAVÉS DO PROCESSO DE INCINERAÇÃO.** 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/5Xe9Bl>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

SILVA, Anderson Souza; SANTOS JÚNIOR, Edilson; SANTOS, Bianca Almeida dos.; MONTEIRO, Luciane Pimentel Costa. **Mitigação das emissões de SO_x na indústria cimenteira.** 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/nX0Z8P>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

SILVA, Luiz Cesar da. **Cálculo das propriedades psicrométricas do ar**. 2017. Disponível em: <<http://www.agais.com/toolbox/psicrometria3.php>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

SOARES, Eva Falcão; GOMES, Isadora Cristina Mendes; DINIZ, Blake Charles. **ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS EM UMA INDÚSTRIA CIMENTEIRA**. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/3e89Jn>>. Acesso em: 09 out. 2016.

STINGHEN, Amilcar O.. **Co-processar, Incinerar, Aterrizar ou Pirolisar? Caso estudo: Resíduos PP, ABS, Borra Tinta**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/8LzBz5>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

UDAETA, Miguel Edgar Morales; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro ; GRIMONI, José Aquiles Baesso ; KINTO, Oscar Tadashi. **ENERGIA DA GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA COMO OPÇÃO ENERGÉTICA DE DESENVOLVIMENTO LIMPO. 2002**. Disponível em: <<https://goo.gl/onpnAl>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

USP. **UMIDADE DO AR: PRESSÃO PARCIAL E A LEI DE DALTON**. 2016. Disponível em: < <https://goo.gl/OF0vMq>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

THEMELIS, Nickolas J.; BARRIGA, Maria Helena Dias; ESTEVES, Paula; VELASCO, Maria Gaviota. **GUIDEBOOK: FOR THE APPLICATION OF WASTE TO ENERGY TECHNOLOGIES IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN**. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/TgXnr9>>. Acesso em: 12 out. 2016.

WHITING, Kevin, FANNING, Mick, WILYMAN, Mike. **REVIEW OF STATE-OF-THE-ART WASTE-TOENERGY TECHNOLOGIES**. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/LXWUn4>>. Acesso em: 13 maio 2016.

WIGGERS, Vinicyus Rodolfo. **SIMULAÇÃO, PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE PILOTO MULTI-PROPÓSITO PARA PIRÓLISE DE RESÍDUOS**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: <<https://goo.gl/D2Y9cB>>. Acesso em: 11 maio 2016.

APÊNDICE

**QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DOS DADOS DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO
ENCAMINHADO A SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE**

<p>1. Qual a quantidade de resíduos gerados por dia na cidade de Campo Largo? R: <u>Ano de 2014 - 63+/dia . Ano de 2015 - 66+/dia . Ano de 2016 - 65+/dia . Conforme planilha anexada , contendo os custos de destinação e quantidades coletadas.</u></p>
<p>2. Existe um controle mensal de pesagens de resíduos sólidos gerados para 2015? R: <u>Sim . Planilha em anexo.</u></p>
<p>3. Existe um controle mensal de pesagens de resíduos sólidos gerados para 2016? R: <u>Sim . Planilha em anexo.</u></p>
<p>4. O gerenciamento dos resíduos gerados pelo próprio município realiza-se pela administração dos serviços de limpeza pública da cidade de Campo Largo, o qual busca (CAMPO LARGO, 2007):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coletar e transportar os resíduos sólidos e compactáveis até a estação de transbordo; • Coletar, transportar e se responsabilizar pelo tratamento e destinação final dos resíduos de serviço de saúde das unidades municipais, devidamente embalados e acondicionados em veículos específicos; • Coletar e transportar os materiais recicláveis até o local indicado na área de município de Campo Largo • Prestar o serviço de varrição manual e mecanizada das vias e logradouros públicos; • Operar a estação de transbordo e transporte do resíduo gerado no município em equipamentos apropriados até o aterro. <p>A) O gerenciamento de resíduos continua sendo realizado da forma descrita? <input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <hr/> <hr/>
<p>5. O serviço de coleta pública atende toda a área urbana do município? <input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <hr/> <hr/>
<p>6. O serviço de coleta pública atende ainda 3% da área rural? <input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p>

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE

<p>Caso "não". Justifique</p> <hr/> <hr/>
<p>7. O sistema de coleta pública ainda ocorre no turno diurno e noturno? <input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <hr/> <hr/>
<p>8. A região do anel central recebe a coleta diariamente e as demais regiões recebem coleta de forma alternada (sendo três vezes por semana)? <input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <hr/> <hr/>
<p>9. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (2014) nas regiões mais distantes ocorrem coletas quinzenalmente? <input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <hr/> <hr/>
<p>10. Considerando a questão nº9. Qual o parâmetro considerado uma região distante? R: <u>a distância da sede municipal. nos distritos de Três Côrregos e São Hilvete, a distância chega a mais de 60 km.</u></p>
<p>11. Em quais locais definidos como regiões distantes são realizadas as coletas de RSU? R: <u>Três Côrregos, Santa Cruz, Itambizinda.</u></p>
<p>12. Os resíduos gerados em Campo Largo no ano de 2015 e 2016 ainda continuam sendo: "Matéria orgânica, papel/ papelão, plástico rígido, plástico maleável, embalagem, Politereftalato de Etileno (PET), embalagem cartonada, vidro, metal não ferroso, borracha, têxteis, madeira, cerâmica, porcelana, rejeito isopor, fralda e policloreto de vinil (PVC)"</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p> <p>Caso "não". Justifique</p>

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE

<p>13. Os Resíduos do Serviço de Saúde (RSS), como seringas, luvas cirúrgicas, bolsas plásticas (glicose) e remédios, materiais altamente perigosos que não deveriam estar sendo destinados ao resíduo comum, fazem parte da realidade de Campo Largo em 2016? E em 2015?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>14. Os resíduos como óleos, graxas, estopas contaminadas, filtros de carro, materiais originados por oficinas mecânicas de médio porte, e outros materiais perigosos como lâmpadas, pilhas e baterias, fazem parte dos resíduos coletados em 2015 e em 2016?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> sim () não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>15. Quais os empreendimentos que são considerados como grandes geradores na cidade de Campo Largo?</p> <p>R: <u>Aquelas que usam mais de 600 litros por semana, como por exemplo, restaurantes, supermercados, grandes indústrias.</u></p> <p>A) Existe alguma Legislação municipal que define a classificação do porte dos geradores? Caso não, qual é a referência utilizada?</p> <p>() sim (x) não</p> <p>R: <u>Utiliza-se como referência o Edital de Licitação da coleta de lixo, que considera estabelecimentos que usam mais de 600 litros por semana como grandes geradores.</u></p>
<p>16. Existem registros numéricos dos grandes geradores de resíduos da cidade, por exemplo, quantidade de hospitais, clínicas, comércio, indústria?</p> <p>() sim (x) não</p> <p>Caso "sim". Quais são os grandes geradores?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>17. Qual a quantidade numérica dos grandes geradores de RSU da Cidade de Campo Largo?</p> <p>R: <u>—</u></p>

CONTINUAÇÃO DO APÊNDICE

18. De acordo com o PGRS a composição do resíduo de Campo Largo é 42,17% de matéria orgânica, 11,42 de rejeito e 10,67 de plástico maleável. Estes valores são válidos para o ano de 2015 e 2016?

() sim (X) não

Caso "não". Justifique.

Esta composição foi baseada no processo de quartamento dos resíduos, realizado em 2006. E esta composição pode variar.

19. O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (2007), considera a tabela abaixo como referência gravimétrica dos resíduos gerados. Estes dados informados ainda são válidos para o ano de 2015 e 2016?

COMPONENTES	PESO (Kg)	PORCENTAGEM (%)
Matéria orgânica	207,20	42,17
Papel/papelão	40,00	8,14
Plástico rígido	17,90	3,64
Plástico maleável	52,40	10,67
Embalagem PET	5,90	1,20
Embalagem Longa Vida	4,70	0,96
Vidro	15,40	3,13
Metal não-ferroso	2,90	0,59
Metal ferroso	8,90	1,81%
Borracha	9,60	1,95
Têxteis	24,80	5,05
Madeira	2,30	0,47
Material de Construção	0,00	0,00
Cerâmica	0,40	0,08
Porcelana	0,30	0,06
Pneus	0,00	0,00
Rejeito	56,1	11,42
Isopor	2,20	0,45
Fralda	39,50	8,04
PVC	0,80	0,16
Total	491,30	100,00 %

() sim (X) não

Caso "não". Justifique

20. De acordo com o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2007), os resíduos coletados são encaminhados para empresas de reciclagem, onde ocorre a segregação dos materiais por tipologia, papel, papelão, plástico, metal e em seguida, os

CONTINUAÇÃO – APÊNDICE

materiais são prensados e vendidos as indústrias recicladoras. Estas informações ainda são válidas para o ano de 2015 e 2016?

sim () não

Caso "não". Justifique

21. Conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2007), os resíduos chegam até as Associações de Reciclagem por meio de caminhões de entrega, os quais descarregam os materiais em uma plataforma elevada, e em seguida, são despejados, manualmente por um ou mais associados nas esteiras elétricas para segregação. Após a triagem, os materiais são encaminhados para a prensa hidráulica, os quais são prensados, enfardados e pesados. Os materiais recicláveis são mantidos no barracão de triagem até juntar uma maior quantidade para revender a grandes empresas de reciclagem. Estes dados são válidos para o ano de 2015 e 2016?

sim () não

Caso "não". Justifique

22. Conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2007) além das recicladoras, o município conta com os serviços de diversos catadores informais que atuam a anos neste ramo, e coletam quantidades relevantes na contabilização da coleta, sendo de 12 a 15 t coletadas e segregadas por mês.

A) Os catadores informais realizam ou realizavam esta atividade na cidade de Campo Largo (nos anos de 2015 e 2016)?

sim () não

Caso "não". Justifique

B) As quantidades de resíduos coletadas pelos catadores autônomos permanecem de 12 a 15 toneladas por mês no ano de 2015 e 2016?

() sim não

Caso "não". Justifique

*não existe nenhum controle sobre as quantidades precisa-
das pelos catadores informais.*

CONTINUAÇÃO APÊNDICE

<p>C) A prefeitura realiza o controle preciso das quantidades de resíduos recicláveis que são coletados pelos catadores? <input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> não</p> <p>Se assinalar "sim" como é realizado?</p> <hr/> <hr/>
<p>23. Conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2007) a medida que os resíduos domiciliares estão sendo coletados pelos caminhões compactadores são enviados para a área de transbordo, local em que são descarregados em carretas de maior porte, com capacidade de 70m³. Então, quando atingem a capacidade máxima as carretas transportam os resíduos até um aterro sanitário particular, localizado no município de Fazenda Rio Grande, percorrendo aproximadamente 53 Km, atingindo o tempo de viagem equivalente a uma hora (CAMPO LARGO, 2014).</p> <p>A) Em 2015 o sistema de coleta ainda se mantém desta forma? <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <p><i>PS: no PGI de 2007, o local de disposição final era outro (aterro sanitário da Carimba, no município de Curitiba)</i></p> <hr/>
<p>B) Em 2016 o sistema de coleta ainda se mantém desta forma? <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <hr/> <hr/>
<p>24. Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico (2014) o aterro sanitário possui 267,5 ha com área licenciada para atuar em 60 ha, tendo então capacidade máxima de recebimento de 8.583.210 t, com vida útil estimada em 19 anos e 10 meses (CAMPO LARGO, 2014).</p> <p>A) Considerando as informações acima para o ano de 2015 e 2016, os dados teriam alteração?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não</p> <p>Caso "não". Justifique</p> <hr/> <hr/>
<p>25. Considerando o fragmento de texto do PGRS (2007) para realização deste serviço a empresa responsável pelo aterro cobra a quantidade média de R\$ 60,00 por t descarregada,</p>

CONTINUAÇÃO APÊNDICE

<p>sendo assim, a cobrança é realizada por meio de um rateio de dos valores totais, entre quantidade de tonelada descarregada (CAMPO LARGO, 2014).</p> <p>A) Ocorreu alteração no valor médio da tonelada descarregada em 2015 e em 2016? <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não</p> <p>Caso "sim" Justifique. <u>Em 2015, até 30/10/15 o valor era de R\$ 60,55.</u> <u>Em 2016, a partir de 31/10/15 o valor passou para R\$ 64,61.</u></p>
<p>26. Na região rural existem Pontos de Entrega Voluntária de Resíduos? <input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> não</p> <p>Caso "sim" quais são? _____ _____</p>
<p>27. Considerando o zoneamento e o Plano diretor qual seria o local mais apropriado para que seja instalado uma usina de incineração em Campo Largo. R: <u>Em zoneamentos que permitam a Indústria - Tipo 4. Zona Indus-</u> <u>trial 2, 3, 21C, conforme parâmetros da Lei municipal</u> <u>1963/2007.</u></p>
<p>28. Quais seriam possíveis restrições, controles e monitoramentos que seriam exigidos pelo município para implementação de uma usina de incineração? R: <u>o critério da órgão ambiental que licenciará o empreendi-</u> <u>mento.</u></p>

Responsável pelas informações: Mirela Jacomasso

Cargo: Analista Ambiental – Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Campo Largo.

Campo Largo, 23 de setembro de 2016.



 Mirela Jacomasso
 Mirela Jacomasso Medeiros
 Analista Ambiental
 P. M. de Campo Largo
 CREA PR - 96817/D

ANEXO I
PLANILHA REFERENTE A QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS (DOMICILIARES) COLETADOS EM CAMPO LARGO

QUADRO 13 - QUANTIDADES MENSIS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (DOMICILIARES)
GERADOS DE 2013 A 2016 EM CAMPO LARGO

MESES	RESIDUOS DOMICILIARES COLETADOS (t) 2013	RESIDUOS DOMICILIARES COLETADOS (t) 2014	RESIDUOS DOMICILIARES COLETADOS (t) 2015	RESIDUOS DOMICILIARES COLETADOS (t) 2016
JANEIRO	1.828,770	1.667,02	1.887,74	1.918,23
FEVEREIRO	1.727,240	1.612,03	1.798,24	1.799,37
MARÇO	1.506,030	1.532,20	1.575,21	1.512,43
ABRIL	1.619,660	1.660,05	1.619,50	1.703,58
MAIO	1.457,770	1.488,34	1.678,15	1.611,74
JUNHO	1.673,870	1.809,93	1.761,48	-
JULHO	1.564,730	1.660,05	1.692,93	-
AGOSTO	1.530,420	1.640,07	1.733,57	-
SETEMBRO	1.573,910	1.635,51	1.687,96	-
OUTUBRO	1.409,130	1.660,32	1.615,67	-
NOVEMBRO	1.570,58	1.755,17	1.794,93	-
DEZEMBRO	1.538,33	1.691,28	1.790,30	-
TOTAL	19.000,44	19.811,97	20.635,68	8.545,35

Fonte: Adaptado de Campo Largo (2016).

ANEXO II
PLANILHA REFERENTE A QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
(DOMICILIARES) COLETADOS EM CURITIBA

QUADRO 14 - QUANTIDADES MENSIS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (DOMICILIARES)
GERADOS DE 2014 A 2016 EM CURITIBA

MESES	RESÍDUOS DOMICILIARES COLETADOS (t)	RESÍDUOS DOMICILIARES COLETADOS (t)	RESÍDUOS DOMICILIARES COLETADOS (t)
	2014	2015	2016
JANEIRO	44.675,68	45.430,96	41.585,53
FEVEREIRO	39.915,12	40.927,24	42.009,34
MARÇO	42.495,79	42.891,53	42.405,93
ABRIL	41.158,07	40.061,55	40.008,81
MAIO	41.647,17	40.672,63	39.012,73
JUNHO	40.710,91	41.537,53	37.753,03
JULHO	42.377,92	42.749,48	37.936,20
AGOSTO	41.006,02	42.581,82	39.515,36
SETEMBRO	42.611,92	41.232,10	-
OUTUBRO	45.533,28	43.411,15	-
NOVEMBRO	42.218,36	41.676,60	-
DEZEMBRO	47.197,81	46.492,32	-
TOTAL	511.548,05	509.664,91	320.226,93

Fonte: Adaptado de Curitiba (2016).

ANEXO III

TABELA 3 – PORCENTAGEM EM MASSA

Componente	Carbono			Hidrogênio		Oxigênio		Nitrogênio		Enxofre		Cinzas	
	Água	seca	úmida	seca	úmida	seca	úmida	seca	úmida	seca	úmida	seca	úmida
Res. Comida	70,0	48,0	14,4	6,4	1,9	37,6	11,3	2,6	0,8	0,4	0,1	5,0	1,5
Papel/papelão	6,0	44,0	41,1	5,9	5,5	44,6	41,9	0,3	0,3	0,2	0,2	5,0	4,7
Plástico	2,0	60,0	58,8	7,2	7,1	22,8	22,3	0	0	0	0	10,0	9,8
Têxteis/couro	10,0	55,0	49,5	6,6	5,9	31,2	28,1	4,6	4,1	0,2	0,1	2,5	2,2
Borracha	2,0	78,0	76,4	10	9,8	0	0	0	2	2	0	0	9,8
Madeira	20,0	47,0	38,2	6	4,8	38	3,4	3,4	2,7	0,3	0,2	4,5	3,6

Fonte: Adaptado de Poletto-Filho (2008).