



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL  
Área de Concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente**

**Deise Ieda Caibre**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE PIRÓLISE PARA  
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ESTUDO DE CASO  
APLICADO A UMA CIDADE DE MÉDIO PORTE**

Orientador: Prof. Adalberto Pandolfo, Dr.

Coorientador: Prof. Pedro Domingos Marques Prietto, Dr.

**Passo Fundo**

**2013**

**Deise Ieda Caibre**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE PIRÓLISE PARA  
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ESTUDO DE CASO  
APLICADO A UMA CIDADE DE MÉDIO PORTE**

Orientador: Prof. Adalberto Pandolfo, Dr.

Coorientador: Prof. Pedro Domingos Marques Prietto, Dr.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia, na área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente.

Passo Fundo

2013

Deise Ieda Caibre

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROCESSO DE PIRÓLISE PARA  
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ESTUDO DE CASO  
APLICADO A UMA CIDADE DE MÉDIO PORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia, na área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente.

Data de aprovação: Passo Fundo, 30 de setembro de 2013.

Os membros componentes da Banca Examinadora abaixo aprovam a Dissertação.

Adalberto Pandolfo, Dr.

Orientador

Pedro Domingos Marques Prietto, Dr.

Coorientador

Francisco Dalla Rosa, Dr.

Universidade de Passo Fundo

Vandré Barbosa Brião, Dr.

Universidade de Passo Fundo

Elvis Carissimi, Dr.

Universidade Federal de Santa Maria

Passo Fundo

2013

## **Agradecimentos**

Escrever uma dissertação de mestrado é uma experiência enriquecedora e de plena superação. Nos sentimos modificados a cada tentativa de buscar respostas às nossas aflições de pesquisadores. Para aqueles que compartilham conosco desse momento, parece uma tarefa interminável, mas nossas conquistas são fruto de grande esforço pessoal e colaboração de muitas pessoas. O apoio de todos foi fundamental para a realização desta pesquisa.

Gostaria de agradecer ao professor Adalberto Pandolfo pela orientação, dedicação, incentivo e amizade dispensada durante todo o curso.

Ao meu professor e coorientador Pedro Domingos Marques Prietto, pelas contribuições dadas na execução deste trabalho.

Ao professor Vandr e Barbosa Bri o, pelas contribui es dadas na execu o desta pesquisa.

Ao professor Francisco Dalla Rosa, pelas suas orienta es na finaliza o da disserta o.

  FUMDEMA – Fundo Municipal de Meio Ambiente de Conc rdia e Prefeitura Municipal que se prontificaram a fornecer as informa es e dados para esta pesquisa.

Aos demais professores e colegas do mestrado pelo companheirismo.

  toda minha fam lia, pelo apoio e companheirismo em todos os momentos da minha vida.

Aos amigos, cujos incentivos foram muito importantes, principalmente nos momentos mais dif ceis.

  todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realiza o deste trabalho, agrade o o apoio, est mulo e aten o.

*“Tal como uma pequena semente guarda dentro de si a essência de uma bela árvore, pequenos gestos de nossa parte podem preservar a vida de todo um planeta.”*

***(Iolanda F. Sigrist)***

## RESUMO

As atividades da vida urbana contribuem para acelerar o aumento na quantidade de resíduo gerado por cada indivíduo. A facilidade na aquisição de bens de consumo acelera a cada dia, proporcionando o aumento do descarte dos mesmos na mesma proporção. É importante para a sustentabilidade das cidades que o gerenciamento dos resíduos sólidos preveja a destinação adequada desses resíduos, de forma a evitar passivos ambientais. Em virtude da exaustão das áreas destinadas para aterros sanitários, o objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar a viabilidade econômica do processo de pirólise para tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) aplicado para a cidade de Concórdia, SC. Para atender ao objetivo geral foram determinados objetivos específicos que compreenderam o estudo de alternativas locais e os métodos de análise de investimentos na condição de certeza, incerteza e análise de risco. O processo de pirólise para RSU não se mostrou atrativo devido aos altos custos operacionais e os impostos sobre a venda de energia elétrica e fertilizante. O VPL resultante do fluxo de caixa é negativo e não há retorno do capital investido, tanto para o empreendimento como para o fluxo de caixa do investidor. Nesse caso, a pesquisa possibilitou o estudo de vários cenários para viabilidade econômica do projeto através da análise de sensibilidade. Considerando a possibilidade da integração com mais municípios para complementar o volume de matéria prima, a redução do custo do transporte dos RSU até a usina de pirólise e o aumento do preço de venda da energia elétrica, ou ainda a isenção de impostos, o projeto é uma alternativa rentável, ao passo que além dos benefícios econômicos, a planta de pirólise possibilita a eliminação do passivo ambiental gerado pelos aterros sanitários. A análise de risco da planta de pirólise para RSU através do Método de Simulação Monte Carlo foi baseada no fluxo de caixa resultante dos estudos para a determinação dos parâmetros na condição de certeza para a pirólise, após a análise de sensibilidade que apresentou três condições diferentes para a viabilidade do projeto. A análise de risco do projeto apresentou riscos na ordem de 0,5 a 2% do VPL ser negativo, o que pode ser considerado insignificante para a análise financeira do negócio em dois cenários. E outro cenário resultou em um risco que variou de 15% a 20% do VPL ser negativo, o que pode ser considerado um risco significativo para o projeto.

Palavras-chaves: Resíduos sólidos. Pirólise. Análise econômica.

## ABSTRACT

The activities of urban life contribute to accelerate the increase in the amount of waste generated by each individual. The ease in the acquisition of consumer goods accelerate every day, resulting in an increase of the municipal solid waste (MSW) amount in the same proportion. It is important for the sustainability of cities that the solid waste management provides proper disposal of such wastes to prevent environmental damage. Due to the depletion of the areas destined for landfills, the aim of this study is to assess the economic viability of pyrolysis process for treatment of MSW applied to the city of Concordia, SC. In order to meet the main objective, specific goals, including the study of locational alternatives and methods of investment analysis on the condition of certainty, uncertainty and risk were created. The pyrolysis process for MSW was not attractive due to high operational costs and taxes on the sale of electricity and fertilizer. The NPV of the resulting cash flow is negative and there is no return on invested capital for both the enterprise and the investor's cash flow. In this case, the research allowed the study of various scenarios for the economic viability of the project through sensitivity analysis. Considering the possibility of integration with most municipalities to complement the volume of raw material, reducing the cost of transportation of MSW to the plant pyrolysis and increasing the selling price of electricity, or even tax exemption, the project is a cost-effective alternative, due to the fact that, economic benefits aside, the pyrolysis plant allows for the removal of environmental liabilities generated by landfills. Risk analysis of the pyrolysis plant for MSW through the Monte Carlo simulation method was based on the cash flow from the test for determining the parameters on the condition of certainty for pyrolysis, after the sensitivity analysis that showed three different conditions for the viability of the project. Risk analysis of the project showed an amount of 0.5 to 2% of the NPV to be negative, which can be considered negligible for the financial analysis of the business in two scenarios. And a scenario resulted in a risk that ranged from 15% to 20% of the NAV to be negative, which may be considered a significant risk to the project.

Keywords: Solid waste. Pyrolysis. Economic analysis.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	Considerações iniciais .....	10
1.2	Problema de pesquisa .....	11
1.3	Justificativa.....	12
1.4	Objetivos.....	14
1.4.1	Objetivo geral.....	14
1.4.2	Objetivos específicos .....	14
1.5	Limitações da Pesquisa.....	14
1.6	Estrutura da dissertação .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1	Resíduos sólidos .....	16
2.1.1	Definição de resíduos sólidos .....	16
2.1.2	Classificação dos resíduos sólidos .....	17
2.1.3	A problemática dos resíduos sólidos urbanos .....	19
2.1.4	Composição dos resíduos sólidos urbanos.....	21
2.1.5	Coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos urbanos .....	23
2.1.6	A experiência mundial no gerenciamento de RSU .....	24
2.2	Alternativas tecnológicas de destinação final de RSU .....	28
2.2.1	Aterro sanitário .....	29
2.2.1.1	Decomposição dos resíduos .....	30
2.2.1.2	Geração de gases.....	30
2.2.1.3	Geração de chorume .....	31
2.2.2	Incineração.....	32
2.2.2.1	Descrição do processo de incineração .....	32
2.2.2.2	Análise do processo de incineração .....	34
2.2.3	Gaseificação.....	36
2.2.3.1	Descrição do processo de gaseificação .....	36
2.2.3.2	Análise do processo de gaseificação.....	38
2.2.4	Plasma.....	39
2.2.4.1	Descrição do processo por plasma.....	40
2.2.4.2	Análise do processo térmico por plasma .....	42
2.2.5	Pirólise .....	44
2.2.5.1	Descrição do processo de pirólise.....	45
2.2.5.2	Pirólise de resíduos sólidos .....	49
2.3	Identificação das entradas e saídas do sistema .....	50
2.3.1	Tendências no tratamento de RSU.....	53
2.3.2	Aspectos legais relacionados ao RSU.....	55
2.3.2.1	Legislação Federal .....	55
2.3.2.2	Legislação Estadual .....	57
2.3.2.3	Legislação Municipal.....	59

2.3.3	Aspectos legais do tratamento térmico de RSU.....	59
2.4	Análise de viabilidade econômica .....	61
2.4.1	Estudo das alternativas locacionais.....	62
2.4.2	Métodos de análise de investimentos.....	64
2.4.2.1	Análise de investimentos na condição de certeza.....	64
2.4.2.2	Análise de investimentos na condição de incerteza.....	71
2.4.2.3	Análise de investimentos na condição de risco.....	73
<b>3</b>	<b>MÉTODO DA PESQUISA .....</b>	<b>76</b>
3.1	Caracterização do objeto de estudo.....	76
3.1.1	Histórico dos resíduos sólidos em Concórdia.....	77
3.2	Diagnóstico do atual sistema de destinação final dos RSU em Concórdia .....	78
3.2.1	Descrição da quantidade dos RSU gerados na cidade .....	79
3.2.2	Composição gravimétrica dos RSU depositados no aterro sanitário .....	80
3.2.3	Identificação das formas de tratamento e disposição final dos RSU .....	81
3.3	Classificação da pesquisa.....	84
3.4	Procedimento Metodológico.....	85
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>94</b>
4.1	Avaliação das alternativas locacionais .....	94
4.2	Análise econômica na condição de certeza .....	97
4.2.1.1	Investimento inicial.....	98
4.2.1.2	Custos operacionais .....	101
4.2.1.3	Depreciação.....	103
4.2.1.4	Preço de venda.....	104
4.2.1.5	Receita Bruta.....	104
4.2.1.6	Impostos.....	106
4.2.1.7	Avaliação econômica da planta de pirólise.....	108
4.3	Análise de sensibilidade .....	110
4.3.1	Avaliação dos resultados obtidos na análise de sensibilidade .....	120
4.4	Análise de risco .....	123
4.4.1.1	Simulação Monte Carlo .....	125
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>129</b>
5.1	Conclusões da pesquisa .....	129
5.2	Recomendações para trabalhos futuros .....	132
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>133</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>143</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Considerações iniciais**

Desde o início da civilização, quando o homem abandonou a vida nômade para viver em comunidades fixas, passando a estabelecer-se em locais definidos, tem início a geração de resíduos sólidos, e pode-se entender que a partir deste evento finaliza-se o relacionamento relativamente harmonioso do ser humano com o meio ambiente.

A formação de aglomerações urbanas, o aumento populacional, as mudanças nos hábitos de consumo, o desenvolvimento industrial e uma série de outros fatores, fizeram com que fossem potencializados os problemas ambientais, sanitários e sociais causados pelos resíduos sólidos urbanos (GOMES, 2011).

Devido ao forte impulso da sociedade em adquirir bens de consumo, a geração de resíduos dificilmente será eliminada. Porém, a busca por formas de gerenciamento ambientalmente adequadas, e através disso, a agregação de valor econômico ao resíduo sólido urbano, são fatores importantes para a sustentabilidade das cidades.

É neste contexto que esta pesquisa está inserida, e apresenta como tema: a análise de viabilidade econômica do processo de pirólise para tratamento de resíduos sólidos urbanos, através da geração de subprodutos de valor comercial.

## **1.2 Problema de pesquisa**

O ser humano, em suas atividades para viver, trabalhar e se divertir, produz resíduos sólidos diretamente ou utiliza produtos que geraram resíduos para sua fabricação. Nos últimos anos, a quantidade, o volume e a composição dos resíduos sólidos urbanos têm alterado. Para Asase et al. (2009), isso se deve, principalmente, ao aumento populacional, às mudanças nos estilos de vida das pessoas e ao desenvolvimento e consumo de produtos com materiais que são menos biodegradáveis.

A falta de tratamento dos resíduos e os subprodutos de sua degradação, assim como a presença de alguns compostos químicos, podem causar a contaminação do solo, ar e água, e também prejudicar a saúde da população.

A cidade de Concórdia, localizada no Estado de Santa Catarina, não se diferencia da maioria das cidades de médio porte brasileiras. O crescimento da população nos últimos anos teve como consequência o aumento da geração de resíduos, o que justifica a preocupação cada vez maior com a preservação do meio ambiente, com a saúde pública e a qualidade de vida da população.

O município de Concórdia, no período de 1989 a 2002, teve a deposição final dos resíduos sólidos em lixão, em condições ambientais extremamente desfavoráveis, com intensa exalação de gases, fumaça, odores, proliferação de insetos e ratos, poluição das águas, e deficiência do sistema hídrico da região. Consequentemente, causando danos à população, e pondo a saúde pública em risco.

Devido a essas condições ambientais, o Termo de Ajustamento de Conduta, firmado com o Ministério Público do Estado, levou o município a realizar levantamentos iniciais para a implantação de um aterro sanitário, o qual está em operação atualmente.

Os aterros sanitários continuam sendo a base do gerenciamento de resíduos urbanos nos municípios. E esta prática de destinação final pode provocar impactos ambientais e prejudicar a saúde da população.

Tammemagi (1999) destaca alguns impactos decorrentes da operação de um aterro sanitário. Devido à decomposição da matéria orgânica contida nos resíduos, ocorre a formação do gás metano, que é explosivo, e o recalque da massa de resíduos, dificulta a construção de obras sobre o local do aterro. Além disso, a existência de contaminantes dentro do aterro impossibilita o uso da área para a agricultura.

Para Tammemagi (1999) quando os resíduos sólidos são aterrados, devido à decomposição da matéria orgânica contida nos resíduos, ocorre a formação de gás metano, que é explosivo, e o recalque da massa de resíduos pode restringir a área quanto a instalação de obras sobre o local do aterro. Além disso, a existência de contaminantes dentro do aterro impossibilita o uso da área para a agricultura.

Logo, encontrar novas soluções e alternativas é um desafio da atual sociedade, podendo este ser de grande importância para a gestão dos resíduos sólidos e, consequentemente, para a sustentabilidade. Essa gestão deve considerar não somente a destinação final dos resíduos sólidos, mas também a redução dos mesmos. Ao mesmo tempo, deve-se levar em consideração a criação de oportunidades de gerar recursos para a continuidade de todo o sistema.

Dessa maneira, o processo de pirólise rápida surge como alternativa de tratamento dos resíduos sólidos urbanos, além de gerar subprodutos de valor comercial, os quais são uma alternativa ao uso de combustíveis fósseis para a geração de calor, entre outras aplicações.

Nesse contexto tem-se como questão da pesquisa: Qual é a viabilidade econômica para implantação do processo de pirólise para tratamento dos resíduos sólidos urbanos gerados na cidade de Concórdia, SC?

### **1.3 Justificativa**

De acordo com Zanetti (2003), a questão dos resíduos sólidos urbanos é uma das maiores preocupações e fontes de despesas das administrações municipais na atualidade. Algumas soluções técnicas isoladas têm resolvido parcialmente o problema, mas com o passar do tempo, a quantidade e a complexidade dos resíduos vêm crescendo transformando-se em grave ameaça ao meio ambiente e à saúde pública.

No intuito de resolver a problemática dos resíduos sólidos urbanos, muitos agentes públicos, empresários, representantes da sociedade e pesquisadores têm buscado alternativas voltadas à sustentabilidade do sistema de gestão, objetivando a minimização da geração, o reaproveitamento, formas de tratamento e a disposição final adequada desses resíduos (LOPES, 2003).

Sistemas para destinação final de resíduos sólidos urbanos que valorizem economicamente os subprodutos gerados, que minimizem os impactos ambientais e sejam tecnicamente eficientes, apresentam-se como alternativas sustentáveis a serem adotadas.

Dessa forma, o processo de pirólise, caracterizado como a destruição térmica dos resíduos em um reator na ausência de oxigênio, apresenta a possibilidade de se obter energia facilmente transportável e de fácil armazenamento, como os combustíveis líquidos e sólidos provenientes da decomposição térmica dos resíduos (AIRES et al., 2003). O processo apresenta economia na lavagem de gases, uma vez que a pirólise produz menor quantidade de gases, e de compostos oxigenados ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ), quando comparada ao processo de incineração (MUNIZ, 2004).

A quantidade de gás produzido na pirólise é de 5 a 20 vezes menor do que a produção de gás na incineração, isto significa para o sistema uma economia considerável no processo de lavagem de gases e, além disso, o fato de se trabalhar na ausência de oxigênio, evita a

formação de compostos clorados, como dioxinas e furanos, que são extremamente tóxicos (LIMA, 1998).

Em 2005, o Comitê de Gestão de Resíduos Sólidos do Condado de Los Angeles e da Califórnia (CIWMB), divulgou um relatório com as conclusões após estudos sobre tecnologias de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos. Entre as conclusões apresentadas considera-se que o processo de pirólise causa menor impacto ambiental, produz maior quantidade de energia e apresenta maior compatibilidade com a reciclagem do que o processo de incineração. Além disso, o processo de pirólise minimiza a quantidade de resíduos enviada aos aterros, aumentando a sua vida útil (MARCHEZETTI, 2009).

As vantagens da tecnologia de tratamento pela pirólise em relação à disposição em aterro foram identificadas a partir dos resultados obtidos pela avaliação do ciclo de vida, levando em conta que tal tecnologia apresenta maior potencial para produção de energia, menor emissão de gases de nitrogênio e menor emissão de gás carbônico; fatores importantes quando se considera a perspectiva do aquecimento global (MARCHEZETTI, 2009).

Dessa forma, esta pesquisa se justifica pelo fato de que a cidade de Concórdia utiliza o aterro sanitário para destinação final dos resíduos sólidos urbanos e de que o uso improdutivo da área sobre o aterro é contrário aos princípios de desenvolvimento sustentável. Portanto, novas e diferentes formas de destinação final devem ser utilizadas.

Este trabalho foi desenvolvido na linha de pesquisa Planejamento Territorial e Gestão da Infraestrutura, sendo componente do projeto de pesquisa Gestão de Projetos de Infraestrutura, o qual é inserido no tema Planejamento e Análise Econômica de Projetos de Infraestrutura e Meio Ambiente.

Essa pesquisa contribui com um estudo de viabilidade econômica para implantação de um sistema de tratamento de resíduos sólidos urbanos dentro dos princípios de sustentabilidade ambiental, econômica e social, preservando o ambiente natural e construído. Ainda, a pesquisa apresenta subsídios para a proposição, implementação e avaliação de políticas públicas de planejamento e gerenciamento da infraestrutura.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo geral**

O objetivo geral da pesquisa é verificar a viabilidade econômica de implantação do processo de pirólise para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, analisando as formas de aproveitamento dos subprodutos do processo.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são definidos como:

- 1) avaliar as alternativas locais para implantação do empreendimento no município de Concórdia, SC;
- 2) elaborar o fluxo de caixa do empreendimento para análise da viabilidade nas condições de certeza;
- 3) avaliar a viabilidade do empreendimento através na condição de incerteza;
- 4) avaliar os riscos do empreendimento através da Simulação Monte Carlo.

## **1.5 Limitações da Pesquisa**

Devido à complexidade do tema e limitação de tempo, esta pesquisa abrange os resíduos sólidos gerados em residências (resíduos residenciais), em estabelecimentos comerciais (resíduos comerciais) e gerados nas atividades de limpeza de ruas, capinação e poda (resíduos públicos), os quais são de responsabilidade da prefeitura municipal.

Além disso, é um estudo de caso aplicado ao município de Concórdia, SC, e devido às características operacionais do sistema em estudo, foram considerados os resíduos da coleta convencional, excluindo-se os resíduos recicláveis que são recolhidos pela coleta seletiva.

## **1.6 Estrutura da dissertação**

Além do presente capítulo, no qual se apresenta o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos e as delimitações do trabalho, esta pesquisa é composta por mais quatro capítulos.

O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, abordando as definições e classificações dos resíduos sólidos, a problemática destes materiais, as tecnologias térmicas de destinação final dos resíduos, os métodos de análise de viabilidade econômica de projetos, além da legislação referente ao assunto nos níveis federal, estadual e municipal.

O capítulo 3 caracteriza o município onde foi realizado o estudo, classifica a pesquisa e descreve o procedimento metodológico utilizado, detalhando as atividades realizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 4 apresenta, analisa e discute os resultados, divididos em quatro partes, de forma a atender os objetivos específicos.

O capítulo 5, por fim, apresenta as conclusões da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros, elaboradas a partir dos resultados obtidos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A revisão de literatura desta pesquisa está estruturada de forma a apresentar os conceitos, características e outros elementos dos itens avaliados nos objetivos específicos.

Dessa forma, foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangendo os resíduos sólidos, compreendendo a definição, classificação, composição, a problemática dos resíduos sólidos urbanos, coleta seletiva, além de uma revisão sobre a experiência mundial na área de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e os aspectos legais relacionados ao tema.

Também foram revisadas as tecnologias térmicas de tratamento de resíduos sólidos, compreendendo os processos de incineração, gaseificação, plasma e ainda o processo de pirólise, objeto de estudo desta pesquisa.

E finalmente, foram revisados os métodos de análise de investimentos, os quais compreendem; a análise na condição de certeza; na condição de incerteza, através da análise de sensibilidade; a análise de risco, através da simulação Monte Carlo; e ainda uma revisão sobre o estudo de alternativas locais.

### **2.1 Resíduos sólidos**

#### **2.1.1 Definição de resíduos sólidos**

A definição de resíduos pode ser muito subjetiva, o que representa resíduo para uma pessoa pode representar um recurso valioso para outra (WILLIAMS, 2005). O termo “resíduos sólidos” é mais utilizado no meio acadêmico e em áreas técnicas em substituição a palavra “lixo”. O lixo, segundo Jardim (2010), é o resto das atividades humanas, considerado como inservível, indesejável e descartável. Ou seja, aquilo que já não tem mais utilidade para a finalidade com que foi desenvolvido. Geralmente se apresentam sob o estado sólido, semi-sólido ou semi-líquido.

De acordo com Fritsch (2000), os resíduos sólidos urbanos receberam esta denominação no início da década de 1990. Até então, eram chamados de lixo. Para pesquisadores da área, o termo “resíduo” é mais adequado, já que este pode se tornar matéria-prima para a fabricação de outro produto. Dessa forma, os resíduos não são considerados

inúteis, recebendo a denominação de “resíduos últimos” apenas quando não puderem mais ser reaproveitados ou reutilizados.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10004 de 2004, define resíduos sólidos como:

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

O crescimento da população gerou um crescimento na geração de resíduos, porém a mudança nos hábitos de consumo tem levado a um aumento ainda maior da sua geração. A sociedade atual investe cada vez mais em produtos descartáveis, os quais se tornam rapidamente inúteis e indesejáveis para o indivíduo e, assim, rapidamente se tornam resíduos (FRÉSCA, 2007).

Ainda para Frésca (2007) é importante ressaltar que o que vai transformar algum material em resíduo sólido é o fato de seu proprietário ou produtor considerá-lo como inútil ou indesejável, ou ainda, sem valor de uso.

### **2.1.2 Classificação dos resíduos sólidos**

Os resíduos sólidos podem ser classificados de várias maneiras. As principais são quanto ao seu grau de periculosidade em relação a determinados padrões de qualidade ambiental e de saúde pública e quanto à sua natureza ou origem.

Quanto aos riscos potenciais que os resíduos podem apresentar à saúde pública e ao meio ambiente, devido às suas propriedades físicas, químicas e infectocontagiosas, conforme a NBR 10004, pode-se classifica-los como:

- 1) Classe I – Perigosos: apresentam periculosidade ou uma das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;
- 2) Classe II A – Não perigosos e não inertes: não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes. Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

3) Classe II B – Não perigosos e inertes: quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não possuem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Deve-se mencionar que, segundo as especificações da ABNT, os resíduos sólidos urbanos são considerados Classe II A.

De acordo com Monteiro et al. (2001), quanto à natureza ou origem, os diferentes tipos de resíduos sólidos podem ser agrupados em cinco classes:

1) Resíduos residenciais ou domésticos: gerados nas atividades diárias em edificações residenciais;

2) Resíduos comerciais: gerados em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem da atividade ali desenvolvida;

3) Resíduos públicos: presentes nas ruas, como folhas, galhos, poeira, terra, areia, restos de embalagens, de alimentos e de papéis, etc.;

4) Resíduos domiciliares especiais: compreendem os resíduos de construção e demolição, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus. Os resíduos de construção e demolição correspondem a, aproximadamente, 50% da quantidade em peso de resíduos sólidos urbanos coletada em cidades com mais de 500 mil habitantes. Quanto à composição, são uma mistura de materiais inertes, como concreto, argamassa, madeira, plásticos, papelão, vidros, metais, cerâmica e terra. As pilhas e baterias têm a função de converter energia química em energia elétrica utilizando metais como combustível, por isso possuem características de corrosividade, reatividade e toxicidade, podendo causar impactos negativos ao meio ambiente e ao homem. As lâmpadas fluorescentes liberam mercúrio quando são quebradas, o que as transformam em resíduos perigosos, pois o mercúrio é tóxico e quando inalado ou ingerido, pode causar diversos problemas fisiológicos ao homem. Os pneus geram muitos problemas ambientais quando dispostos de forma inadequada. Quando deixados em ambientes abertos, acumulam a água da chuva e, assim, ocasionam a proliferação de insetos. Quando queimados, geram materiais particulados e gases tóxicos, necessitando de um sistema de tratamento de gases bastante eficiente e caro. Mesmo nos aterros sanitários os pneus causam problemas, pois formam vazios na massa de resíduos, causando instabilidade;

5) Resíduos de fontes especiais: devido às suas características peculiares, merecem cuidados especiais no manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte e disposição final. São constituídos pelos resíduos industriais, radioativos, resíduos de portos, aeroportos e

terminais rodoferroviários, resíduos agrícolas e de serviços de saúde. Os resíduos industriais apresentam características diversificadas, pois dependem do tipo de atividade industrial. Os resíduos radioativos são aqueles que emitem radiações acima dos limites permitidos pelas normas ambientais, cujo gerenciamento é de responsabilidade exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A periculosidade dos resíduos gerados nos terminais e dentro dos navios, aviões e veículos de transporte está no risco de transmissão de doenças já erradicadas no país. Os resíduos agrícolas, por sua vez, são constituídos basicamente por embalagens descartadas pelo uso de pesticidas e fertilizantes químicos. Já os resíduos de serviços de saúde são todos aqueles gerados nas instituições destinadas à preservação da saúde da população.

Ainda conforme o autor, os resíduos residenciais e comerciais constituem os denominados Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), que, juntamente com os resíduos públicos, representam a maior parcela dos resíduos sólidos produzidos nas cidades.

A Lei 12305 de 2010 que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos também classifica os resíduos quanto à origem e define que os “Resíduos Sólidos Urbanos” (RSU) são aqueles constituídos pelos resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana, originários dos serviços de varrição, limpeza das vias públicas, entre outros (BRASIL, 2010).

### **2.1.3 A problemática dos resíduos sólidos urbanos**

O ser humano, em suas atividades para viver, trabalhar e se divertir, produz resíduos sólidos diretamente ou utiliza produtos que geraram resíduos para sua fabricação. A produção de resíduos não pode ser evitada (TAMMEMAGI, 1999).

Para Strauch e Albuquerque (2008), o aumento da quantidade de resíduos e de produtos reflete a velocidade com que tiramos recursos da natureza sem repor, consumindo parte deles e transformando a outra parte em sobras com características prejudiciais, superando a capacidade de absorção e reposição da natureza.

De acordo com o guia Resíduos Sólidos (2007), os resíduos sólidos urbanos podem causar problemas sanitários, ambientais e sociais:

- 1) Do ponto de vista sanitário, não se pode afirmar que os resíduos sólidos urbanos sejam a causa direta de doenças. Entretanto, está comprovado seu papel na transmissão de doenças provocadas por macro e microrganismos que vivem ou são atraídos pelos resíduos.

Estes organismos encontram abrigo e alimento nos resíduos e podem ser agentes responsáveis por doenças transmitidas ao homem e a outros animais, como febre tifóide, amebíase, gastroenterites, febre amarela, leptospirose, toxoplasmose, entre outras. A falta de tratamento dos resíduos e os subprodutos de sua degradação, assim como a presença de alguns compostos químicos, podem causar a contaminação do solo, ar e água e ainda prejudicar a saúde da população.

2) Quanto aos danos causados ao meio ambiente, tem-se:

a) Poluição do ar: causada pelo espalhamento de materiais particulados e leves, ocasionado pelo vento, causada também pela liberação de gases e odores, decorrentes da decomposição da matéria orgânica contida no lixo, e pelo desprendimento de fumaça e emissão de gases de combustão incompleta, devido à característica de degradação e fácil combustão dos resíduos sólidos;

b) Poluição das águas: devido à geração de líquidos lixiviados, que percolam e infiltram no solo, podendo atingir as águas superficiais e subterrâneas;

c) Poluição do solo: causada pela infiltração de líquidos lixiviados carreando poluentes e espalhando-se pelo solo, e pela degradação superficial do solo no local da disposição inadequada, impossibilitando-o para determinados usos.

3) Como problemas sociais podem ser citados: a desvalorização de áreas do entorno e do próprio local de disposição final dos resíduos; os riscos de desabamentos decorrentes da instabilidade dos resíduos depositados em encostas ou áreas não estáveis, agravados em períodos de chuva; as enchentes decorrentes do assoreamento do leito, quando os resíduos são lançados em curso d'água, ou decorrentes do entupimento dos sistemas de drenagem de águas pluviais, quando os resíduos são abandonados em terrenos baldios ou nas vias públicas; a degradação das condições sanitárias e de saúde pública; o desconforto da população do entorno, decorrente da poluição visual; e os impactos negativos sobre a fauna e flora de ecossistemas locais causados pela disposição inadequada dos resíduos.

Lopes (2003) acrescenta a esta lista de problemas sociais a presença dos catadores, que, quase sempre, entram em contato direto com os resíduos, correndo risco de acidentes e contaminação. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000, existem cerca de 24340 catadores trabalhando em lixões de municípios brasileiros, sendo 5393 crianças com idade até 14 anos, do total, 7264 catadores, sendo 2435 crianças, residem em lixões (IBGE, 2002).

Salienta-se que essa quantidade se refere aos catadores que trabalham diretamente nos lixões, porém, sabe-se que uma quantidade muito maior trabalha nas ruas, coletando materiais recicláveis em meio aos resíduos acondicionados pela população (GOMES, 2011).

Para Tammemagi (1999), mesmo com todos os esforços para a redução da quantidade de resíduos através da reciclagem e incineração, os aterros sanitários continuam sendo a base do gerenciamento de resíduos urbanos, e mesmo os aterros modernos, que empregam tecnologias para impermeabilização e sistemas de coleta e tratamento de lixiviado, são um problema. Se eles não estão contaminando o meio ambiente agora, eles provavelmente vão contaminá-lo dentro de poucas décadas após seu fechamento. O uso de tecnologias modernas simplesmente adia o inevitável.

No Brasil, em 2009, foram geradas aproximadamente 57 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Dos resíduos sólidos urbanos coletados, 56,8% são dispostos em aterros sanitários, 23,9% em aterros controlados e 19,3% em lixões, ou seja, 43,2% dos resíduos sólidos urbanos são dispostos de forma inadequada (ABRELPE, 2010).

Tammemagi (1999) também destaca que devido à decomposição da matéria orgânica contida nos resíduos, ocorre a formação do gás metano, que é explosivo, e o recalque da massa de resíduos, dificulta a construção de obras sobre o local do aterro. Além disso, a existência de contaminantes dentro do aterro impossibilita o uso da área para a agricultura.

Dessa forma, o uso improdutivo da área sobre o aterro é contrário aos princípios de desenvolvimento sustentável e, portanto, novas e diferentes formas de disposição final devem ser utilizadas.

#### **2.1.4 Composição dos resíduos sólidos urbanos**

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são geralmente compostos por materiais putrescíveis (resíduos alimentares, resíduos de jardinagem e varrição e demais materiais que degradam rapidamente), papéis, papelões, plásticos, madeiras, metais, vidros e outros como entulhos, espumas, solos, couro, borrachas, cinzas, tecidos, óleos, graxas, etc. (BOSCOV, 2008 apud DMITRIJEVAS, 2010).

Para Dmitrijevas (2010), a composição dos RSU apresenta uma grande variação de acordo com o nível de desenvolvimento do país, observando-se conteúdo energético maior e umidade menor nos resíduos de países desenvolvidos.

Observou-se que os RSU de bairros com poder aquisitivo menor apresentam teores de material orgânico maiores, constituído principalmente por restos de alimentos, de baixo conteúdo energético. Já os bairros com poder aquisitivo mais elevado, apresentam percentual maior de papéis e plásticos de elevado conteúdo energético.

O autor destaca que esta quantidade de RSU não constitui apenas um problema de ordem estética, representa uma seria ameaça ao homem. Não menos crítico, é o problema de ordem higiênica que os resíduos sólidos urbanos trazem consigo. Dada a presença de restos de alimentos, os RSU atraem insetos e ratos, que dada a sua elevada taxa de reprodução, propagam rapidamente estas bactérias patogênicas. Particularmente em períodos de chuva, ocorrem nos depósitos de RSU infiltrações de água que penetram até as águas subterrâneas. Se estas infiltrações alcançarem águas superficiais ou profundas, contribuirão acentuadamente para a eutrofização, por causa do seu elevado teor de substâncias minerais.

A Tabela 1 apresenta as forma de destinação final dos resíduos sólidos urbanos no mundo.

Tabela 1 -Destinação final dos RSU em % de peso em diversos países

País	Aterros (%)	Incineração	Compostagem	Reciclagem
Brasil	90	-	1,5	8
México	97,6	-	-	2,4
Estados Unidos	55,4	15,5	29,1*	
Alemanha	50	30	5	15
França	48	40	12*	
Suécia	40	52	5	3
Austrália	80	<1	-	20
Israel	87	-	-	13
Grécia	95	-	-	5
Itália	80	7	10	3
Reino Unido	83	8	1	8
Holanda	12	42	7	39
Suíça	13	45	11	31
Dinamarca	11	58	2	29

\*Os dados referem-se ao sistema de compostagem e reciclagem de forma integrada.

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2007).

### **2.1.5 Coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos urbanos**

As atividades organizadas de separação e reaproveitamento dos resíduos sólidos em larga escala são relativamente recentes e vêm-se acentuando nos últimos anos, na esteira da crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e com o esgotamento de recursos naturais não-renováveis (JACOBI, 2006).

Para Monteiro et al. (2001), a criação de políticas ambientais nos países desenvolvidos despertou o interesse da população pela questão dos resíduos sólidos. O aumento da geração per capita de lixo, fruto do modelo de alto consumo da sociedade capitalista, começou a preocupar ambientalistas e a população, tanto pelo seu potencial poluidor, quanto pela necessidade permanente de identificação de novos sítios para aterro dos resíduos. Entre as alternativas para tratamento ou redução dos resíduos sólidos urbanos, a reciclagem é aquela que desperta o maior interesse na população, principalmente por seu forte apelo ambiental.

A coleta seletiva é o conjunto de procedimentos referente ao recolhimento diferenciado de resíduos recicláveis (papéis, plásticos, metais, vidros, etc.) e até de resíduos orgânicos compostáveis, desde que tenham sido previamente separados dos demais resíduos considerados não reaproveitáveis, nos próprios locais em que tenha ocorrido sua geração (SNIS, 2007).

A segregação na fonte evita que os resíduos se misturem, mantendo-os separados desde o início. Essa alternativa tem a vantagem de evitar que os resíduos se contaminem mutuamente, reduzindo seu valor, e às vezes, até inviabilizando a reciclagem (RUSSEL; HURDELBRINK, 1996 apud STRAUCH; ALBUQUERQUE, 2008).

Considerando a questão econômica e social, a separação dos resíduos na fonte aumenta o valor agregado dos materiais recicláveis, favorece o catador que tem essa atividade como meio de sobrevivência, ajuda a preservar o meio ambiente, pois reduz a quantidade de resíduos dispostos em aterros, aumentando a sua vida útil e diminuindo os impactos ambientais, e reduz a extração de recursos naturais e a utilização de energia e água no processo produtivo (SOARES, 2004).

### **2.1.6 A experiência mundial no gerenciamento de RSU**

Gomes (2011) em sua pesquisa sobre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no mundo destacou que há diferenças entre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Na maioria dos países desenvolvidos, o foco do gerenciamento não é a saúde pública, e sim a conservação dos recursos naturais (WILSON, 2007 apud ASASE et al., 2009). Por outro lado, na maior parte dos países em desenvolvimento, o gerenciamento é caracterizado pela cobertura inadequada dos serviços de limpeza urbana, operacionalização ineficiente dos serviços, reciclagem limitada, gerenciamento de resíduos urbanos perigosos e disposição final inadequada (ZURBRUGG e SCHERTENLEIB, 1998 apud ASASE et al., 2009).

Segundo os autores, pode-se aprender a partir das experiências dos países desenvolvidos. Os responsáveis pela gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos nos países em desenvolvimento podem conhecer e analisar as práticas adotadas nos países desenvolvidos e, a partir disso, construir seus próprios modelos evitando os erros já cometidos no passado.

A seguir são apresentados exemplos de modelos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos implementados em alguns países:

#### **1) Japão**

Juras (2001 apud SOARES, 2004) relata que no Japão 78,2% dos resíduos sólidos urbanos são destinados à incineração com recuperação de energia, 15% são reciclados e apenas 5,3% vão para aterros sanitários devido a problemas relativos à falta de espaço para construção de aterros. A compostagem de matéria orgânica é insignificante no país.

#### **2) Estados Unidos**

Nos Estados Unidos, a geração de resíduos é muito grande devido ao elevado consumo incentivado pelo próprio sistema econômico, por isso os esforços em busca de redução na geração de resíduos são limitados (LEITE, 1997 apud LOPES, 2003).

Segundo a pesquisa “O estado do lixo na América” realizada em 2008, com dados referentes aos anos de 2004 a 2006, nos 50 estados do país, dos 413 milhões de toneladas de resíduos sólidos municipais gerados, 28,6% foram reciclados e transformados em composto orgânico, 6,9% foram incinerados com recuperação de energia e 64,5% foram dispostos em aterros sanitários. Destaca-se que nessa estimativa não estão incluídos os resíduos de construção e demolição, industrial e agrícola. Essa quantidade representa um aumento de 25 milhões de toneladas geradas com relação à pesquisa realizada em 2006, com dados de 2002 a 2004. A geração per capita estimada foi de 1,38 t/ano maior que a de 1,3 t/ano referente à pesquisa de 2006. Ao mesmo tempo, as porcentagens de resíduos reciclados, incinerados e aterrados se mantiveram praticamente iguais (ARSOVA et al., 2008).

Ainda de acordo com os autores, nos anos de 2004 a 2006, existiam 1831 aterros sanitários em funcionamento no país, sendo o custo médio para aterramento de US\$42,08/tonelada, variando de US\$15 a US\$96 dependendo do estado. Também havia 103 incineradores com recuperação de energia, com um custo médio de operação de US\$64,88/tonelada, variando de US\$52 a US\$98 dependendo do estado. Foram recicladas e compostadas 118 milhões de toneladas de resíduos, principalmente nas categorias papel e matéria orgânica.

### **3) Alemanha**

O modelo de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na Alemanha é caracterizado por altos subsídios. Por acreditar na geração de empregos e abertura de mercados no exterior, o governo investiu na “indústria verde”, responsável por gerir o sistema e divulgar a reciclagem para a população.

Entretanto, esta indústria não tem alcançado o desempenho esperado pelo governo que gasta aproximadamente 4 bilhões de euros por ano para manter este sistema, tornando-o o programa de reciclagem mais caro do mundo. No ano 2000, 50% dos resíduos foram destinados a aterros sanitários e 50% foram reaproveitados, sendo 30% incinerados com recuperação de energia, 15% reciclados e 5% foram transformados em composto orgânico (JURAS, 2001 apud SOARES, 2004).

#### **4) América Latina**

Nos países da América Latina, o setor de resíduos sólidos apresenta baixo desempenho comparado com outros componentes de saneamento básico, como a distribuição de água potável.

Na maioria das grandes cidades, os serviços de limpeza urbana são terceirizados. Já na maioria das cidades de médio e pequeno porte, o sistema é operado diretamente pelo município, sendo que o custo médio para a realização dos serviços é da ordem de US\$35 a US\$70 a tonelada. As taxas pagas pelos usuários desses serviços não são suficientes para pagar metade desse custo, fazendo com que os municípios operem com falta de recursos, diminuindo a eficiência dos serviços.

Outros problemas comuns a esses países são a falta de quadro técnico para o setor e a disposição final inadequada dos rejeitos. Quanto à composição dos resíduos sólidos urbanos, apresentam percentual elevado de matéria orgânica, com exceção das grandes cidades que se aproximam mais da realidade dos países desenvolvidos, com o aumento de materiais recicláveis (MONREAL, 1998 apud SOARES, 2004).

#### **5) Brasil**

Segundo Lopes (2003), o atual sistema de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil prioriza a disposição final, pois as administrações municipais não têm se preocupado com a minimização da geração de resíduos. Na maioria das cidades brasileiras, os serviços de limpeza urbana são realizados por empresas terceirizadas, sob forma de concessão, subcontratação ou permissão. Para Eigenheer (1998 apud LOPES, 2003), as empresas contratadas geralmente recebem por tonelada de resíduos recolhida, não havendo interesse na coleta em áreas de difícil acesso, pois dificultam o serviço e podem danificar os equipamentos.

No Brasil, existem 443 municípios que possuem programas de coleta seletiva. Destes, 86% se localizam nas regiões Sul e Sudeste e apenas 14% nas demais regiões do país. O custo médio da coleta seletiva nas grandes cidades é de R\$ 367,20 (4 vezes maior que o custo da coleta regular) (CEMPRE, 2010). Para Lopes (2003), a maioria dos programas de coleta seletiva está voltada para os materiais recicláveis, enquanto que poucos programas visam o

reaproveitamento da matéria orgânica, que representam praticamente metade da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no país.

Em relação à destinação final, tanto na PNSB 2000 quanto na PNSB 2008 observa-se que, mais de 90%, em massa, dos resíduos sólidos urbanos gerados no país são destinados para a disposição final em aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Os 10% restantes são distribuídos entre unidades de compostagem, unidades de triagem e reciclagem, unidades de incineração, vazadouros em área alagadas e outros destinos, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade diária de resíduos sólidos urbanos encaminhados para diferentes formas de destinação final para os anos de 2000 e 2008

<i>Destino Final</i>	2000		2008	
	Quantidade (t/dia)	%	Quantidade (t/dia)	%
Aterro Sanitário	49.614,50	35,4	110.044,40	58,3
Aterro Controlado	33.854,30	24,2	36.673,20	19,4
Lixão	45.484,70	32,5	37.360,80	19,8
Unidade de compostagem	6.364,50	4,5	1.519,50	0,8
Unidade de triagem para reciclagem	2.158,10	1,5	2.592,00	1,4
Unidade de incineração	483,10	0,3	64,80	<0,1
Vazadouro em áreas alagáveis	228,10	0,2	35	<0,1
Locais não fixos	877,30	0,6	SI	SI
Outra unidade	1.015,10	0,7	525,20	0,3
<b>Total</b>	<b>140.080,70</b>		<b>188.814,90</b>	

SI: sem informação. Na PNSB 2008 não se utilizou essa opção como destino final

Fonte: PNSB (2011).

No quesito tratamento, apesar da massa de resíduos sólidos urbanos apresentar alto percentual de matéria orgânica, as experiências de compostagem, no Brasil, são ainda incipientes. O resíduo orgânico, por não ser coletado separadamente, acaba sendo encaminhado para disposição final juntamente com os resíduos domiciliares. Essa forma de destinação gera, para a maioria dos municípios despesas que poderiam ser evitadas caso a matéria orgânica fosse separada na fonte e encaminhada para um tratamento específico, por exemplo, via compostagem (PNRS, 2011).

De acordo com o diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos do PNRS de 2011, do total estimado de resíduos orgânicos que são coletados, somente 1,6% é encaminhado para tratamento via compostagem. Em termos absolutos tem-se 211 municípios brasileiros com unidades de compostagem, sendo que os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul possuem a maior concentração.

Quanto à disposição final de resíduos no solo, a Tabela 2 mostra que, em termos quantitativos de 2000 a 2008 houve um aumento de 120% na quantidade de resíduos e rejeitos

dispostos em aterros sanitários e uma redução de 18% na quantidade encaminhada para lixões. Diferentemente do que ocorria em 2000, quando 60% da quantidade total dos resíduos e rejeitos urbanos eram dispostos de forma inadequada (aterro controlado e lixão), em 2008, vê-se a inversão desses valores, no qual 60% têm disposição final em aterro sanitário. Porém, ainda há 74 mil toneladas por dia de resíduos e rejeitos sendo dispostos em aterros controlados e lixões (PNRS, 2011).

Partindo desse pressuposto, foi identificado que existem ainda 2.906 lixões no Brasil, distribuídos em 2.810 municípios, que devem ser erradicados. Em números absolutos o estado da Bahia é o que apresenta mais municípios com presença de lixões (360), seguido pelo Piauí (218) e Maranhão (207). Outra informação relevante é que 98% dos lixões existentes concentram-se nos municípios de pequeno porte e 57% estão no Nordeste.

## **2.2 Alternativas tecnológicas de destinação final de RSU**

Monteiro et al. (2001) define tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo o descarte em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável.

Os autores destacam ainda que o tratamento mais eficaz é o prestado pela própria população quando está empenhada em reduzir a quantidade de resíduo, evitando o desperdício, reaproveitando os materiais, separando os recicláveis em casa ou na própria fonte e se desfazendo do resíduo que produz de maneira correta.

Strauch e Albuquerque (2008) destacam que no Reino Unido, o princípio da Melhor Opção Ambiental Praticável (*Best Practicable Environmental Option* – BPEO) tem sido utilizado em combinação com a gestão integrada de resíduos. O BPEO foi introduzido pelo 12º Relatório da Comissão Real sobre Poluição Ambiental de 1988.

Tal princípio implica que diferentes opções alternativas deveriam ser investigadas antes de se escolher uma opção preferencial que leve ao melhor resultado ambiental e a um custo aceitável (WILLIAMS, 1998, p.129). Deve ainda levar em consideração a poluição total resultante de um processo, as possibilidades técnicas para lidar com o processo, o risco da transferência de poluentes de um meio para outro (poluição do ar, água ou solo), o custo e a conformidade com o conhecimento técnico atual (WILLIAMS, 1998).

Em combinação com o princípio do BPEO, a gestão integrada de resíduos defende que nenhuma opção de tratamento e destinação é em si melhor do que outra, e cada uma das opções têm um papel a desempenhar, mas o sistema global de gestão de resíduos escolhido deveria ser o ambiental e economicamente mais sustentável para a região a que se destina (WARNER BULLETIN, 1996 apud WILLIAMS, 1998, p.401).

Na Europa, restrições ao aterramento de resíduos têm levado ao desenvolvimento de tecnologias para o tratamento de resíduos urbanos que, no caso da geração de produtos e subprodutos, possam ser aproveitados para a geração de energia ou de calor, como matéria prima ou, ainda, dispostos como rejeitos de processo de forma adequada e com segurança. Estas tecnologias incluem, além da compostagem e da digestão anaeróbia, os processos térmicos como a pirólise, a gaseificação, processo por plasma e a incineração, em combinação com a coleta com separação na fonte e a triagem manual ou mecânica. (REICHERT, 2005 apud MARCHEZETTI, 2009).

### **2.2.1 Aterro sanitário**

A disposição final é a última etapa do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. A coleta dos resíduos é uma operação visível aos olhos da população, que exige a qualidade do serviço. Contudo, a destinação final inadequada incomoda poucas pessoas e gera desinteresse por parte da população. Por isso, diante de um orçamento restrito, como ocorre em grande parte dos municípios brasileiros, o sistema de limpeza urbana coloca a disposição final em segundo plano, priorizando a coleta dos resíduos sólidos urbanos (MONTEIRO et al., 2001).

Existem três formas básicas adotadas pela sociedade urbana para disposição final dos resíduos sólidos: lixão, aterro controlado e aterro sanitário.

O aterro sanitário e a disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, mediante confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança, minimizando os impactos ambientais (IPT/CEMPRE, 2000 apud DMITRIJEVAS, 2010).

Boscov (2008) destaca também outras formas de disposição em solo, como os aterros controlados. Neste tipo de aterro os resíduos são cobertos com material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho e, eventualmente, compactado, porém sem impermeabilização de base, drenagem e tratamento de chorume e gases. Esta forma de disposição produz poluição, porém localizada, pois a área de disposição é minimizada, restringindo o acesso de catadores,

proliferação de vetores e o espalhamento do material no entorno. Já os lixões são descargas a céu aberto, sem quaisquer medidas de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública.

A solução dos lixões fora das cidades não foi mais suficiente quando as cidades e a quantidade de resíduos cresceram. O cheiro, a contaminação da água subterrânea e novas doenças trouxeram o problema dos resíduos sólidos urbanos novamente a atenção das pessoas, e no século XX, nas décadas de 60 e 70, começaram a surgir legislações federais em diversos países sobre aterros de resíduos (STRAUSCH e ALBUQUERQUE, 2008).

### **2.2.1.1 Decomposição dos resíduos**

Um aterro de resíduos sólidos pode ser considerado como um processo de decomposição ou de transformação da matéria orgânica, por ação de microrganismos em substâncias mais estáveis, ou seja, as principais entradas são os resíduos e a água e as principais saídas são os gases e chorume (BORBA, 2006 apud DMITRIJEVAS, 2010).

A decomposição da matéria orgânica ocorre por dois processos, sendo o primeiro a decomposição aeróbia e o segundo a decomposição anaeróbia.

Para Dmitrijevas (2010), a decomposição aeróbia é geralmente curta, durante poucas horas a uma semana. O oxigênio e o nitrogênio são consumidos, gerando gás carbônico, água e calor, chegando a atingir 60°C. Nessa fase, ocorre a degradação de 5 a 10% da matéria possível de ser degradada.

Após o consumo de todo o oxigênio, o processo para ser anaeróbio. Nesta fase são gerados subprodutos mais complexos, como o gás metano. Esse gás possui um poder de efeito estufa 22 vezes superior ao dióxido de carbono, que seria emitido pelo mesmo resíduo se fosse incinerado (STRAUCH e ALBUQUERQUE, 2008).

### **2.2.1.2 Geração de gases**

Os gases provenientes da degradação de resíduos biodegradáveis em aterros consistem em hidrogênio e dióxido de carbono nos estágios iniciais, seguidos principalmente por metano e dióxido de carbono em estágios posteriores. O que se conhece por gás de aterro é um produto da etapa da metanogênese da degradação de resíduos biodegradáveis. O gás de aterro

é produzido a partir de resíduos sólidos municipais, ao quais contém uma significativa proporção de materiais biodegradáveis (WILLIAMS, 2005). Em alguns aterros, o gás gerado contém aproximadamente 50% de CH<sub>4</sub>, que pode ser usado para propósitos energéticos com tecnologias convencionais (PARIS, 2007).

Em relação à construção de um aterro sanitário, na conceituação da CETESB (2010), além das usuais técnicas de engenharia e normas que devem ser seguidas, há ainda a questão da utilização de tubos que irão fazer a drenagem dos gases resultantes da decomposição dos resíduos sólidos orgânicos. Caso isso não seja feito de maneira adequada, podem ocorrer explosões e deslizamentos (TAGUCHI, 2010).

Em relação à captura do biogás, esta atividade está se tornando uma maneira de donos de aterros sanitários conseguirem receitas por meio de duas maneiras. Uma é a venda do excedente do gás para transformação em energia elétrica para fornecimento às organizações e até abastecimento de cidades. Outra maneira é a obtenção de créditos de carbono por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) – com a redução de emissões de gases de efeito estufa (PARO; COSTA; COELHO, 2008 apud TAGUCHI, 2010).

### **2.2.1.3 Geração de chorume**

O chorume representa a água que passa através da massa de resíduos proveniente de precipitações, e também os líquidos gerados no interior do aterro, resultando em uma substância líquida contendo sólidos em suspensão e componentes solúveis, produtos da decomposição biológica por microrganismos (WILLIAMS, 2005).

Moraes (2004) destaca que se não forem adequadamente aplicadas as técnicas de impermeabilização, drenagem e contenção das células ou se por motivo acidental ou planejamento inadequado do aterro o chorume “in natura” alcançar as águas subterrâneas ou superficiais – o que não é incomum em parte dos aterros no Brasil – dar-se-ão sérios problemas de caráter sanitário e ambiental. A contaminação pode proceder direta, através de contato primário, ou indiretamente, por contaminação do lençol freático devido à percolação. Portanto, o aterro em condições adversas pode se tornar foco de contaminação hidrogeológica.

Para Dmitrijevas (2010) o sistema de drenagem do chorume deve coletar e conduzir o líquido percolado, reduzindo as pressões deste sobre a massa de resíduos e, também,

minimizando o potencial de migração para o subsolo. Outro motivo para drenar o percolado é impedir que ele ataque as estruturas do aterro (camada de impermeabilização de base, por exemplo). Esse sistema poderá ser constituído de drenos de material filtrante com perfurações, direcionando-se os percolados para o tanque de acumulação, de onde serão enviados para um tratamento adequado.

### **2.2.2 Incineração**

O primeiro incinerador de resíduos urbanos em grande escala foi construído na cidade de Nova York em 1885, e por volta de 1908, 180 incineradores tinham sido construídos nos EUA. Desde essa época se iniciaram os experimentos para gerar eletricidade, a primeira planta com esse fim construída também foi construída em Nova York, em 1905. No entanto, provou-se que era muito caro e não se podia competir com a geração tradicional de eletricidade.

Adicionaram-se então outros combustíveis como gás natural e carvão para facilitar a combustão, o que também se tornou caro e o lixo voltou a ser incinerado sem a adição de combustível.

Entretanto, como a temperatura não era suficientemente alta, a incineração acarretava em uma fumaça insalubre e combustão incompleta. A incineração acabou perdendo a preferência tão rapidamente quanto ganhou e, em 1909, somente 70 plantas permaneciam em operação nos EUA (PDH ENGINEER, 2007 apud FURLAN, 2007).

#### **2.2.2.1 Descrição do processo de incineração**

Atualmente, o processo de incineração consiste, geralmente, de dois estágios, pré-queima e queima. Inicialmente, o resíduo é queimado na câmara primária, que é a receptora direta do resíduo, em uma temperatura suficientemente alta (500° C a 900° C) para que algumas substâncias presentes sejam gaseificadas e outras sejam transformadas em pequenas partículas. A mistura de gases e partículas, gerada na câmara primária é encaminhada para a câmara secundária.

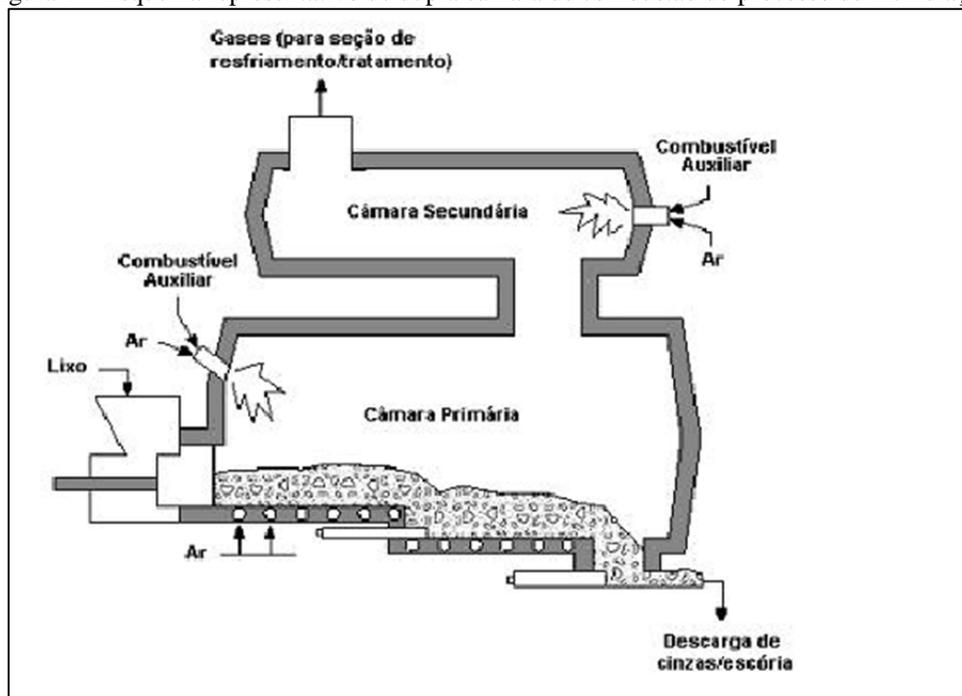
Essa mistura de gases e partículas é então queimada a uma temperatura mais alta do que na câmara primária, por um período de tempo suficiente para que haja a combustão completa. O tempo de residência representativo para resíduos sólidos é de 30 minutos para o

primeiro estágio (queima) e de 2 a 3 segundos para a combustão da fumaça no segundo estágio (pós-queima). No segundo estágio, a atmosfera é altamente oxidante (excesso de oxigênio) e a temperatura de projeto é normalmente entre 750° C – 1200° C (HENRIQUES *et al.*, 2004).

Segundo Henriques (2004), os gases provenientes desta segunda etapa passam por um sistema de abatimento de poluição, que consiste em muitos estágios (por exemplo, *scrubber* para a remoção de ácido no gás, precipitador eletrostático para a remoção de poeira e/ou filtros para a remoção de partículas finas), antes de serem enviadas para a atmosfera através de uma chaminé. As restritas regulamentações de emissões algumas vezes requerem o uso de carvão ativo no sistema de abatimento, para que haja redução da emissão de mercúrio e dioxinas.

A Figura 1 ilustra um esquema representativo de uma câmara de combustão. Como pode ser visto, o lixo entra na primeira câmara onde é injetado ar e, se necessário, um combustível auxiliar. Os gases sobem para a segunda câmara onde mais ar é injetado. Após esta etapa os gases seguem para o sistema de tratamento. Os descartes (ou cinzas) ficam depositados na primeira câmara e são retirados depois.

Figura 1 – Esquema representativo de dupla câmara de combustão do processo de incineração



Fonte: Aranda (2001 apud HENRIQUES, 2004).

Após a incineração, a parte sólida é tirada da grelha. A quantidade deste material sólido após o processo de incineração varia de 12 a 30% em massa (de 4 a 10% em volume) do material original e tem o aspecto de cinza, sendo um material totalmente esterilizado e apto para ser aterrado ou mesmo aplicado à construção civil (tijolos, capeamento de estradas, etc.), mas frequentemente este é levado para aterros sanitários (embora possa ser utilizado na construção de aterros). Assim que materiais combustíveis orgânicos forem removidos, este resíduo não se degrada para formar gás de aterro. O resíduo é normalmente tratado para que haja a recuperação de materiais ferrosos e não ferrosos, que podem também ser recuperados em certas circunstâncias. Uma pequena quantidade de finas partículas é carregada para fora da câmara de combustão pela exaustão dos gases (frequentemente leves cinzas aquecidas); isso é coletado no precipitador ou no filtro (HENRIQUES, 2004).

Segundo Marchezetti (2009), para que o processo de incineração seja eficaz é necessário que haja duas etapas anteriores à incineração do resíduo;

- 1) pré tratamento: moagem, secagem, compostagem, ensacamento;
- 2) alimentação: manual, esteira de roletes, esteira rolante, ou de rolante com multigarra.

E, duas etapas posteriores à incineração do resíduo:

- 1) condicionamento dos gases: resfriamento com água, mistura com água, trocador de calor;
- 2) tratamento dos gases para remoção de material particulado, e gases ácidos: precipitador eletrostático, filtros de manga, lavadores venturi.

#### **2.2.2.2 Análise do processo de incineração**

Henriques (2004) cita que dentre os benefícios da incineração de resíduos, destacam-se a redução do volume requerido para disposição em aterros e a recuperação de energia durante a combustão, que pode ser utilizada para a produção de eletricidade ou combinado calor e energia.

A quantidade de cinzas após o processo de incineração é cerca de 30% em massa ou 10% em volume do resíduo bruto (HENRIQUES *et al.*, 2004).

Menezes e colaboradores (2000) acrescentam que se deve expandir ainda mais o conceito de incineração, pois ela é também um processo de reciclagem da energia liberada na

queima dos materiais. Esta energia pode ser convertida para geração de vapor, que pode ser utilizado para aquecimento, refrigeração ou produção de energia elétrica.

Os incineradores se modernizaram e estão inseridos no conceito de aproveitamento da energia do resíduo. O processo de seleção energética do resíduo denominado combustível derivado do resíduo (CDR) tem sua efetividade por potencializar a geração de energia ao separar a parcela orgânica que pode ser encaminhada para aterro ou compostagem (FURLAN, 2007).

Segundo Caixeta (2005), no processo de incineração dos RSU são gerados resíduos sólidos (cinza e escória), efluentes líquidos e gasosos que demandam tecnologia sofisticada para seu tratamento. A maior preocupação quanto à disposição final das cinzas está relacionada aos metais pesados e outros materiais orgânicos não destruídos. Assim, sua destinação a aterros requer que sejam realizados testes para a sua caracterização, principalmente, o de lixiviação, que irá determinar os contaminantes no extrato dos resíduos, antes de se definir a solução a ser adotada.

Na incineração dos RSU há necessidade de manter um rigoroso controle do processo de combustão, uma vez que o combustível utilizado pode apresentar variações quanto à composição, umidade, peso específico e poder calorífico (GRIPP, 1998).

Para Oliveira e Rosa (2002), a geração de energia a partir do RSU, quando comparada às Usinas Termelétricas (UTE) a gás natural, possui menor capacidade de geração de energia elétrica, porém, a redução na geração de energia e o aumento de investimento das Usinas Termelétricas Híbridas (UTH), podem ser minimizados pela comercialização dos créditos de carbono. Estes pesquisadores realizaram um estudo sobre o aproveitamento energético dos restos de alimentos contidos no resíduo urbano em Usinas Termelétricas Híbridas (UTH), que utilizam de 80% a 90% de gás natural e 10% a 20% de resíduo urbano, e concluíram que estas usinas terão, em pouco tempo, maior atratividade que as usinas a gás natural. Esta estimativa foi fundamentada nas oscilações dos preços dos combustíveis fósseis, nas variações cambiais e na receita adicional oriunda da comercialização dos certificados de emissões de carbono provenientes da redução da emissão de gases do efeito estufa.

Segundo estudo realizado por Marchezetti (2009), e informações obtidas da Empresa LUFTECH Soluções Ambientais (2008), que fabrica no Brasil sistemas de incineração de pequeno e grande porte, com tecnologia desenvolvida na Alemanha, com a possibilidade de

reciclar a energia contida no resíduo, os custos de investimento para um incinerador que trate 250 t/dia de resíduos, é da ordem de 35 milhões de reais (US\$ 1,876 em 03/09/2009).

### **2.2.3 Gaseificação**

O processo de gaseificação é definido como a combustão parcial da biomassa que ocorre quando o ar, ou mais precisamente o oxigênio, está em quantidade inferior ao que seria necessário para uma queima completa da biomassa (DIAS, 2003).

Segundo Morris (1999 apud MARCHEZETTI, 2009) a gaseificação é baseada em um reator de leito fluidizado operando a pressão atmosférica e acoplado a um vaso. O gás produzido neste processo é então resfriado e limpo em equipamentos convencionais. Este gás possui alto conteúdo energético e é limpo o suficiente para ser queimado em boiler a gás (ou até em turbinas a gás) sem necessitar de uma limpeza externa como é necessário em algumas plantas de incineração de resíduos convencionais. A produção de gás desta forma possibilita uma eficiência de até 30% de eletricidade.

O uso de gaseificadores remonta do início do século 19 quando, pela primeira vez, fez-se uso de um processo de destilação seca de material orgânico para uso em iluminação pública. Em meados deste mesmo século desenvolveu-se outro método construtivo para gaseificadores que permaneceu vigente até meados do século 20 (modelos Bishoff e Siemens). Em 1839, na Alemanha, estes modelos operavam fundamentalmente a partir de carvão e turfa, dois combustíveis sólidos abundantes na natureza. Os gaseificadores serviram nos períodos de guerra inclusive para alimentação de veículos por meio de dispositivos portáteis denominados gasogênios. Foi a partir dos modelos de gasogênio que se desenvolveram os modelos de gaseificadores de biomassa (DIAS, 2003).

No Brasil o exemplo mais conhecido foi o lançamento pelo Proálcool, programa para substituição do uso de gasolina por álcool hidratado, que alcançou seu ápice entre as décadas de 80 e 90, e que ressurgiu mais recentemente (DIAS, 2003).

#### **2.2.3.1 Descrição do processo de gaseificação**

Segundo Henriques (2004), a tecnologia de gaseificação envolve pirólises com um volume de ar controlado na primeira fase, seguida por mais reações de alta temperatura dos produtos de pirólises para gerar substâncias com baixo peso molecular, como CO (monóxido

de carbono), CH<sub>4</sub> (metano), hidrogênio, nitrogênio, etc., com gás com valor calorífico de 1000 – 1200 kcal/Nm<sup>3</sup>. Estes gases poderiam ser usados dentro máquinas de combustão internas para geração de energia direta ou em caldeiras para geração a vapor produzir energia.

Ainda conforme Henriques (2004), a gaseificação possui dois passos principais. A primeira etapa é a gaseificação do combustível que ocorre no reator de leito fluidizado, e a segunda etapa é a limpeza do gás, que acontece em dois estágios. O primeiro é limpeza do gás quente no reator, seguido da limpeza do gás, ainda quente, no filtro.

O RSU recebido é direcionado para a remoção da fração não combustível. A parte orgânica remanescente é triturada, e em seguida é classificada segundo o tamanho, que deve ser menor que 5 cm. É necessário que a umidade máxima de 20% seja mantida para otimizar a recuperação do calor. O adensamento da carga orgânica não é necessário, o que faz uma significativa economia de capital e de custos de operação.

A fração orgânica é introduzida no reator e misturada com um agitador e guiada hidraulicamente. A carga passa então pela principal reator térmico onde a temperatura alta (900 – 1200°C) faz a conversão da parte orgânica em gás. As cinzas resultantes deste processo são afastadas da base do reator por um sistema fechado. Não há emissão fugitiva de gases do sistema de cinzas. O gás flui do topo do reator por tubos equipados com limpadores mecânicos internos para um recipiente mais limpo. Em seguida ele passa por uma série de limpadores mecânicos para remover particulados ou qualquer partícula sólida que não tenha reagido, mas tenha sido levada pelo fluxo do gás. Este é então resfriado por trocadores de calor para a temperatura requerida pelas máquinas de combustão interna, turbinas ou caldeiras. Um precipitador eletrostático, de baixa amperagem e alta voltagem, completa a limpeza do gás e o processo de resfriamento.

Um sistema de separação autossuficiente de óleo/piche/água recebe o condensado do precipitador eletrostático. Óleos e piches estão separados e são reinjetados no reator. O calor residual recuperado do reator é utilizado para pré-aquecer a carga e reduzir a umidade para o limite aceitável. A qualidade do gás é monitorada regularmente. O gás alimenta máquinas de combustão interna para geração de energia e as emissões destas máquinas são normalmente bastante baixas. Outra maneira de se obter energia é usar o gás em caldeiras para a geração de vapor e usar o vapor em turbinas a gás.

Segundo Dias (2003), os gaseificadores comerciais fabricados atualmente possuem:

- 1) eficiência de conversão de biomassa sólida para gás de até 85% (considerando madeira) e de até 65% para casca de arroz;
- 2) cada quilo de biomassa sólida produz de 2,5 a 3,0 m<sup>3</sup> de gás com poder calorífico entre 1000 e 1100 kcal/m<sup>3</sup>;
- 3) um litro de diesel pode ser evitado (em gaseificadores que operam no ciclo combinado) com apenas 3-4 kg de biomassa de madeira ou 5-6 quilos de casca de arroz;
- 4) reposição de até 70% do uso de diesel em gaseificadores de ciclo combinado, para uma mistura de 1 kg de biomassa de madeira (ou 1,4 kg de casca de arroz) e 90 cilindrada cúbica de diesel para cada kWh de energia elétrica gerada;
- 5) em gaseificadores operados 100% a gás consumo de 1,5 kg de biomassa por kWh de energia elétrica;
- 6) queima extremamente limpa em razão do alto teor de hidrogênio no gás produzido.

Atualmente, a Índia é o país que mais investe no desenvolvimento de gaseificadores, sendo que 4000 sistemas foram instalados. Na fabricação de gaseificadores de pequeno porte, a Índia alcançou um grau de excelência que a coloca na vanguarda tecnológica mundial neste setor (DIAS, 2003).

### **2.2.3.2 Análise do processo de gaseificação**

Segundo Udaeta e colaboradores (2002), a gaseificação de materiais reciclados gera impactos positivos ao meio ambiente, entre os quais pode se destacar a absorção do carbono da atmosfera, o que resulta em balanço neutro do carbono durante o processo de produção de energia elétrica e contribui para a redução do efeito estufa. Isso ocorre porque todo gás carbônico produzido durante o processo será absorvido pela própria usina na forma de calor ou energia elétrica, mantendo a concentração do gás carbônico inalterável.

Segundo Henriques (2004), a principal vantagem da gaseificação é a redução da quantidade volumétrica de RSU destinada ao aterro, sendo que a redução de peso chega a 75%, e de volume, de até 90%. Este processo produz de 8% a 12% de cinzas, enquanto a incineração produz de 15% a 20%. O gás proveniente da gaseificação possui um volume 30% menor do que o produzido com uma mesma massa de RSU incinerado. Desta forma o material necessário para a limpeza dos gases é menor e o custo desta operação se reduz.

Um das principais desvantagens, segundo Kumar (2000 apud MARCHEZETTI, 2009) é a manutenção regular requerida para o sistema de limpeza. No caso de ineficiência desta operação, o piche e os gases voláteis podem causar danos às máquinas de combustão interna.

#### **2.2.4 Plasma**

Otani et al (2007 apud MARCHEZETTI, 2009) expõem que o termo plasma é utilizado para designar um meio gasoso formado por cargas elétricas que permitem a condução de energia. Para que ocorra a ionização das moléculas ou átomos presentes em um gás é necessário fornecer energia a esse meio. Segundo os autores, foi observado que este fenômeno ocorre nas estrelas como o sol, causado por energias provenientes de reações químicas e nucleares a alta temperatura.

Consideram ainda que a forma mais simples de obter um plasma artificialmente é a utilização de uma câmara contendo o gás a ser ionizado mantido em baixa pressão. A energia elétrica é transferida por meio de dois eletrodos ligados a uma fonte de corrente contínua.

Equipamentos de plasma térmico vêm sendo usados mundialmente desde o século XIX em diferentes aplicações, quais sejam: na indústria química, metalúrgica, no tratamento ambiental do lixo industrial e em projetos experimentais de tratamento do lixo urbano. A tecnologia provê um calor extremamente alto proveniente de um equipamento elétrico denominado tocha de plasma. No começo do século XX aquecedores de plasma foram usados na indústria química para manufaturar combustível de acetileno a partir de gás natural. Protótipos de pequenos aquecedores de plasma foram construídos durante a década de 1970 e plantas industriais de grande porte foram construídas e comissionadas durante a década de 1980 (FURLAN, 2007).

No Brasil, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), iniciou, em 1991, estudos sobre a tecnologia a plasma. Segundo Cruz (2006 apud MARCHEZETTI, 2009), o IPT dispõe de uma unidade experimental de processamento de resíduo à base de plasma térmico com capacidade de tratamento de até 100 kg/h de resíduos de materiais sólidos e secos do tipo combustível derivado do resíduo (CDR). Estes rejeitos, materiais sólidos e secos, foram obtidos do processo de gaseificação a partir dos resíduos in natura, visando a sua conversão em energia elétrica. O material objeto deste processamento pode ser tanto um produto uniforme, simplesmente picado, quanto um produto densificado na forma de

briquetes, constituído, predominantemente, de plásticos e borrachas, madeira, papel, papelão e tecido, na forma de combustível derivado do resíduo (CDR).

Em 2005, o Brasil inaugurou a primeira planta a plasma do mundo, para reciclagem de embalagens longa vida. Com tecnologia 100% brasileira, o processo separa o alumínio e o plástico que compõem a embalagem. Este processo revolucionou o modelo atual de reciclagem das embalagens longa vida, pois o processo convencional separa o papel mantendo o plástico e o alumínio unidos (MARCHEZETTI, 2009).

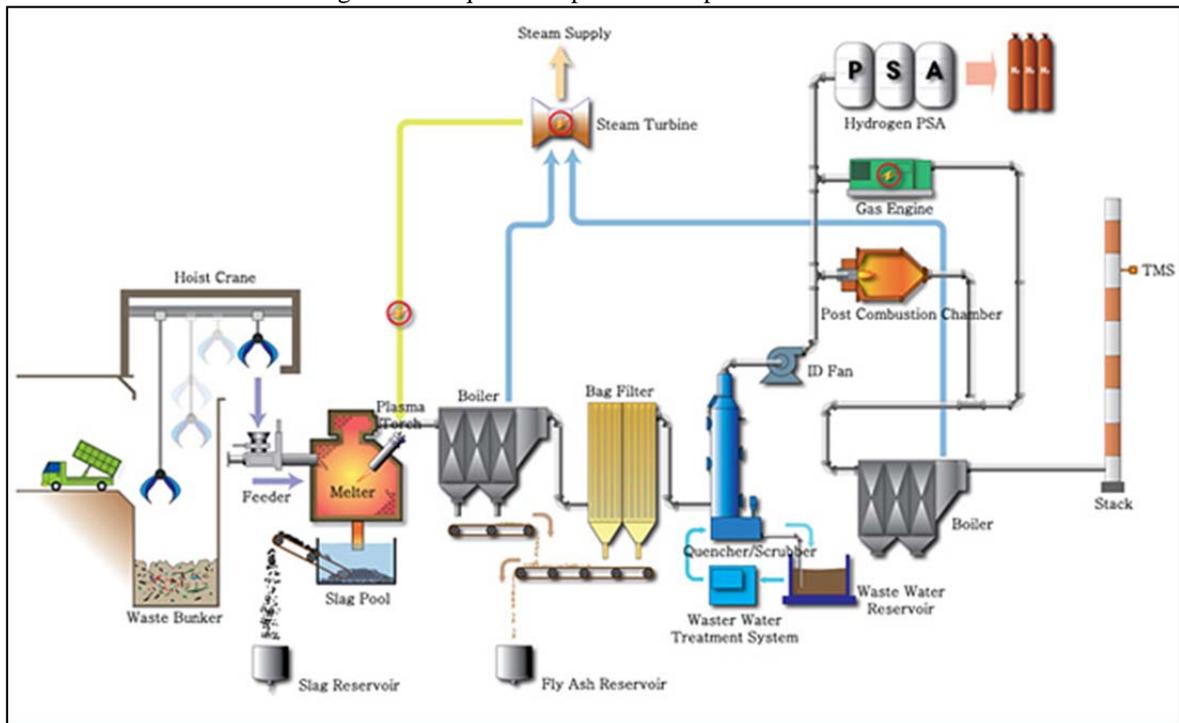
#### **2.2.4.1 Descrição do processo por plasma**

Plasma térmico tem sido utilizado no mundo inteiro nos últimos 30 anos em diversos processos industriais, incluindo desde metalurgia (aquecimento de panelas, lingotamento contínuo, produção de ferro-ligas e outros), à produção de novos materiais (como zircônia, sílica ultrapura, compósitos) e mais recentemente para o tratamento de resíduos potencialmente perigosos, como a decomposição de organoclorados, refusão de cinzas de incineração, tratamento de solos contaminados e tratamento de lixo hospitalar (TOCCHETTO, 2005).

Quando um gás é aquecido a temperaturas elevadas há mudanças significativas nas suas propriedades. A 2000°C, aproximadamente, as moléculas do gás começam a dissociar-se em estado atômico. A 3000°C, os átomos são ionizados pela perda de parte dos elétrons. O gás ionizado é denominado plasma, que é uma forma especial de material gasoso que conduz eletricidade e é conhecido como o "quarto estado da matéria". No estado de plasma, o gás atinge temperaturas extremamente elevadas, que podem variar de 5000°C a 50000°C, de acordo com as condições de geração. O plasma é gerado e controlado em tochas de plasma, de forma idêntica a um queimador empregado em fornos industriais (MENEZES, 2009).

Segundo Cheremisinoff (2005), em um processo a plasma, o tempo necessário para o transformação dos resíduos é de 0,01 a 0,5 segundos, dependendo da sua natureza e da temperatura do processo. A Figura 2 ilustra o processo térmico de tratamento de RSU por plasma.

Figura 2 – Esquema do processo de plasma térmico



Fonte: Biogroup (2012).

Para Tocchetto (2005), a tocha de plasma é gerada pela formação de um arco elétrico, através da passagem elétrica entre o cátodo e o ânodo, e a injeção de um gás que é ionizado e projetado sobre a massa de resíduos. Quase todos os gases industriais podem ser utilizados para se gerar plasma, como argônio, nitrogênio, ar, hidrogênio, amônia, cloro, oxigênio, monóxido de carbono e muitos outros, tornando esta tecnologia bastante flexível. Existem basicamente dois tipos de tratamento, ou seja, fazendo a tocha incidir diretamente sobre o resíduo ou promovendo um aquecimento prévio do mesmo em uma câmara de gaseificação.

A autora afirma ainda que os resíduos, quando submetidos à ação direta do plasma, modificam a sua composição química original, decompondo-se em compostos mais simples. O processo em duas câmaras consiste na gaseificação da parte orgânica, na primeira câmara e na fusão da parte inorgânica. O gás e o líquido formados são decompostos em uma segunda câmara, chamada reator de plasma. Após a dissociação ocorrida os materiais são recuperados em três formas distintas, como gás de plasma que é encaminhado ao sistema de combustão para reaproveitamento do poder calorífico. Os materiais inorgânicos, silicatos vítreos, sobrenadam a fase metálica líquida, e após a solidificação formam um composto vítreo de cor negra e altíssima dureza, muito similar a um mineral de origem vulcânica. Os metais, mesmo perigosos, ficam encapsulados neste material.

### 2.2.4.2 Análise do processo térmico por plasma

Os processos térmicos baseados na tecnologia a plasma têm sido utilizados com sucesso em várias locais do mundo: em aplicações como o tratamento de resíduos sólidos urbanos; no descarte de pneus; no processamento e eliminação de resíduos de carvão; na eliminação de lodo contaminado; na eliminação de cinzas perigosas e nocivas; na eliminação de limalhas de aço; na eliminação de resíduos patológicos e hospitalares, o resíduo contendo ferro cromado, o resíduo de cimento Portland, a redução de ferromangânês, as limalhas derretidas de titânio, as fibras e o material contendo amianto, o revestimento de nióbio, a eliminação de resíduo de vidro e de resíduo cerâmico, o gás natural para a produção de acetileno, a eliminação de solventes e de tintas, a eliminação de resíduos contendo radiação, a eliminação de material contaminado de aterro sanitário, a eliminação de resíduo misto, isto é, combinação de diferentes fontes de resíduos urbanos, cinza, carvão, pneus, entre outros, e o tratamento de solos contaminados (FURLAN, 2007).

Para Tocchetto (2005), as principais vantagens do processo de plasma para destinação final de RSU são as elevadas temperaturas que causam rápida e completa pirólise da substância orgânica, permitindo fundir e vitrificar certos resíduos inorgânicos; os produtos vitrificados são similares a um mineral de alta dureza e a redução de volume extremamente.

Porém é uma técnica que exige um volumoso investimento, até porque só pode ser rentabilizada quando acoplada a uma central termoeletrica. O elevado investimento pressupõe a continuada disponibilidade de resíduos a tratar; o que pode ser comprometedor para uma estratégia de redução, a médio ou longo prazo: o sistema não dispensa um sofisticado sistema de lavagem de gases, tal como a incineração, para a retenção dos metais voláteis e dos gases ácidos; no que diz respeito à produção de dioxinas/furanos, não é totalmente claro que se possa garantir inequivocamente maior vantagem sobre as tecnologias de incineração mais avançadas nem com as técnicas mais simples de gaseificação.

Tendler, Rutberg e Van Oost (2005), afirmam que o plasma é a única tecnologia que previne a poluição e fornece como produto o gás de síntese, entretanto, ainda é necessário recuperar energia do resíduo a custos acessíveis. A energia consumida pela tocha de plasma tem sido reduzida com a melhoria das condições pré-operacionais, por exemplo, triagem, trituração e secagem dos resíduos sólidos urbanos.

Segundo Circeo, Martin e Smith (2005), este sistema poderia fornecer de 10% a 15% da energia necessária para abastecer a União Europeia, também ressaltando a busca pela eficiência. Estes autores afirmam que, em 2020, o processamento de resíduos por plasma térmico poderá gerar energia suficiente para abastecer 5% da eletricidade consumida no mercado americano.

Cheremisinoff (2005) afirma que a tecnologia de plasma parece ser economicamente mais atrativa, em comparação com outros métodos, para o tratamento de uma vasta faixa de resíduos. O uso da tecnologia de plasma permite a realização de mais de um propósito e o processo pode alcançar os seguintes resultados:

- 1) Na geração do gás de síntese, tem muito mais conversão de carbono em CO e CO<sub>2</sub> (permitido pela alta temperatura do processo), e conseqüentemente maior efetividade na produção de gás de síntese de matéria básica;
- 2) Maior velocidade do processo químico no reator por razão da atividade química, da alta temperatura do plasma e da alta densidade de energia;
- 3) A possibilidade de um decréscimo de substâncias tóxicas por razão da singularidade do procedimento físico-químico, e de maior possibilidade de controle do processo.

Como um processo físico-químico requer a entrada de uma quantidade significativa de energia em alta densidade no reator, a realização deste processo se tornou possível pela criação de geradores baratos e confiáveis de plasma denso, com a unidade necessária para o processo tecnológico. Em seguida, o autor apresenta expectativas de custos para o mercado europeu, em que a solução de plasma com geração de gás de síntese já aparece como a mais econômica, em relação a outras tecnologias usuais de tratamento de resíduos (Quadro 1).

Quadro 1- Índices econômicos de vários métodos de tratamento de resíduos

Método de tratamento	Custo do tratamento (Euro/tonelada)	
	Mínimo	Máximo
Disposição em aterros	105	160
Combustão tradicional	100	140
Pirólise, termopirólise	90	150
Método de plasma sem produção de gás de síntese	100	120
Método de plasma com produção de gás de síntese	70	80

Fonte: Rutberg (2003, apud CHEREMISINOFF, 2005).

Em junho de 2006, foi iniciada a operação comercial do primeiro forno a plasma do Brasil, utilizado para o tratamento de resíduos industriais poluidores. Foram investidos R\$ 6.700.000,00 para tratar cerca de 400 t de resíduo industrial por mês, transformando os resíduos em pedras que substituem a brita na área de construção civil e ligas metálicas utilizáveis na indústria siderúrgica (ECHOCHAMAS, 2007 apud MARCHEZETTI, 2009).

MARCHEZETTI (2009) realizou uma pesquisa junto a Empresa Inaccess (Curitiba/PR, 2008), que representa, no Brasil, a empresa americana Startech Environmental, e segunda esta, os custos de investimento para um reator a plasma com capacidade para tratar 1 t/dia de resíduo domiciliar, apresenta valores da ordem de R\$ 1.200.000,00. Portanto, em escala linear, para a instalação de um reator a plasma para o tratamento de 250 t/dia, seria necessário o montante de R\$ 300 milhões de reais (US\$ 1,876 em 03/09/2009).

### **2.2.5 Pirólise**

Os primeiros experimentos com reatores pirolíticos foram feitos a partir de 1926 pelo alemão F. Winkler. Os estudos de Winkler foram utilizados pelos alemães ao final da Segunda Guerra Mundial, que conseguiram obter através do processo gases combustíveis como o metano e isobutano, a partir de lixo, e foram utilizados para movimentar suas frotas de veículos (AIRES et al., 2003).

Ainda para Aires et al. (2003), os estudos sobre o processo pirolítico intensificaram-se em 1973, quando explodiu a crise do petróleo e, conseqüentemente, a busca por energias limpas e combustíveis renováveis. Mas devido à grande dificuldade de obter um processo em escala industrial, foi esquecido pelos pesquisadores devido o alto grau de incerteza.

Porém, diante dos problemas relacionados com o aquecimento global e desequilíbrio do meio ambiente, o processo de pirólise voltou a despertar interesse de pesquisadores por ser uma ótima alternativa do ponto de vista energético e ambiental, já que nos próximos anos ele deverá se destacar na produção de energia primária, uma vez que as fontes de energia não renováveis tendem ao esgotamento (AIRES et al., 2003).

Atualmente, um dos principais objetivos relacionados à pirólise é o desenvolvimento, em escala industrial, de plantas para a produção de bio-óleo visando a sua aplicação como combustível para a produção de entalpia de combustão superior variando de 15 a 20 MJ/kg e

energia elétrica, por meio do uso de caldeiras, fornos e sistemas de geração estacionária (GÓMEZ, 2003).

A produção de eletricidade a partir da pirólise de biomassa é uma das alternativas tecnológicas altamente consideradas em projetos de pesquisa e desenvolvimento. Uma das vantagens potenciais desta tecnologia é a desvinculação da produção de eletricidade à produção de biomassa, isto é, o óleo resultante da pirólise poderia ser transportado até as centrais elétricas e as limitações relativas ao tamanho da planta e aos impactos ambientais poderiam ser superadas (GÓMEZ et al., 2009).

### 2.2.5.1 Descrição do processo de pirólise

A pirólise é um processo de destruição térmica, como a incineração, com a diferença de absorver calor e se processar na ausência de oxigênio. Nesse processo, os materiais à base de carbono são decompostos em combustíveis gasosos ou líquidos e carvão (MONTEIRO et al., 2001).

Existem dois tipos de processos de pirólise, o convencional (*slow pyrolysis*) e a pirólise rápida. Os termos “pirólise lenta” e “pirólise rápida” se diferenciam entre si através de variáveis de processos, tais como: (1) taxa de aquecimento, (2) temperatura, (3) tempo de residência das fases sólida e gasosa e (4) produtos desejados.

O processo de pirólise convencional (pirólise lenta) é dirigido, especificamente para a produção de carvão, a pirólise rápida é considerada um processo avançado, no qual, controlando-se os parâmetros de processo, podem ser obtidas quantidades consideráveis de bio-óleo. As temperaturas, nesse caso, podem variar entre 550 e 650°C (VIEIRA, 2004 apud VIEIRA et al., 2011).

Segundo Gómez (2002 apud VIEIRA et al., 2011), o processo de pirólise rápida, conduzido no sentido de obter elevados rendimentos de óleos combustíveis, caracteriza-se por: (a) taxas muito elevadas de aquecimento, variando de 600 a 1200°C/min; (b) temperatura de reação em torno de 500°C; (c) tempo de residência dos vapores menor que 2 segundos, (d) rápida transferência de massa do interior da partícula para a superfície e rápido resfriamento de vapores; (e) biomassa com diâmetro de partícula de até 2 mm e umidade em torno de 10%.

De acordo com essas variáveis de processos, os tipos de pirólise foram subdivididos em: (1) carbonização; (2) convencional; (3) rápido; (4) flash-líquido; (5) flash-gás; (6) ultra;

(7) vácuo; (8) hidropirólise e (9) metanopirólise (VIEIRA, 2004 apud VIEIRA et al., 2011). O Quadro 2 apresenta as variantes do processo de pirólise.

Quadro 2 - Variantes do processo de pirólise

<b>Variantes do Processo</b>	<b>Tempo de Residência</b>	<b>Temperatura do Processo (C°)</b>	<b>Produtos Obtidos</b>
Carbonização	Horas/dia	400-450	Carvão vegetal
Convencional	5-30 minutos	Até 600	Bio-óleo, carvão e gás
Rápida	0,5-5 segundos	500-550	Bio-óleo
<i>Flash</i> - líquido	<1 segundo	<650	Bio-óleo
<i>Flash</i> -gás	<1 segundo	>650	Gás combustível
Vácuo	2-30 segundos	400	Bio-óleo
Metanopirólise	<10 segundos	>700	Produtos químicos
Hidropirólise	<10 segundos	<500	Bio-óleo e produtos químicos

Fonte: Adaptado de Gómez (2002).

Existem modelos de reatores pirolíticos de câmara simples, onde a temperatura gira na faixa dos 1.000°C, e de câmaras múltiplas, com temperaturas entre 600 e 800°C na câmara primária, e entre 1.000 e 1.200°C na câmara secundária (MONTEIRO et al., 2001).

Para Bridgwater (2001) a tecnologia de leito fluidizado (reator de pirólise rápida) é interessante pela versatilidade da técnica, pela sua relativa simplicidade quando comparada com as demais opções (como a pirólise a vácuo, o cone rotativo, o vórtex ablativo, etc.) e aos custos atrativos de implantação.

BRIDGWATER e PEACOCKE (2000) fizeram uma extensa revisão das tecnologias e configurações de reatores disponíveis no mundo para pirólise rápida, incluindo os reatores de leito fluidizado, também conhecidos como de leito fluidizado borbulhante, os de leito fluidizado circulante, os de leito transportado circulante, os reatores ciclônicos, os ablativos e os de pirólise a vácuo. As configurações mais usadas são os reatores de leito fluidizado e os de leito fluidizado circulante devido à fácil operação e aumento de escala (“*scale-up*”).

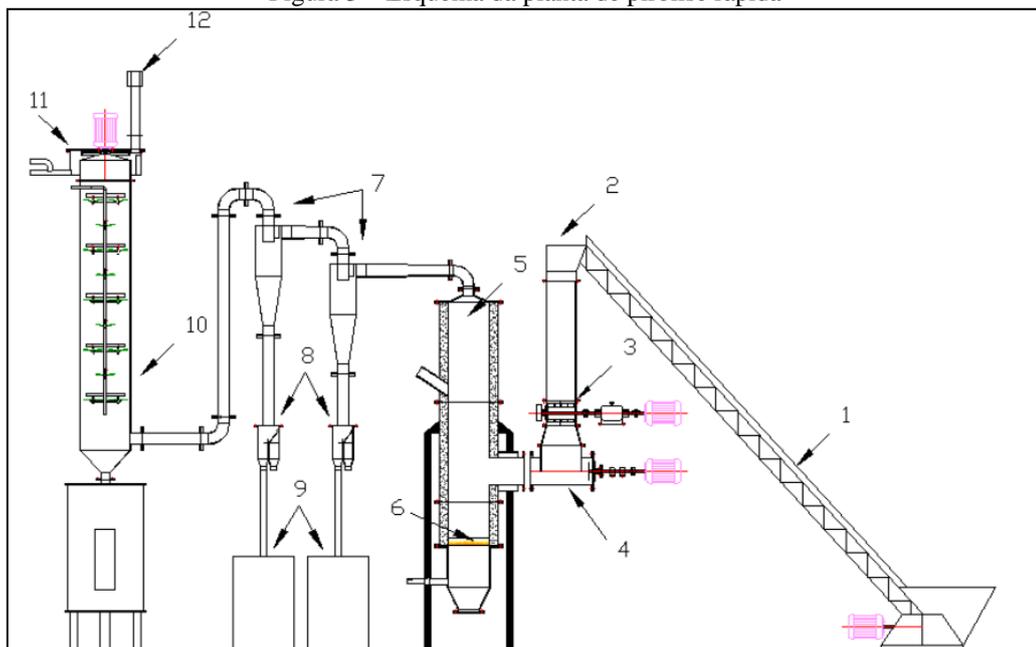
Várias tecnologias de pirólise rápida têm sido comercializadas, sendo os principais fabricantes a Ensyn, Dynomative, BTG, dentre outros (CZERNIK et al., 2004). Existem muitas unidades de pesquisas em diversas universidades e centros de pesquisa no mundo incluindo Universidade de Iowa e *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) nos EUA,

RTI no Canadá, IWC na Alemanha, Aston *University* no Reino Unido, VTT na Finlândia e na Universidade de Twente na Holanda dentre outras (BRIDGWATER, 2007).

No Brasil, praticamente não existem pesquisas na área de pirólise rápida de biomassa. Apenas o grupo de biocombustíveis da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP em parceria com a BIOWARE trabalham na obtenção de bio-óleo a partir da tecnologia de reator de leito fluidizado borbulhante com capacidade de 200kg/h (ROCHA et al., 2002; MESA-PEREZ et al., 2003).

O reator de leito fluidizado desenvolvido pelos pesquisadores da Unicamp nas instalações do Centro de Tecnologia Canaveira (CTC), em Piracicaba-SP, juntamente com a empresa Bioware, é o primeiro reator de pirólise rápida de biomassa no Brasil para produzir bio-óleo (PÉREZ, 2004). A Figura 3 ilustra o esquema da planta de pirólise rápida desenvolvida pela Unicamp.

Figura 3 – Esquema da planta de pirólise rápida



Fonte: Material informativo Bioware (2012).

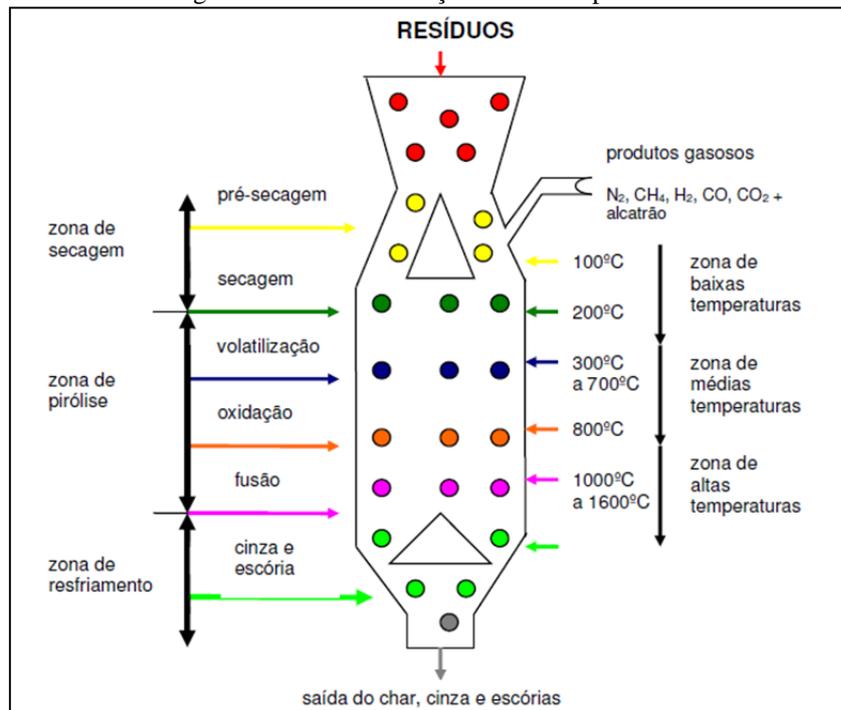
Segundo Pérez (2004) a instalação experimental em escala piloto está baseada na tecnologia de leito fluidizado. As principais partes que formam a planta de pirólise são: sistema de alimentação de biomassa composto por esteira transportadora (1), silo (2), dosador de biomassa (3), rosca alimentadora (4); reator de leito fluidizado (5) com placa distribuidora de ar (6), dois ciclones em série para separar os finos de carvão (7), válvula amostradora de

carvão (8) com tambores para armazenar o carvão (9), sistema de recuperação de finos de carvão via úmida (10), sistema de recuperação de bio-óleo (11) e chaminé (12).

O processo de pirólise consiste da trituração dos resíduos sólidos, que devem ser previamente selecionados na coleta seletiva. Após esta etapa, os resíduos são destinados ao reator pirolítico onde, por meio de reação endotérmica, ocorrerá a separação dos subprodutos em cada etapa. O fracionamento das substâncias sólidas ocorre gradualmente, à medida que os resíduos passam pelas diversas zonas de calor que constituem o reator pirolítico. Inicialmente, os resíduos perdem a umidade e, à medida que entram na zona pirolítica, são decompostos em substâncias distintas como gases, líquidos, sólidos.

Após a redução da temperatura, o composto gasoso condensa, originando um resíduo oleoso, bio-óleo, semelhante ao alcatrão. O bio-óleo é utilizado principalmente como combustível para aquecimento e para geração de energia elétrica (NATALI, 2001). O reator pirolítico possui três zonas específicas conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Zonas das reações do reator pirolítico



Fonte: Geocities (2000 apud MARCHEZETTI, 2009).

A zona de secagem, em que os resíduos que alimentam o reator passam por duas etapas, a pré-secagem e a secagem, nesta zona as temperaturas são na ordem de 100°C a 150°C, esta etapa é de grande importância, pois a umidade pode interagir negativamente com

os resultados do processo. Na zona de pirólise, em que ocorrem as reações de volatilização, oxidação e a fusão, as temperaturas variam de 150°C a 1600°C onde são coletados os produtos (álcoois, óleo combustível, alcatrão, entre outros). E a zona de resfriamento, em que os resíduos gerados, cinzas e escória, são coletados pelo processo.

Segundo Cortez e Pérez (2008), para que o processo de pirólise ocorra com eficiência, a matéria-prima deve estar triturada em partículas de 2 a 4 mm, ter até 15% de teor de umidade e tempo de residência da biomassa no reator de 0,5 a 5 segundos.

### **2.2.5.2 Pirólise de resíduos sólidos**

Atualmente o maior interesse dos países desenvolvidos em relação à pirólise está direcionado à obtenção de produtos líquidos, devido à elevada densidade energética e potencial para substituir combustíveis líquidos derivados do petróleo. Esta prática começa a ganhar destaque com a implementação comercial de produtos químicos e combustíveis líquidos, obtidos a partir da pirólise de diversos resíduos agroindustriais, nos Estados Unidos e Canadá, e de combustíveis líquidos e gás para a produção de potência na Europa (ROCHA et al., 2004).

Em 1967, E. R. Kaisers e S. B. Friedman apresentaram diversos resultados sobre pesquisas com reatores pirolíticos, onde foi usado como matéria-prima lixo urbano. Eles mostraram através dos estudos que o processo de pirólise é uma alternativa energeticamente auto-sustentável, pois não necessita de energia externa. O motivo é que as partes combustíveis do lixo apresentam energia suficiente para movimentar o próprio sistema, e ainda produzindo um excedente que pode ser utilizado em outros processos (AIRES et al., 2003).

Kahlow em 2007 realizou testes utilizando resíduos plásticos que tornam a reciclagem inviável: tampas e rótulos de garrafa PET. Os resíduos de polipropileno (PP) foram triturados e carregados no reator pirolítico de bancada juntamente com um catalisador e/ou xisto cru, em quantidades e condições variadas.

Os gases obtidos na pirólise do polipropileno são semelhantes aos produtos gasosos ou combustíveis gasosos, provenientes das refinarias de petróleo, que contem metano, etano, etileno, propileno, hidrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e nitrogênio, e ainda em baixas concentrações, vapor de água, oxigênio e outros gases.

Os líquidos são divididos em duas categorias: leves e pesados. Os leves são chamados de gasolina e possuem cadeia carbônica de pouca extensão / pouco extensa, com ponto de ebulição entre 30 e 215°C. Os hidrocarbonetos pesados possuem cadeia carbônica mais extensa e o ponto de ebulição também é mais elevado.

Normalmente a gasolina constitui a fração mais representativa do produto formado na pirólise de plásticos. Além do elevado poder calorífico, os líquidos combustíveis obtidos das pirólises do PP também apresentaram teores de enxofre inferiores aos estabelecidos para a gasolina do tipo C (ANP, 2007), em torno de 5 -10 vezes menores.

Os sólidos da pirólise de plásticos são aqueles que não são transformados nem em líquidos nem em gases pelo processo pirolítico. Normalmente são produzidos em pequenas proporções.

Neste trabalho, além da pirólise térmica do PP, também foram realizadas pirólises catalíticas e com a adição de xisto betuminoso. Nestes casos, a geração de resíduos é expressiva. Para estes casos, estudou-se o aproveitamento de tais produtos em processos de adsorção de contaminantes presentes em águas residuárias.

A pirólise é uma prática que também pode ser empregada para o aproveitamento do lodo de esgoto como biomassa. Nesse processo térmico, são gerados produtos com valores agregados, tais como, óleo, gases e carvão que podem ser utilizados como fonte de combustíveis ou em outros usos relacionados à indústria (PEDROZA et al., 2010 apud VIEIRA et al., 2011).

Os autores destacam ainda que este método constitui-se em uma opção ecologicamente correta, além de possibilitar uma diminuição considerável do número de aterros sanitários.

### **2.3 Identificação das entradas e saídas do sistema**

A temperatura da reação de cada zona do reator pirolítico é uma variável importante, que irá determinar, juntamente com o tempo de residência do material a ser pirolisado, as características do produto final obtido (MUNIZ, 2004).

Segundo a fornecedora do equipamento Pacific Pyrolysis, é o processo operacional que determinará os subprodutos que serão gerados pela pirólise do resíduo urbano. A pirólise rápida é direcionada para a produção em maior quantidade de bio-óleo, já a pirólise lenta

produz em maior quantidade o *Syngas*, ou gás de síntese e ainda bio-carvão, ou *char* como é conhecido internacionalmente.

A pirólise rápida é um novo conceito para transformar biomassa em bio-óleo, através de um processo que é o inverso da pirólise lenta ou da antiga carbonização (ROCHA et al., 2004). O combustível resultante do processo é fácil de transportar (ao contrário do hidrogênio). Segundo Robert C. Brown, diretor do *Office of Biorenewables Programs* da *Iowa State University*, é tecnicamente possível usar biomassa para a produção de todos os materiais que atualmente são produzidos a partir do petróleo (PROPHETARUM, 2006).

O processo de pirólise consiste da trituração dos resíduos sólidos, que devem ser previamente selecionados na coleta seletiva. Após esta etapa, os resíduos são destinados ao reator pirolítico onde, por meio de reação endotérmica, ocorrerá a separação dos subprodutos em cada etapa. O fracionamento das substâncias sólidas ocorre gradualmente, à medida que os resíduos passam pelas diversas zonas de calor que constituem o reator pirolítico. Inicialmente, os resíduos perdem a umidade e, à medida que entram na zona pirolítica, são decompostos em substâncias distintas como gases, líquidos, sólidos (NATALI, 2001).

Segundo Brigdwater (2010) o processo de pirólise rápida produz aproximadamente 75% de bio-óleo, 13% de gás de síntese e 12% de bio-carvão. Segundo a empresa Innova Energias Renováveis, a massa equivalente a uma tonelada de RSU é capaz de produzir até 1,0 MWh de energia.

Kaises e Friedman (1967) apresentaram diversos resultados sobre pesquisas com reatores pirolíticos, onde foi usado como matéria-prima lixo urbano. Eles mostraram através dos estudos que o processo de pirólise é uma alternativa energeticamente autossustentável, pois não necessita de energia externa. O motivo é que as partes combustíveis dos RSU apresentam energia suficiente para movimentar o próprio sistema, além de produzir um excedente que pode ser utilizado em outros processos.

À medida que se reduz a quantidade de petróleo disponível, o seu preço pode aumentar, e dessa maneira, aumenta o esforço de investigação em outras formas de energia. Uma das alternativas mais promissoras é o bio-óleo, um líquido negro que pode ser uma alternativa "verde" à gasolina (PROPHETARUM, 2006).

O bio-óleo tem aplicações diretas como insumo químico, combustível para alguns tipos de sistemas de geração e máquinas térmicas, substituto do fenol petroquímico em

resinas fenólicas, aditivo na formulação de concreto celular para a construção civil e ainda como aditivo alimentar, entre outras (BIOWARE, 2012).

O bio-óleo é uma mistura complexa de compostos oxigenados com uma quantidade significativa de água, originada da umidade da biomassa e das reações, podendo conter ainda pequenas partículas de carvão e metais alcalinos dissolvidos oriundos das cinzas. Contém um número elevado de compostos oxigenados (mais de 200), incluindo ácidos, açúcares, álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, furanos, fenóis, oxigenados mistos, guaiacóis e seringóis (BRIDGWATER, 2003; BRIDGWATER, 2007).

O bio-óleo apresenta características bem diferentes do óleo combustível. Possui um teor elevado de oxigênio (35-40%p/p) e de água (15-30%), acidez alta (pH ~ 2,5), maior densidade (1,2kg/l) e menor poder calorífico superior (17MJ/Kg), que representa cerca de 40% do poder calorífico do óleo combustível (43MJ/kg). O bio-óleo é solúvel em solventes polares, mas completamente imiscível em hidrocarbonetos (BRIDGWATER, 2003).

O bio-óleo tem sido usado com sucesso em caldeiras e tem mostrado potencial para uso em motores a diesel e turbinas (CZERNICK e BRIDGWATER, 2004). As experiências relevantes no uso de bio-óleo para geração de eletricidade foram recentemente relatadas por CHIARAMONTI et al., (2007).

Segundo um estudo publicado em 2005 pelo *U.S. Departments of Agriculture and Energy*, a biomassa pode substituir até 1/3 do consumo anual de petróleo dos EUA (PROPHETARUM, 2006).

O bio-óleo foi descoberto na década de 80 por pesquisadores da University of Western Ontario, mas despertou então pouco interesse devido aos baixos preços do barril de petróleo da época; preços estes que têm sofrido constantes alterações atualmente (PROPHETARUM, 2006).

O bio-carvão, produzido em menor quantidade no processo de pirólise rápida pode ser utilizado como fertilizante para o solo. A contribuição do bio-carvão como condicionador de solo está sendo considerada a partir de dois principais aspectos. Um está relacionado ao seu potencial para melhorar a produtividade de sistemas agrícolas e combater a degradação de terras, através da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. O outro é a sua contribuição ao sequestro de carbono no solo, porque contém carbono em forma estável e, conseqüentemente, com uma maior permanência no solo (EMBRAPA AGROENERGIA, 2013).

De acordo com Rezende et al (2011), o bio-carvão apresenta estrutura interna inerte, semelhante a grafite, que faz preservar (sequestrar) o carbono no solo por centenas e até milhares de anos, e estrutura periférica (externa) reativa (funcionalizada) para atuar como a matéria orgânica natural do ambiente.

Dessas funções, destaca-se a promoção da estruturação do solo com ligações químicas entre o bio-carvão e estruturas macromoleculares inorgânicas, evitando desmoronamentos de terrenos durante os períodos chuvosos, retendo água da chuva e de irrigação para liberá-la durante períodos secos, retendo e liberando os íons  $H^+$  e  $OH^-$  na ação de controle do pH do solo, e retendo íons metálicos nutrientes de plantas como Ca, Fe, Cu, ou tóxico para elas como, por exemplo, o Al.

O gás de síntese ou *Syngas* é uma mistura de  $H_2$  e CO, que pode ser obtida pelo processo de gaseificação de biomassa ou do bio-óleo (pirólise). O gás de síntese possui diversas aplicações: produção de energia elétrica e/ou térmica; produção de hidrocarbonetos pela Síntese de *Fischer-Tropsch*; produção de metanol; produção de hidrogênio; produção de gás natural sintético (SNG) e ainda utilização/aplicação como gás redutor (EMBRAPA AGROENERGIA, 2013).

O professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, Gilberto Caldeira Bandeira de Melo, explica que o material, depois de carbonizado, perde substâncias orgânicas, deixando de emitir os gases tóxicos (VOZES DO CLIMA, 2009).

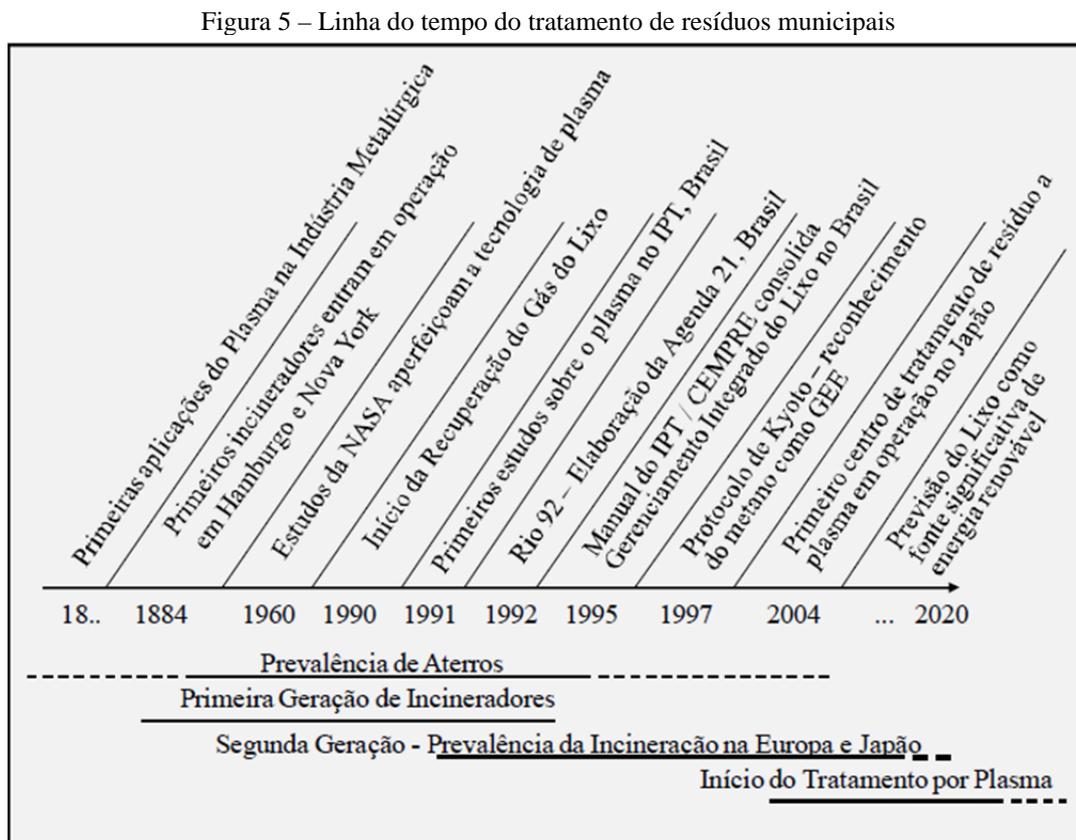
### **2.3.1 Tendências no tratamento de RSU**

Uma das formas de recuperação de recursos é encontrada nas plantas tipo *waste-to-energy* (WTE), que queimam resíduos para produção de eletricidade, permitindo que a energia do resíduo sólido seja recuperada na forma de energia elétrica. As plantas do tipo WTE são caracterizadas por uma combustão altamente controlada suportada por um extensivo controle da poluição do ar e um sistema de gerenciamento das cinzas resultantes. Num processo típico, primeiro o resíduo é separado para remoção do material não combustível (FURLAN, 2007).

Furlan (2007) destaca ainda que, a partir da primeira etapa, o resíduo entra na área de combustão, em que é queimado a uma temperatura de cerca de 1.800° F (980° C). Os gases aquecidos da combustão são usados para gerar vapor, que, por sua vez, é usado para gerar

eletricidade. Os gases então passam por um processo de lavagem, o qual os refrigera; de neutralização a quaisquer ácidos; e de remoção de partículas. Nos EUA existiam em 2003, 89 plantas WTE operando em 27 estados, processando cerca de 95 mil t/dia de resíduo sólido produzido por 41 milhões de pessoas. Essas plantas geram cerca de 2.500 MW de eletricidade para atender a cerca de 2 milhões de residências.

Skovgaard, Villanueva e Vrgoc (2006) apresentam na Figura 5 uma linha de tempo das principais tecnologias de tratamento de resíduos urbanos em larga escala, prevendo que em 2020, o lixo será uma fonte significativa de energia renovável.



Fonte: Skovgaard, Villanueva e Vrgoc (2006).

Gaseificação e pirólise são duas tecnologias emergentes. Na gaseificação, o processo termoquímico aquece a biomassa em uma atmosfera deficiente de oxigênio, para produzir um gás de baixa energia que contém hidrogênio, monóxido de carbono e metano. O gás pode então ser usado como combustível numa turbina ou num motor a combustão para gerar eletricidade. Gás, olefina líquida e carvão são produzidos em várias quantidades. O gás e o óleo podem ser processados, armazenados e transportados, se necessário, e então queimados

num motor, numa turbina de gás, ou *boiler*. O carvão pode ser recuperado e usado como combustível, ou gaseificado para uso futuro (PDH ENGINEER, 2007 apud FURLAN, 2007).

Themelis e Millrath (2004), ao analisar os prós e contras do lixo como fonte de energia, concluíram que, embora a redução do volume de lixo e a reciclagem sejam opções mais desejáveis, a geração de energia do lixo (*waste-to-energy* - WTE) não compete com elas, mas sim com os aterros, que são atualmente ambientalmente pressionados.

Afirmam que as plantas de WTE não reduzem os esforços de reciclagem, embora boa parte do lixo incinerado pudesse ser reciclada (cerca de 64%), mas que esse material incinerado para produzir energia teria o destino do aterro e seria igualmente inaproveitado. Afirmam ainda que especialmente nos EUA essa técnica avançou muito com a redução de emissão em vista da regulação da EPA, levando a WTE a ser considerada uma das fontes mais limpas de energia renovável, que evita o uso de combustíveis fósseis e aterros, opções menos desejáveis de tratamento de RSU.

### **2.3.2 Aspectos legais relacionados ao RSU**

Existem muitas leis, decretos, resoluções e normas que tratam sobre os resíduos sólidos nas diferentes esferas governamentais e recentemente foi aprovada no Congresso Nacional a Política Nacional de Resíduos Sólidos que estabelece objetivos, diretrizes e instrumentos em consonância com as características sociais, econômicas e culturais de Estados e Municípios (GOMES, 2011).

#### **2.3.2.1 Legislação Federal**

Além da Constituição Federal, o Brasil já dispõe vários instrumentos normativos que procuram regulamentar o problema dos resíduos sólidos urbanos.

Em seu artigo 23, inciso VI, a Constituição estabelece que “compete à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas”. O artigo 24, inciso VI, estabelece a competência da União, dos Estados e do Distrito Federal em legislar concorrentemente sobre “proteção do meio ambiente e controle da poluição”, o artigo 30, incisos I e II, estabelece que cabe ao poder público municipal “legislar sobre os assuntos de interesse local e suplementar a legislação federal e a

estadual no que couber”. E o artigo 225 diz que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

A lei nº 12305 de 02 de agosto de 2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre princípios, objetivos, instrumentos, responsabilidades, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A lei faz a distinção entre resíduo (lixo que pode ser reaproveitado ou reciclado) e rejeito (o que não é passível de reaproveitamento), além de se referir a todo tipo de resíduo: doméstico, industrial, da construção civil, eletroeletrônico, lâmpadas de vapores mercuriais, agrosilvopastoril, da área de saúde e perigosos.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) institui o princípio de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o que abrange fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Um dos pontos fundamentais da nova lei é a logística reversa, que se constitui em um conjunto de ações para facilitar o retorno dos resíduos aos seus geradores para que sejam tratados ou reaproveitados em novos produtos. De acordo com as novas regras, os envolvidos na cadeia de comercialização dos produtos, desde a indústria até as lojas, deverão estabelecer um consenso sobre as responsabilidades de cada parte.

A PNRS também estabelece princípios para a elaboração dos Planos Nacional, Estadual, Regional e Municipal de Resíduos Sólidos. Ela propicia oportunidades de cooperação entre o poder público federal, estadual e municipal, o setor produtivo e a sociedade em geral na busca de alternativas para os problemas socioambientais existentes e na valorização dos resíduos sólidos, por meio da geração de emprego e renda.

Além da Constituição Federal e da Política Nacional de Resíduos Sólidos, existem diversos instrumentos normativos sobre resíduos sólidos urbanos, os principais são citados a seguir, segundo Gomes (2011).

Quadro 3 - Instrumentos normativos sobre resíduos sólidos

<b>Norma</b>	<b>Ano</b>	<b>Descrição</b>
NBR 8419	1992	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos
NBR 8849	1985	Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos
NBR 9190	1993	Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Classificação
NBR 9191	1993	Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Especificação
NBR 10004	2004	Resíduos sólidos urbanos - Classificação
NBR 10005	2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
NBR 10006	2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
NBR 10007	2004	Amostragem de resíduos sólidos
NBR 11174	1990	Armazenamento de resíduos classe II- não inertes e III- inertes
NBR 12980	1995	Coleta de resíduos sólidos
NBR 13055	1993	Sacos plásticos para armazenamento de lixo - Determinação da capacidade volumétrica
NBR 13221	2003	Transporte de resíduos - Procedimentos
NBR 13463	1995	Coleta de resíduos sólidos - Classificação
CONAMA nº 316	2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos
CONAMA nº 275	2001	Dispõe sobre a coleta seletiva de resíduos sólidos

Fonte: Adaptado de Gomes (2011).

### 2.3.2.2 Legislação Estadual

Dentro da esfera estadual, os resíduos sólidos no estado de Santa Catarina são regulamentados pela Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente, com o objetivo de estabelecer normas visando à proteção e à melhoria da qualidade ambiental (SANTA CATARINA, 2009).

No título VI da referida Lei, onde consta sobre as atividades potencialmente causadoras de degradação ambiental é estabelecida a Política Estadual de Resíduos Sólidos.

São objetivos da Política Estadual de Resíduos Sólidos, de acordo com o artigo 257 da referida Lei:

- I - disciplinar o gerenciamento dos resíduos;
- II - estimular a implantação, em todos os municípios catarinenses, dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos;

III - estimular a criação de linhas de crédito para auxiliar os municípios na elaboração de projetos e implantação de sistemas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos licenciáveis pelo Órgão Estadual de Meio Ambiente; e

IV - incentivar a cooperação entre as empresas, Estado e municípios na adoção de soluções conjuntas para a gestão dos resíduos sólidos.

O artigo 265 trata da obrigatoriedade da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) aos responsáveis pela geração de resíduos sólidos e dos critérios a serem seguidos na elaboração do PRGS, conforme a seguir:

I - diagnóstico da situação atual do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos;

II - a origem, caracterização e volume de resíduos sólidos gerados;

III - os procedimentos a serem adotados na segregação, coleta, classificação, acondicionamento, armazenamento, transporte, reciclagem, reutilização, tratamento e disposição final, conforme sua classificação, indicando os locais onde essas atividades serão implementadas;

IV - as ações preventivas e corretivas a serem praticadas no caso de situações V - definição e descrição de medidas direcionadas à minimização da quantidade de resíduos sólidos e ao controle da poluição ambiental causada por esses, considerando suas diversas etapas, acondicionamento, coleta, segregação, transporte, transbordo, tratamento e disposição final;

VI - ações voltadas à educação ambiental que estimulem:

a) o gerador a eliminar desperdícios e a realizar a triagem e a seleção dos resíduos sólidos urbanos;

b) o consumidor a adotar práticas ambientalmente saudáveis de consumo;

c) o gerador e o consumidor a reciclarem seus resíduos sólidos;

d) a sociedade a se responsabilizar quanto ao consumo e à disposição dos resíduos sólidos; e

e) o setor educacional a incluir nos planos escolares programas educativos de minimização dos resíduos sólidos;

VII - soluções direcionadas:

a) à reciclagem;

b) à compostagem;

c) ao tratamento; e

d) à disposição final ambientalmente adequada; VIII - cronograma de implantação das medidas e ações propostas; e

IX - a designação do responsável técnico pelo Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e pela adoção das medidas de controle estabelecidas por esta Lei.

No artigo 273, a Política Estadual de Resíduos Sólidos faz referência à reutilização de resíduos sólidos. O resíduo sólido, sempre que suas características lhe concedam o valor útil equivalente ao da matéria-prima, pode ser utilizado desde que não resulte danos à saúde pública e ao meio ambiente, precedido de licenciamento ambiental.

### **2.3.2.3 Legislação Municipal**

Na esfera municipal, o gerenciamento dos resíduos sólidos é regulamentado pela Lei Complementar nº 188 de 11 de maio de 2001, a qual faz parte do Plano Diretor do Município de Concórdia e dispõe sobre normas relativas à utilização do espaço e o bem estar publico do Município de Concórdia (CONCÓRDIA, 2001).

Em seu título 4, capítulo 3, a referida Lei trata da disposição e coleta dos resíduos sólidos urbanos.

No artigo 91 da referida Lei são descritos os procedimentos para a coleta e o acondicionamento dos resíduos sólidos resultantes das atividades residenciais, comerciais e da prestação de serviços.

O artigo 92 refere-se aos resíduos que não são recolhidos pela prefeitura municipal, sendo os resíduos industriais, de oficinas, os restos de material de construção ou entulhos provenientes de obras ou demolições, as matérias excrementícias (inclui-se lodos de fossas sépticas), as palhas das casas comerciais, bem como terra, folhas, galhos de árvores dos jardins e quintais particulares.

Atualmente a fiscalização dos serviços de coleta de resíduos sólidos fica sob a responsabilidade da Fundação Municipal de Defesa do Meio Ambiente - FUMDEMA (CONCÓRDIA, 2004).

### **2.3.3 Aspectos legais do tratamento térmico de RSU**

O tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos é regulamentado, no Brasil, pela Resolução CONAMA n.º 316, de 29 de outubro de 2002. A Resolução disciplina os processos de tratamento térmico de resíduos e cadáveres, estabelece procedimentos operacionais, limites de emissão e critérios de desempenho, controle, tratamento e disposição final de efluentes resultantes destas atividades. Essa Resolução considera tratamento térmico como todo e qualquer processo cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de 800° C (BRASIL, 2002).

Os artigos 22, 23 e 24 desta Resolução referem-se ao tratamento dos resíduos de origem urbana, *in verbis*:

Art. 22. O sistema de tratamento térmico de resíduos de origem urbana, ao ser implantado, deve atender os seguintes condicionantes, sem prejuízo de outras exigências estabelecidas no procedimento de licenciamento e legislações complementares:

I - área coberta para o recebimento de resíduos;

II - sistema de coleta e tratamento adequado do chorume.

Art. 23. Os resíduos de origem urbana, recebidos pelo sistema de tratamento térmico, deverão ter registro das informações relativas à área de origem e quantidade.

Parágrafo único. As câmaras deverão operar à temperatura mínima de oitocentos graus Celsius, e o tempo de residência do resíduo em seu interior não poderá ser inferior a um segundo.

Art. 24. A implantação do sistema de tratamento térmico de resíduos de origem urbana deve ser precedida da implementação de um programa de segregação de resíduos, em ação integrada com os responsáveis pelo sistema de coleta e de tratamento térmico, para fins de reciclagem ou reaproveitamento, de acordo com os planos municipais de gerenciamento de resíduos.

Por ser uma atividade impactante, foi estabelecido na Resolução n.º 316/02, em seu artigo 26, a exigência de estudos, tanto para uma análise de alternativas tecnológicas, de acordo com o conceito de melhor técnica disponível (art.4), quanto para o processo de licenciamento das unidades de tratamento térmico de resíduos, como Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/Rima), análise de Risco, dentre outros (BRASIL, 2002).

O licenciamento ambiental é uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente e possui como uma de suas mais expressivas características a participação social na tomada de decisão, por meio da realização de Audiências Públicas como parte do processo. Essa obrigação é compartilhada pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente, no caso, a Fundação do meio Ambiente – FATMA – no estado de Santa Catarina (IBAMA, 2012).

A exigência de licenciamento ambiental é definida, na esfera federal, pela Lei n.º 6938/81 e pelo Decreto n.º 274/90 que, respectivamente, instituiu e regulamentou a Política Nacional de Meio Ambiente, assim como pela Resolução CONAMA n.º 237/97, que dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental e no exercício da competência legal, bem como as atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental. Pode-se ainda citar a Resolução CONAMA n.º 5/88, que dispõe sobre o licenciamento de obras de saneamento, e a Resolução CONAMA n.º 01/86, que estabelece as exigências sobre EIA/Rima (MARCHEZETTI, 2009).

A Resolução n.º 316/02 estabelece ainda parâmetros de projeto, procedimentos operacionais, sistemas de monitoramento e limites máximos de emissão para os poluentes atmosféricos. Com relação aos efluentes líquidos remete para a Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. As cinzas e escórias provenientes do processo térmico, para fins de disposição final, devem ser classificadas como resíduos Classe I- Perigoso (art. 43, parágrafo primeiro). No entanto, o órgão ambiental poderá autorizar a disposição das cinzas e escórias como resíduos Classe II-A (não perigoso, não inerte) e Classe II-B (não perigoso, inerte), se comprovada sua inertização pelo operador (BRASIL, 2002).

Outros dois instrumentos legais relacionados ao tratamento térmico de resíduos, no Brasil, que merecem destaque são: a Resolução CONAMA n.º 264, de 26 de agosto de 1999, que dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividade de coprocessamento de resíduos na fabricação de cimento (BRASIL, 1999), e a Resolução CONAMA n.º 283, de 12 de julho de 2001, que dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde, fazendo menção ao processo de incineração (BRASIL, 2001).

Além dessas Resoluções, cumpre mencionar a Resolução CONAMA n.º 05/89 que estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, instituiu o Programa Nacional de Qualidade do Ar – PRONAR e especificou as diretrizes para a rede de monitoramento e inventário das fontes emissoras e poluentes atmosféricos. Ainda com relação à qualidade do ar, a Resolução CONAMA n.º 03/90 definiu os padrões primários e secundários para SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre), CO (monóxido de carbono), O<sub>3</sub> (ozônio), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio), partículas em suspensão, partículas inaláveis e fumaça (BRASIL, 1989).

#### **2.4 Análise de viabilidade econômica**

A análise econômica de um projeto permite fazer estimativas de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação e manutenção e receitas geradas durante um determinado período de tempo, para assim montar-se o fluxo de caixa relativo a esses investimentos, custos e receitas e determinar as estimativas dos indicadores econômicos do projeto (LINDEMEYER, 2008).

Para Castro (2002) o estudo de viabilidade é a fase que interliga as informações dos estudos preliminares, aos dados econômicos, técnicos, financeiros, administrativos e

institucionais com alto grau de realismo, que juntos, permitirão a tomada de decisão pela alternativa ótima.

#### **2.4.1 Estudo das alternativas locais**

Para a melhor escolha da localização de atividades econômicas devem ser considerados, além dos componentes físicos e biológicos de um espaço geográfico, os aspectos tecnológicos, econômico-financeiro e socioculturais, formando um conjunto de múltiplos fatores, que quando associados irão estabelecer as alternativas locais mais apropriadas para a instalação de empreendimentos (SOUZA et al, 2007 e BRYAN et al, 2011).

Neste sentido, na busca por projetos menos impactantes e a pré-concepção de alternativas locais, evidencia-se a destacada importância dos estudos de alternativas locais, nos quais os impactos de um empreendimento devem, necessariamente, ser analisados de forma comparativa segundo o binômio caracterizado pela tipologia deste empreendimento e pela capacidade de suporte do território no qual se pretende instalá-lo (NOBLE, 2000; SOUZA, 2000; SÁNCHEZ, 2008).

Como estabelecido pela Resolução CONAMA 01/86, em seu artigo 5º, é papel da AIA – Avaliação de Impacto Ambiental, através do EIA – Estudo de Impacto Ambiental, contemplar todas as alternativas tecnológicas e locais, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto.

Contudo, apesar da sua relevância e obrigatoriedade, o estudo de alternativas locais nem sempre é realizado de forma eficaz, apresentando-se enviesado, o que compromete todo o processo de análise da viabilidade ambiental do projeto, principalmente por não considerar as características do território (STEINEMANN, 2001).

Dessa maneira, como afirma Souza (2006), a consideração de informações referentes às características territoriais na fase de concepção das alternativas locais, em uma etapa anterior ao licenciamento ambiental, mostra-se capaz de ampliar o leque de alternativas viáveis e, então, conduz aquelas que se apresentam mais adequadas para análises mais profundas desenvolvidas no escopo dos estudos de impacto ambiental, durante o licenciamento.

A seleção de localidades é conduzida com a finalidade de identificar possíveis sítios para a instalação do projeto proposto e comparar as aptidões relativas a cada opção com base na proteção ambiental, segurança técnica, interesses sociais e custos. Resultando na documentação necessária para comparar as alternativas locais, de modo a confirmar a adequação do sítio, fazer recomendações, garantir que o local escolhido atenda às exigências técnico-econômicas e socioambientais e, portanto, verificar sua viabilidade ambiental (FURLANETTO, 2012).

O estudo do projeto deve definir claramente qual será a melhor localização possível para a unidade de produção. Evidentemente a melhor localização será a que permitir aumentar a produção e ao mesmo tempo reduzir os custos necessários a essa produção, elevando assim ao máximo aos benefícios líquidos do projeto (BUARQUE, 2004).

Segundo Souza et al (2007), a combinação dos fatores do ambiente, tais como relevo, tipos de solo, aspectos de formações geológicas, recursos hídricos, centros urbanos, entre outros, determinam a capacidade do meio em suportar certas atividades humanas de forma que os impactos dessas atividades não ultrapassem os níveis aceitos pela sociedade e impostos pela legislação.

Dessa forma, segundo Buarque (2004), os fatores básicos que regem normalmente a determinação da localização das indústrias são:

- 1) localização dos materiais de produção (insumos);
- 2) disponibilidade de mão de obra;
- 3) terrenos disponíveis, clima, fatores topográficos;
- 4) distância da fonte de combustível industrial;
- 5) facilidades de transporte;
- 6) distância e dimensão do mercado e facilidades de distribuição;
- 7) disponibilidade de energia, água, telefones, rede de esgoto;
- 8) condições de vida, leis e regulamentos, incentivos;
- 9) estrutura tributária.

Buarque (2004) destaca ainda que o estudo da localização está relacionado com as demais etapas do projeto, principalmente os custos, a engenharia, o mercado e o tamanho do empreendimento.

## **2.4.2 Métodos de análise de investimentos**

Os métodos de análise de investimentos compreendem a análise na condição de certeza, na condição de incerteza e análise de risco.

### **2.4.2.1 Análise de investimentos na condição de certeza**

A análise de investimentos em situação de certeza corresponde à previsibilidade de um resultado final certo ou esperado como tal. Ao se analisar um investimento sob essa ótica, se escolherá o que proporcionar maior retorno (RITTER, 2011).

Para Evangelista (2006), a condição de certeza supõe a contribuição de fluxos de caixa, desde o instante zero até os períodos futuros, assumindo um valor considerado como confiável em cada um deles, por sua vez, Ponciano et al. (2004) argumentam que a análise da viabilidade econômica pode ser realizada através da construção dos fluxos de caixa que, uma vez obtidos, possibilitam o cálculo dos indicadores de rentabilidade das atividades consideradas.

#### **1) Fluxo de caixa**

Tecnicamente, a análise de viabilidade econômica de empreendimentos ocorre pela montagem de fluxos de caixa que, além de considerarem a remuneração do capital, vislumbram, pela simulação de cenários de investimento, condições mais ou menos favoráveis ao negócio (KASSAI et al., 1999).

O fluxo de caixa é a sincronização dos ingressos e desembolsos de um projeto durante sua vida útil, a fim de que, com algumas técnicas de análise de investimento, se possa avaliar a sua viabilidade financeira de implantação. Para dimensionar o fluxo de caixa de um projeto é preciso que se tenha todo e qualquer desembolso que o projeto irá gerar, e todas as despesas desembolsáveis que terá, a fim de que se possa saber em que momento a empresa fará o efetivo desembolso e terá o efetivo ingresso de recursos (VIEIRA, 2007).

O processo de análise de investimentos envolve três etapas distintas: projeção de fluxo de caixa, cálculo do custo de capital e aplicação de técnicas de avaliação. Após definir o horizonte da análise, coletar os dados relevantes, elaborar as estimativas de fluxo de caixa e

obter os custos de financiamento, o passo seguinte é a elaboração da perspectiva do investimento (BRUNI; FAMÁ, 2003).

A construção do fluxo de caixa de um projeto de investimento deve ser realizada para que o projeto possa ser analisado com vistas na tomada de decisão sobre a implantação ou não. O fluxo de caixa é estruturado mediante a estimação dos valores de entradas e saídas de recursos financeiros. Os principais passos para estimar o fluxo de caixa são detalhados a seguir, de acordo com Unisanta (2013):

**a) Vida econômica ou vida útil do projeto:** o horizonte de projeção em que o projeto deverá produzir resultados econômicos é denominado Vida Econômica do Projeto. A escolha do horizonte de projeção do fluxo de caixa não tem uma regra definida, dependendo do julgamento do analista, do setor da empresa e do crescimento projetado. Números usuais são 5, 7, 10 ou 12 anos, mas há casos de 2 ou 3 anos, para pequenas projetos.

Também há situações em que o horizonte de projeto é fixado em 25 anos ou mais. Horizontes longos assim são mais comuns em empreendimentos grandes, como por exemplo: siderurgia, construção de usina hidroelétrica, rodovias, ferrovias, etc.

**b) Receita líquida de vendas:** compreende a uma das variáveis mais importantes de projetar, pois ela que atua no sentido de fazer crescer o valor do investimento. Em termos práticos, essa variável envolve todas as entradas de caixa provenientes da venda de serviços e produtos, oriundos do investimento, considerando ainda os descontos decorrentes dos impostos que incidem sobre o faturamento como o IPI, ICMS, Confins e PIS.

**c) Custos operacionais:** referem-se a todos os gastos incorridos em decorrência direta da implementação de um investimento. Para efeito de análise, os custos podem ser classificados ou agrupados distintamente em custos fixos e custos variáveis.

Os custos fixos são aqueles que existem seja qual for o nível de produção e que não são diretamente alocáveis aos produtos ou aos serviços vendidos. Os itens mais importantes são: seguros, taxas, manutenção dos equipamentos, depreciação dos equipamentos da fábrica, *royalties*, salários supervisores de produção, controle de qualidade, serviços de infraestrutura, aluguel, etc.

Os custos variáveis são aqueles que dependem proporcionalmente ao nível de operação do investimento. Os itens mais importantes são: matéria prima, embalagens, mão de obra, energia, combustíveis etc.

**d) Resultado bruto:** trata-se do primeiro resultado do investimento e resulta da diferença entre a receita de vendas e os custos operacionais projetados, sem levar em consideração

ainda a depreciação e as despesas operacionais. Portanto, reflete a capacidade de geração de caixa operacional, levando em consideração somente as receitas de vendas e os custos operacionais.

**e) Despesas Operacionais:** são dispêndios determinados fundamentalmente pela decisão de implementação de um investimento. Estão incluídas as despesas comerciais as despesas de administração e despesas gerais. Fazem parte desse elenco: as despesas com promoção, propaganda, comissões de vendedores e representantes, pesquisas de mercado, despesas com pessoal, escritório, diretoria, recursos humanos, informática, aluguel e depreciação, além de outras despesas relacionadas à administração da empresa. Esse tipo de despesas podem sofrer oscilações de valores decorrentes do aumento do volume de operações, portanto é comum projetá-las como uma porcentagem da receita de vendas.

**f) Despesas Financeiras:** são as remunerações aos capitais de terceiros, tais como juros pagos, comissões bancárias, correção monetária pré-fixada, descontos concedidos, juros de mora pagos, etc. As despesas financeiras devem ser compensadas com as receitas financeiras, isto é, estas receitas serão deduzidas daquelas despesas. As receitas financeiras são derivadas de aplicações financeiras, juros de mora recebidos, descontos obtidos, etc. Se o montante da receita financeira for maior que a despesa financeira, a receita financeira será deduzida das despesas operacionais.

**g) Depreciação:** a depreciação é a redução do valor do bem (móveis utensílios, máquinas, equipamentos, veículos, ferramentas, etc.) no tempo em decorrência de desgaste ou pela obsolescência tecnológica. No fluxo de caixa a depreciação é um custo sem desembolso, o qual, sendo abatido dos lucros, em cada exercício fiscal, acarreta menor lucro tributável, o qual, por sua vez, mantida a mesma alíquota do imposto de renda, resulta em menor imposto de renda a pagar.

Existem vários métodos para se obter o valor da depreciação: soma dos dígitos, inclinação dupla, exponencial, depreciação por produção, e o método linear. No Brasil adota-se o Método Linear (ou Linha Reta), segundo a qual a carga anual será a mesma, até o final do prazo da depreciação, isto é, a carga total de depreciação será rateada por igual, ao longo dos anos.

Admitida a limitação da vida útil dos bens tangíveis, a depreciação aplicada a seu valor consiste na divisão do valor do bem ou ativo investido pela sua vida útil. O valor do bem ou do ativo: é o valor de aquisição do ativo a ser depreciado. São depreciáveis:

construção civil e edificações, instalações, máquinas e equipamentos, veículos, móveis e utensílios. Não são itens depreciáveis: terrenos e capital de giro.

O tempo de vida útil é o tempo estimado de duração do bem ou direito, em termos de sua capacidade física ou circunstancial de uso ou exploração econômica. Por sua natureza mutável e de limitações da vida, os bens e direitos que integram o projeto ou a empresa devem ser depreciados, na medida do seu uso ou do tempo, transformando-se em despesas ou custos de produção. O Quadro 4 apresenta os valores de vida útil contábil de alguns ativos e a taxa de depreciação que são definidos pela Secretaria da Receita Federal.

Quadro 4 - Valores de vida útil contábil de alguns ativos e taxa de depreciação

Item	Vida útil (anos)	Depreciação (%)
Edificações, Construções	25	4%
Máquinas, Equipamentos	10	10%
Móveis e Utensílios	10	10%
Automóveis de Passageiros	5	20%
Computadores	2	50%

Fonte: Receita Federal, 2013.

Cabe observar que o período de depreciação não necessita ser igual ao período de vida econômica, podendo ser maior ou menor.

**h) Resultado Operacional:** reflete a capacidade de geração de caixa operacional por parte do projeto. Esse resultado é obtido pela diferença entre o resultado bruto e as despesas operacionais e a depreciação, exaustão e amortização.

**i) Imposto de renda e contribuição social:** são calculados sobre o resultado operacional decorrente exclusivamente das operações. A alíquota do IR gira em torno de 15% para lucros de até R\$ 240 mil anuais e 25% para lucros estimados acima desse valor, e a contribuição social de 9%.

**j) Resultado líquido operacional:** o resultado líquido operacional é obtido pela diferença entre o resultado operacional e a provisão do imposto de renda. É o resultado que o projeto terá sem dívidas financeiras.

**k) Investimento inicial:** corresponde aos gastos incorridos no início do investimento. Deve ser considerado todo e qualquer desembolso de recurso que o investimento necessite, como: gastos com as máquinas e equipamentos, despesas de montagem e treinamento pessoal.

**l) Capital de Giro:** é uma espécie de reserva de capital para fazer frente a obrigações fora do ciclo do fluxo de caixa operacional ordinário.

Normalmente, um projeto exigirá que a empresa invista em capital de giro líquido, além de ativos permanentes com o objetivo de manter o negócio em funcionamento. Por exemplo, um projeto geralmente exigirá a manutenção de algum saldo de caixa para pagar eventuais despesas. Isso porque, um projeto demandará um investimento inicial em estoques, contas a receber. Parte desse financiamento ocorrerá sob a forma de quantias devidas a fornecedores (contas a pagar), mas a empresa será obrigada a complementar o montante necessário. Essa diferença é investimento em capital de giro líquido.

**m) Taxa Mínima de Atratividade (TMA):** a TMA é a taxa a partir do qual o investidor espera estar obtendo ganhos. Corresponde, na prática, à taxa oferecida pelo mercado para uma aplicação de capital, como a caderneta de poupança, depósitos a prazo fixo e outros. Assim, se um investimento propiciar uma rentabilidade abaixo do rendimento dessas formas de aplicação de capital, não será atrativo ao investidor (TAHA, 1996).

O custo de capital é um elemento importante no processo de orçamento de capital, pois um projeto somente será aceito se seu retorno estimado superar seu custo de capital (BRIGHAN, GAPENSKI, EHRHARDT, 2001).

Os investidores requerem retornos mais altos para investimentos mais arriscados. Conseqüentemente, uma empresa que está levantando capital para colocar em projetos arriscados terá um custo de capital mais alto que uma empresa que está financiando projetos mais seguros.

## **2) Indicadores de viabilidade econômica de projetos**

Podem ser admitidos diferentes indicadores como resultados de um fluxo de caixa. A adoção de um indicador em especial é função do objetivo da análise considerada. Três indicadores comumente utilizados nas análises de viabilidade econômica de empreendimentos imobiliários são o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno e o período de recuperação do investimento (*payback*) (SILVA, 2008).

**a) Taxa Interna de Retorno (TIR)**

Segundo Ross et al. (2000) a taxa interna de retorno (TIR) de um investimento é a taxa que, quando utilizada como taxa de desconto, resulta em um VPL igual a zero. A TIR é conhecida também como taxa interna de juros, taxa de rentabilidade ou retorno do fluxo de caixa descontado.

A TIR representa a taxa de desconto que se iguala as entradas com saídas previstas em caixa, ou seja, representa a rentabilidade do projeto. Dessa forma, o aceite ou a rejeição de uma proposta de investimento, ocorre em função da comparação entre a TIR alcançada com a rentabilidade mínima almejada pelos investidores (BONFANTE, 2010).

Embora o método da TIR não incorpore a taxa mínima de atratividade (TMA) no seu cálculo, o critério de decisão depende da TMA. Ross et al. (2002) recomendam aceitar todos os projetos com taxa interna de retorno superior à TMA e rejeitar todos os projetos em que a TIR é inferior. Quando a TIR é igual à taxa mínima de atratividade, a aceitação do projeto torna-se indiferente.

Para Ross et al. (2002) o método da TIR apresenta vantagens, entre elas a facilidade de visualização percentual após obtido o resultado; leva em consideração o temporal valor do dinheiro.

**b) Valor Presente Líquido (VPL)**

O método do Valor Presente Líquido (VPL) fundamenta-se no conceito da equivalência monetária do valor atual do fluxo de caixa. De acordo com Assaf Neto (2006), o valor presente líquido é a diferença entre o valor presente das receitas líquidas (valores positivos) e o valor presente dos investimentos (valores negativos), trazidos à data zero do fluxo de caixa, utilizando-se para isso a taxa de desconto apropriada: a taxa mínima de atratividade (TMA) definida pelo decisor.

O VPL de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Tal método consiste em calcular o VPL do fluxo de caixa (saldo das entradas e saídas de caixa) do investimento que está sendo analisado, usando a taxa de atratividade do investidor. Esse método, por considerar o valor do dinheiro no tempo é considerado uma técnica adequada de análise de orçamentos de capital (GITMAN, 2002).

O VPL positivo significa que a atualização dos benefícios supera os investimentos, e seu valor representa o quanto a empresa deverá ganhar se realizar o projeto, em comparação à sua não realização, ou seja, é o ganho esperado adicional à remuneração obtida pela aplicação do dinheiro ao custo de capital. Quanto maior o VPL de um projeto, mais rentável ele é (SAMPAIO FILHO, 2008).

De acordo com Lemes Júnior et al. (2005), o critério de aceitação-rejeição do método recomenda aceitar todos os projetos cujo VPL é maior do que zero (positivo) e rejeitar os projetos em que o VPL é menor que zero (negativo). Quando o VPL for igual a zero, a aceitação do projeto torna-se indiferente, isto é, terá o mesmo significado que investir o capital à taxa mínima de atratividade.

Segundo Sampaio Filho (2008) o método do VPL tem a vantagem de poder ser aplicado a todos os tipos de fluxo de caixa, até mesmo para os fluxos com valores monetários todos positivos ou todos negativos.

#### **c) Período de Recuperação do Capital Investido (*Payback*)**

O *payback* representa o prazo necessário para a recuperação do capital investido, podendo ser simples (sem considerar o custo de capital, valor do dinheiro no tempo) ou descontado (considerando o valor do dinheiro no tempo). O *payback* comumente é usado de forma preliminar a outros métodos como um calibre “passa não passa” inicial. Se, por exemplo, o *payback* descontado de um projeto for superior ao período máximo estabelecido pela empresa para recuperar o investimento inicial, este não deve ser aceito pela empresa, mesmo que apresente TIR superior ao custo de capital ou VPL positivo (BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998).

Para Mazza (2004), este método é muito utilizado pelos gestores para determinar a atratividade de um investimento. Considerando que o maior objetivo de um projeto é o lucro e não o tempo de recuperação de capital, este método ignora qualquer ocorrência além do período final em que o capital foi recuperado. Mas este método é importante, porque pode fornecer algumas informações de interesse, principalmente quando o futuro é extremamente incerto e quando há o interesse em recuperar o capital investido o mais rápido possível.

Dada as suas limitações e não obstante a sua simplicidade é muito mais provável que as empresas empreguem o período de *payback* de um investimento como uma norma auxiliar na tomada de decisões sobre investimentos utilizando-o seja como um parâmetro limitador

(prazo máximo de retorno) sobre a tomada de decisões, seja para escolher entre projetos que tenham desempenho igual em relação à regra básica de decisão (DAMODARAN, 2002).

Mazza (2004) aponta algumas desvantagens no método *payback*: a) falta relação com qualquer ocorrência além do período final em que o capital foi recuperado; d) o método não leva em consideração a vida do investimento, tornando-se mais difícil seu uso quando o investimento inicial se der por mais de um ano ou quando os projetos comparados tiverem investimentos iniciais diferentes.

#### **2.4.2.2 Análise de investimentos na condição de incerteza**

A incerteza é um dos fatores que estão presentes nos projetos de investimentos, porque se reporta às expectativas futuras que geram insegurança e instabilidade em momentos de tomada de decisão. A decisão entre investir ou não investir, entre agora, mais tarde ou nunca, sempre vai ao processo de decisão das pessoas com relação as de incertezas frente ao futuro nesses momentos (RITTER, 2011).

As incertezas dizem respeito àquilo que não se conhece ou não se sabe, sobre o futuro de determinado negócio. A única certeza que se tem quanto ao futuro de qualquer atividade é que a incerteza estará presente em todos os momentos, além do fato de ela, normalmente, estar associada a resultados aleatórios e inesperados (EVANGELISTA, 2006).

Micalizzi (1999) classifica a incerteza em: econômica e técnica. A incerteza econômica é aquela que depende de fatores exógenos para o projeto, tais como a evolução dos preços no mercado e a volatilidade das vendas. Afirma, ainda, que esse tipo de incerteza pode influenciar o administrador a adiar a implantação de um projeto até obter maiores informações. A incerteza econômica é frequentemente contrabalançada por um elevado valor positivo do VPL. Por outro lado, a incerteza técnica depende de fatores endógenos para o projeto, tais como a quantidade e qualidade de matéria-prima. Esses fatores podem influenciar o administrador a antecipar o início de um projeto, apesar de necessitar de uma coleta de informações adicionais sobre seu o potencial de lucratividade.

Para Bruni et al. (1998), são poucas as considerações formais sobre as incertezas que envolvem os fluxos de caixa de um projeto. Normalmente, as abordagens de avaliação de projetos apresentadas são determinísticas: espera-se que os valores projetados realmente ocorram. O tratamento do risco do projeto, quando existe, é comumente feito através da

utilização de análise de sensibilidade, para o custo de capital do projeto ou para o possível crescimento dos fluxos de caixa futuros. A análise de sensibilidade costuma envolver a simulação de resultados para vários níveis dos dados de entrada do projeto como investimento inicial, custos, receitas, entre outros.

### **1) Análise de sensibilidade**

Bruni et al. (1998) destacam que, além da produtividade, outros elementos que afetam o orçamento podem variar, como por exemplo, os preços dos insumos e produtos. É difícil de prever a que níveis estarão os preços um ano ou vários anos mais tarde ou é difícil estimar o custo de um determinado insumo.

A norma brasileira NBR 14653-4 define a análise de sensibilidade como a análise do efeito de variações dos parâmetros do modelo adotado no resultado da avaliação, servindo para identificar as variáveis de maior elasticidade, denominadas de variáveis-chaves, sobre as quais recomenda-se elevada atenção na fundamentação (ABNT, 2002).

A análise de sensibilidade consiste em medir em que magnitude uma alteração prefixada em um ou mais fatores do projeto altera o resultado final. Esse procedimento permite avaliar de que forma as alterações de cada uma das variáveis do projeto podem influenciar na rentabilidade dos resultados esperados (PONCIANO et al., 2004).

Ainda segundo Ponciano et al. (2004), o procedimento básico para se fazer uma análise de sensibilidade consiste em escolher o indicador a sensibilizar; determinar sua expressão em função dos parâmetros e variáveis escolhidos; obter os resultados a partir da introdução dos valores dos parâmetros na expressão; simular mediante variações num ou mais parâmetros e verifica-se de que forma e em que proporções essas variáveis afetam os resultados finais.

Para Ritter (2011), a análise de sensibilidade demonstra o quanto o valor presente líquido ou outro fator utilizado, mudará, devido a uma dada alteração de um parâmetro (dado de entrada que é o parâmetro a ser sensibilizado). Assim, na análise de fluxos de caixa pelos modelos de engenharia econômica, alguns itens podem ter maior influência no resultado final do que outros, podendo-se identificar os parâmetros mais significativos.

### 2.4.2.3 Análise de investimentos na condição de risco

Os estudos de investimentos em projetos normalmente pressupõem a existência de riscos, os quais podem se apresentar de várias formas e maneiras, podendo-se distinguir em: econômicos, financeiros, tecnológicos, administrativos, legais e naturais. Os riscos supõem o entendimento e análise de que há possibilidade de algo não dar certo, dentro de uma distribuição de probabilidades previstas (EVANGELISTA, 2006).

Risco pode ser definido como a probabilidade de insucesso acerca de uma decisão. De acordo com Evangelista (2006), o risco e o tempo estão intimamente relacionados, pois a natureza do horizonte de tempo é que estabelece a medida do risco. O risco pode ser considerado como a “possibilidade de estar em perigo”, sob pena da perda de algo. Em se tratando de distribuição de probabilidades, ao se referir aos riscos econômicos, estes representam a possibilidade de perda de valores relativos aos recursos decorrentes dos fatores de produção. Ao se tratar de recursos financeiros, estes estão associados à perda de valores monetários.

Embora não exista um método que permita conhecer antecipadamente, e com exatidão, os indicadores necessários para a análise econômica de um projeto ou atividade, a técnica da simulação e alguns princípios de decisão sob condições de risco, podem oferecer informações úteis para se incorporar a incerteza ao processo de análise de viabilidade econômica (MONSINHO, 2005).

A complexidade e os riscos do mercado dificultam a avaliação da eficiência de um projeto. Neste contexto, as técnicas de simulação surgem como importante ferramenta para prever e minimizar os riscos de variação dos custos e tempo de projetos (LIMA et al., 2008).

Bruni et al. (1998) destaca que cada fluxo de caixa nos projetos de investimento pode ser considerado resultante de um conjunto de fatores de risco (como preços praticados, quantidades vendidas, custos e despesas), o tratamento matemático convencional seria muito complexo e, portanto, quase impossível na maioria das vezes, já que boa parte dos tomadores de decisão ou analistas de projetos não teriam condições de realizá-lo.

Ainda, segundo os autores, uma alternativa a esse problema pode ser expresso através da utilização Método de Monte Carlo no cálculo da variabilidade do VPL de um projeto, por exemplo. Este procedimento envolve a utilização de números aleatórios nas simulações, o que

pode facilitar acentuadamente os cálculos do risco, ainda mais quando suportados por uma planilha eletrônica que permite a geração automática dos resultados.

### **1) Método da Simulação Monte Carlo**

Para Mousinho (2005), o método da simulação Monte Carlo baseia-se na comparação de números aleatórios com uma determinada função estatística, podendo ser ajustado à função de distribuição da variável em estudo, para a realização das simulações.

Trata-se de uma ferramenta importantíssima de pesquisa e planejamento que vem sendo cada vez mais utilizado devido ao constante aperfeiçoamento dos computadores, com sua grande velocidade de cálculo, poder de armazenar dados e capacidade de tomar decisões lógicas (BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998).

Bruni et al. (1998) afirma que essa metodologia, incorporada a modelos de finanças, fornece como resultado aproximações para as distribuições de probabilidade dos parâmetros que estão sendo estudados. São realizadas diversas simulações, nas quais são gerados valores aleatórios para o conjunto de variáveis de entrada e parâmetros do modelo que estão sujeitos à variação. Tais valores aleatórios gerados seguem distribuições de probabilidade específicas que devem ser identificadas ou estimadas previamente.

Para a construção de um modelo do fluxo de caixa, fazendo uso da Simulação de Monte Carlo, segue-se uma sequência lógica, conforme apresentado por Junqueira e Pamplona (2002):

- 1) construir um modelo básico das variações dos fluxos de caixa futuros, provocados pelo investimento em questão;
- 2) para toda a variável que puder assumir diversos valores elaborar sua distribuição de probabilidade acumulativa correspondente;
- 3) especificar a relação entre as variáveis de entrada a fim de se calcular o VPL do investimento;
- 4) selecionar, ao acaso, os valores das variáveis, conforme sua probabilidade de ocorrência, para assim, calcular o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno;
- 5) repetir esta operação muitas vezes, até que se obtenha uma distribuição de probabilidade do Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno.

Segundo Bruni et al. (1998), o conjunto de resultados produzidos ao longo de todas as simulações poderão ser analisados estatisticamente e fornecer resultados em termos de probabilidade. Essas informações serão úteis na avaliação da dispersão do modelo causada pelo efeito combinado das variações dos dados de entrada.

### 3 MÉTODO DA PESQUISA

Este capítulo apresenta o método da pesquisa. Compreende a caracterização do município onde foi realizado o estudo, a classificação da pesquisa e a descrição do procedimento metodológico utilizado. A descrição do procedimento metodológico detalha as atividades realizadas para o desenvolvimento deste trabalho, estruturado em quatro etapas distintas de forma a atender os objetivos específicos da pesquisa.

#### 3.1 Caracterização do objeto de estudo

O município de Concórdia possui uma população aproximada de 68.627 habitantes (Censo 2010), sendo a população urbana de 54.872 habitantes e a rural de 13.755 habitantes. A área territorial total é de 781,84 km<sup>2</sup>, com a sede do município ocupando cerca de 25,40 Km<sup>2</sup>. Estes dados resultam numa densidade demográfica de 80, 65 hab. / km<sup>2</sup>, sendo 1792 hab. / km<sup>2</sup> na área urbana. A cidade está situada na mesorregião do oeste catarinense, sendo abrangida pela bacia hidrográfica do Rio Uruguai. Os acessos para a cidade são as Rodovias BR 153 e 183, e Rodovias SC 461, 463 e 465. A Figura 6 apresenta a localização da cidade de Concórdia, no estado de Santa Catarina.

Figura 6 - Mapa de Santa Catarina com a localização do município de Concórdia



Fonte: GUIANET, 2009.

Com relação a infraestrutura, o abastecimento de água no Município é feito pela CASAN - Companhia Catarinense de Água e Saneamento há aproximadamente 30 anos. Antes, porém, era realizado pela SAMAE.

Segundo informações da Prefeitura Municipal de Concórdia, a captação feita do Rio Jacutinga é de 80%, possui dois recalques e é responsável pela maior parte do suprimento de água, e em menor escala pelo Rio Suruvi que é de 20%, possui um recalque para o perímetro urbano, e são captados em torno de (380 mil m<sup>3</sup>/mês).

De acordo com o relatório anual do IBGE, em 2008, o percentual da população do perímetro urbano, abastecida com água encanada é de 95%. O restante é suprido com poços artesianos, fontes naturais e carros pipas.

O destino dos esgotos ou dos dejetos é feito basicamente através da rede pluvial. A rede de esgoto sanitário está implantada em alguns bairros. Em torno de 8% dos habitantes de Concórdia são atendidos com a coleta e tratamento de esgoto sanitário (IBGE, 2008).

Concórdia Representa a 12<sup>a</sup> economia do Estado, sendo reconhecida nacionalmente como a "Capital da Suinocultura". A principal atividade econômica é a agroindústria, dando suporte a indústria alimentícia, pecuária e comércio. Na agricultura destaca-se a produção de milho, feijão, soja, trigo, entre outros. Também merece destaque a pecuária através de pequenas e médias propriedades que produzem suínos, aves, ovinos, caprinos e alevinos (CONCÓRDIA, 2004).

### **3.1.1 Histórico dos resíduos sólidos em Concórdia**

O município de Concórdia no período de 1989 a 2002 teve a deposição final dos resíduos sólidos no Lixão, localizado em uma área da comunidade na Linha Vitória. Nesta comunidade as condições ambientais eram extremamente desfavoráveis, com intensa exalação de gases, fumaça, odores, proliferação de insetos e ratos, poluição das águas, e deficiência do sistema hídrico da região (CONCÓRDIA, 2004).

Devido a essas condições ambientais, de acordo com o Termo de Ajustamento de Conduta criado juntamente ao Ministério Público do Estado, o município obteve informações e realizou levantamentos iniciais para a implantação de um aterro sanitário. A obtenção da Licença Ambiental Prévia proporcionou estudos ambientais de áreas que poderiam se desenvolver as obras do Aterro Sanitário. Essa área foi adquirida em Lageado Crescêncio,

interior do município de Concórdia, com 48 hectares, e assim seguiu-se a elaboração do projeto e a obtenção da Licença Ambiental de Instalação (CONCÓRDIA, 2004).

Em 2001, o Ministério do Meio Ambiente aprovou o projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, a Implantação do Aterro Sanitário e o Plano Social. Atualmente o aterro sanitário opera em Lageado Crescêncio e o lixão da Linha Vitória está desativado. O antigo lixão foi recuperado, sendo que as ações de recuperação foram concluídas em maio de 2006 (CONCÓRDIA, 2004).

Figura 7 - Antigo lixão do município de Concórdia em recuperação



Fonte: Concórdia (2004).

### 3.2 Diagnóstico do atual sistema de destinação final dos RSU em Concórdia

O diagnóstico do atual sistema de destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município foi realizado com base nas informações do ano de 2011 e inclui as informações referentes à quantidade e composição dos resíduos gerados. O diagnóstico inclui também informações referentes ao atual destino destes resíduos que são de responsabilidade do município.

Destaca-se que os resíduos sólidos urbanos objetos de estudo desta pesquisa referem-se aos residenciais, comerciais e públicos, sendo que os de serviços de saúde, industriais e de

construção e demolição não foram incluídos, pois não são gerenciados pelo poder público municipal.

### **3.2.1 Descrição da quantidade dos RSU gerados na cidade**

As informações referentes à quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados pelo município foram obtidas através de entrevista e análise de documentos disponíveis para consulta junto à Fundação Municipal de Meio Ambiente de Concórdia (FUMDEMA), que é o órgão responsável pelo gerenciamento dos RSU no município de Concórdia, SC.

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Concórdia compreende a coleta seletiva dos materiais recicláveis que são destinados para uma cooperativa de catadores, e a coleta convencional dos resíduos não recicláveis que são destinados no aterro sanitário municipal.

Durante o ano de 2011 no município de Concórdia foram produzidas em média 35,00 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, equivalente a de 1.065,00 toneladas por mês, o que resulta em uma produção *per capita* (população urbana estimada para 2011 de 55.825 habitantes) por volta de 0,626 kg/hab/dia, desconsiderando os resíduos recicláveis que são coletados separadamente.

Foram utilizados os dados históricos da geração de RSU na cidade de Concórdia para a projeção futura de produção de RSU em função da geração *per capita* de RSU e da estimativa da população urbana.

De acordo com o IBGE (2010), a cidade de Concórdia teve uma taxa de crescimento da população urbana na ordem de 1,75 % ao ano, no período de 2000 a 2010, dessa forma, estima-se que a população urbana de Concórdia será crescente até 2037, ultrapassando os 87.644 habitantes.

Os dados disponíveis sobre a geração *per capita* de RSU em Concórdia estão relacionados à população urbana e a quantidade de resíduos que chegaram ao aterro, sendo desconsiderados os resíduos recicláveis. Logo, em 2011, a geração *per capita* foi de 0,626 Kg/hab/dia.

Em função da geração *per capita* e da evolução populacional, foi realizado o cálculo da projeção da produção de RSU no município de Concórdia para os próximos 25 anos, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Projeção da produção de RSU em Concórdia 2012/2033

Ano	População	Produção RSU (Kg)	Ano	População	Produção RSU (Kg)
2010	54.865 <sup>1</sup>	33.200 <sup>1</sup>	2024	69.948	43.788
2011	55.825 <sup>1</sup>	34.990 <sup>1</sup>	2025	71.172	44.554
2012	56.802	35.558	2026	72.418	45.334
2013	57.796	36.180	2027	73.685	46.127
2014	58.808	36.814	2028	74.975	46.934
2015	59.837	37.458	2029	76.287	47.756
2016	60.884	38.113	2030	77.622	48.591
2017	61.949	38.780	2031	78.980	49.442
2018	63.033	39.459	2032	80.362	50.307
2019	64.136	40.149	2033	81.769	51.187
2020	65.259	40.852	2034	83.200	52.083
2021	66.401	41.567	2035	84.656	52.994
2022	67.563	42.294	2036	86.137	53.922
2023	68.745	43.035	2037	87.644	54.865

Fontes: Concórdia (2012)<sup>1</sup> e Autora (2012)

Pelos resultados da projeção, estima-se que a geração de resíduos sólidos urbanos em Concórdia será crescente até 2033, ultrapassando 51 toneladas diárias.

### 3.2.2 Composição gravimétrica dos RSU depositados no aterro sanitário

O estudo da composição gravimétrica dos RSU depositados no aterro sanitário municipal de Concórdia foi realizado pela FUMDEMA, durante o ano de 2004, contemplando uma amostragem no verão e outra no inverno. Na terceira semana do mês de janeiro e na primeira semana do mês de setembro de 2004 foram realizadas 2 amostragens em cada roteiro da coleta convencional. Como há 3 roteiros na cidade foram realizadas 12 amostras no total, abrangendo dessa forma toda a área urbana da cidade e as sedes dos distritos.

Os resultados da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Município de Concórdia não apresentaram significativas variações entre os diferentes roteiros de coleta avaliados. Dessa maneira, os resultados apresentados são provenientes da média dos três roteiros avaliados. Assim, obteve-se como resultados médios 55,75% de resíduos orgânicos, 27,79% de materiais recicláveis e 16,47% como rejeitos.

### 3.2.3 Identificação das formas de tratamento e disposição final dos RSU

Atualmente os serviços de coleta convencional de resíduos sólidos urbanos são executados por empresa terceirizada que deve cumprir um contrato específico para execução dos serviços. A contratação dos serviços fica a cargo da secretaria de urbanismo e obras (SEMURB), enquanto a elaboração dos memoriais técnicos e descritivos assim como a fiscalização dos serviços fica sob a responsabilidade da Fundação Municipal de Defesa do Meio Ambiente (FUMDEMA).

A coleta convencional ocorre em todas as ruas do perímetro urbano da cidade além de todas as sedes dos distritos. Para o transporte são utilizados caminhões coletores compactadores com capacidade mínima de 15 m<sup>3</sup> (Figura 8).

Figura 8 – Ilustração dos coletores utilizados na coleta convencional



Fonte: Autora (2012)

A prestação do serviço de coleta seletiva de materiais recicláveis cobre 100% do município de Concórdia, área urbana e rural conforme itinerários específicos. O serviço é realizado com um veículo, caminhão tipo baú (Figura 9), contratado pela FUMDEMA e fornecido para a cooperativa de catadores de materiais recicláveis Colibri.

A cooperativa Colibri é responsável pela coleta do material. Além disso, existem catadores não cooperados que coletam materiais recicláveis em diversos bairros da cidade.

Todo o material reciclável é comprado por uma empresa do município que revende para empresas que beneficiam o material. A coleta seletiva é realizada no período diurno, entre as 07h30m e as 17h.

Figura 9 – Ilustração dos coletores utilizados na coleta seletiva



Fonte: Autora (2012)

Os serviços de varrição de rua são realizados por empresa terceirizada, através de contrato específico. O serviço é realizado na região central do município e em alguns bairros próximos, sendo que todo o itinerário previsto está dentro da bacia do Rio dos Queimados; nas outras bacias o serviço não é prestado. A varrição possui frequência diária, de segunda a sábado, nas vias de maior trânsito de veículos e pedestres (região central da cidade), e frequência semanal nas demais vias pavimentadas.

O serviço de recolhimento de resíduos de poda de árvores e afins é realizado pela prefeitura através da secretaria de urbanismo e obras (SEMURB); para tanto, existe um cronograma específico para realização dos serviços nos bairros da cidade. Os resíduos provenientes deste serviço são depositados em terreno anexo a área recuperada do antigo lixão de Linha Vitória. Todos os resíduos não recicláveis coletados são transportados pela empresa contratada para o aterro sanitário, instalado na comunidade de Lajeado Crescêncio, distante 17 km do centro da cidade, em rodovia pavimentada. A distância média percorrida pelos caminhões coletores durante o mês é de 8.500 km aproximadamente.

A implantação do aterro sanitário municipal teve início no mês de março de 2002 e foi finalizada em janeiro de 2003, tendo iniciado sua operação no dia 14 de março do mesmo ano (Figura 10).

Figura 10 – Ilustração do aterro sanitário do município de Concórdia



Fonte: Concórdia (2004)

Atualmente no aterro sanitário existem três células para a disposição de resíduos sólidos, uma célula com área da base igual a  $6.804,52 \text{ m}^2$ , outra com  $4.418,62 \text{ m}^2$  e a terceira com área de  $13.388,07 \text{ m}^2$ , ambas projetadas para uma vida útil de projeto de 20 anos.

O sistema de tratamento de líquido percolado é composto de três lagoas: duas anaeróbias e uma aerada. Toda a infraestrutura básica de sede administrativa, portaria, balança, abrigo de veículos, vestiários, sanitários e pátio para estocagem de materiais também existe/se faz presente. Além disso, no período compreendido entre os anos de 2005 e 2008, operou junto ao aterro sanitário uma usina de triagem de resíduos que funcionava no sistema de concessão para uma empresa privada.

O aterro é operado, mantido e monitorado por empresa terceirizada contratada pela prefeitura para a execução destes serviços.

### 3.3 Classificação da pesquisa

Uma das preocupações básicas dos pesquisadores, relacionada com as questões metodológicas de suas pesquisas, é a explicação sobre as características específicas dos procedimentos adequados, para a realização da pesquisa proposta.

Sendo assim, existem diversas formas de se classificar uma pesquisa, e para esta, será adotada a definição de Silva e Menezes (2001).

Para Silva e Menezes (2001) a classificação da pesquisa é definida em quatro pontos de vista de acordo com sua natureza, forma de abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos.

A pesquisa, sob o ponto de vista da natureza pode ser básica ou aplicada. Esta pesquisa é classificada como pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas, ou seja, objetiva gerar informações sobre a viabilidade econômica de um sistema para tratamento de RSU. Dessa maneira, essa pesquisa auxiliará os gestores públicos na tomada de decisão em relação à destinação dos RSU gerados no município.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, a pesquisa pode ser quantitativa ou qualitativa. Essa pesquisa, nesse sentido, é classificada como quantitativa, pois os resultados da análise da viabilidade econômica são traduzidos em números, possibilitando uma análise objetiva.

Em relação aos seus objetivos, a pesquisa pode ser descritiva, exploratória ou explicativa. Essa pesquisa é classificada como descritiva, pois descreve as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Requer o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionário e observação sistemática. Para a análise de viabilidade econômica foram levantados os gastos para a implantação e os custos de operação do sistema adotado, bem como das receitas com a agregação de valor econômico dos subprodutos.

Ao tratar dos procedimentos técnicos, este trabalho caracteriza-se, como um estudo de caso, com a coleta e o registro de informações, onde foi avaliada a viabilidade econômica da pirólise para o tratamento de resíduos sólidos urbanos gerados no município de Concórdia, SC.

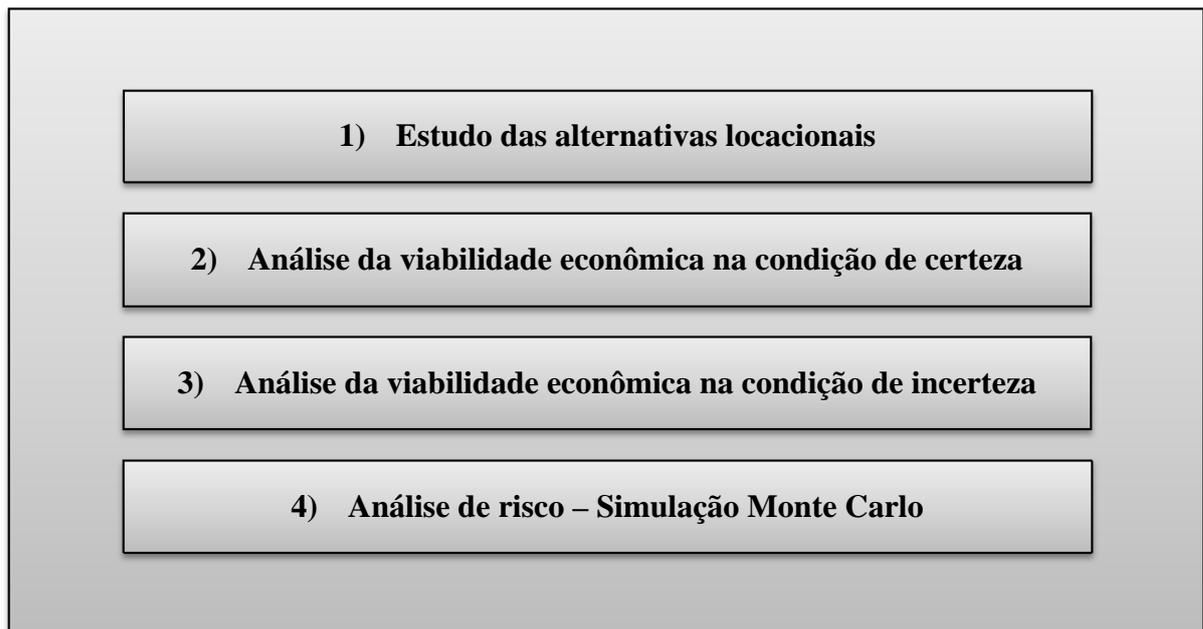
### 3.4 Procedimento Metodológico

As informações apresentadas nesta pesquisa foram coletadas em fontes primárias e fez-se uso também de fontes secundárias, através de consultas à estudos publicados, devido à dificuldade em obter determinadas informações técnicas sobre o processo da pirólise.

Contatos diretos com pessoas que trabalham ou estudam sobre o tema, análises documentais e contatos com empresas no exterior foram os principais procedimentos de coleta de dados utilizados. De acordo com Gil (2002), a obtenção de dados mediante procedimentos diversos é fundamental para garantir a qualidade dos resultados.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado um estudo estruturado em quatro etapas de maneira a atender aos objetivos específicos. A Figura 11 apresenta a estrutura metodológica contendo as etapas da pesquisa.

Figura 11 - Estrutura metodológica para desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autora (2012)

Com base na estrutura metodológica apresentada na Figura 11, a seguir são descritos os procedimentos adotados para o desenvolvimento da pesquisa.

### **Etapa 1: Avaliação das alternativas locais**

A avaliação das alternativas locais foi realizada numa primeira etapa em escritório através do estudo da cartografia existente da área (imagens de satélite, cartas do exército e fotografias aéreas), e posteriormente através da conferência das áreas selecionadas, considerando o Plano Diretor do município e com o apoio dos técnicos da prefeitura de Concórdia. As áreas pré-selecionadas deveriam satisfazer aos seguintes critérios básicos:

- 1) minimizar a possibilidade de impactos ambientais negativos aos meios físico, biótico e antrópico;
- 2) minimizar custos envolvidos;
- 3) minimizar a complexidade técnica para viabilização do sistema de pirólise;
- 4) considerar a aceitação pública.

Foram selecionadas cinco áreas potenciais para essa etapa. Essas áreas foram discutidas com os técnicos da Secretaria de Obras, prefeito em exercício e integrantes da análise do Plano Diretor do município de Concórdia.

Através da conferência em campo das áreas pré-selecionadas foi possível eliminar algumas áreas pela comparação com os itens restritivos, conforme sugestões a seguir:

- 1) distância de cursos d'água e nascentes inferiores a 200m;
- 2) distância de centros urbanos inferior a 1.000m;
- 3) distância de residência inferior a 500m;
- 4) distância de redes de alta tensão inferior a 500m;
- 5) distância de rodovias de alto tráfego (BR/SC) inferior a 200m;
- 6) áreas próximas a aeroportos;
- 7) existência de mata nativa abundante;
- 8) áreas próximas a rios, lagos, barragens de abastecimento de água.

Após a conferência em campo, foram selecionadas duas áreas potenciais para o projeto, que exigiram um estudo mais profundo, através de um diagnóstico dos meios físico, biótico e antrópico.

## **Etapa 2: Análise da viabilidade econômica na condição de certeza**

Nesta fase foram relacionados em um fluxo de caixa os investimentos em equipamentos e os gastos para construção e instalação da pirólise para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos; o custo dos materiais, equipamentos e mão-de-obra utilizados na operação; e as receitas geradas com a venda dos subprodutos, para a determinação quantitativa dos parâmetros avaliados na análise de viabilidade econômica.

Para isto, realizou-se uma pesquisa de mercado, visando compilar dados de gastos para com materiais e equipamentos utilizados na construção, mão-de-obra especializada e serviços diversos para implantação da pirólise. Também foram realizadas consultas a empresas similares e a trabalhos desenvolvidos sobre o tema, com o intuito de se obter um orçamento e estabelecer um levantamento para posterior avaliação econômica.

Para a análise de viabilidade foram avaliados os seguintes parâmetros:

- 1) investimento inicial: contemplando os gastos com projetos, construção civil, instalações e equipamentos;
- 2) custos e despesas: compreendidos pelos gastos com materiais de escritório e limpeza, contas de água, luz e telefone, pessoal, veículos, equipamentos gerais e despesas legais;
- 3) depreciação anual dos equipamentos e construções;
- 4) custos de manutenção: gastos com manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos e veículos;
- 5) impostos e tributos aplicados a este tipo de empreendimento;
- 6) preço de venda: determinação do preço de venda no mercado dos subprodutos gerados.

Após o levantamento das informações dos parâmetros de investimento inicial, custos e despesas, depreciação, impostos e o preço de venda, calculou-se a receita bruta do empreendimento.

### **1) Determinação das receitas**

Para calcular a receita da planta de pirólise, estimou-se o preço de venda da energia elétrica e do fertilizante. Para estimar o preço da energia elétrica que poderia ser vendida utilizou-se como base a bolsa eletrônica da venda de energia da CCEE – Câmara de

Comercialização de Energia Elétrica. Dessa forma, adotou-se o preço médio durante os meses de janeiro a junho de 2013. O levantamento do preço de venda do bio-carvão foi feito através de consulta a empresas do ramo da produção de bio-fertilizante na cidade de Concórdia.

A receita com a venda de energia elétrica foi determinada pela multiplicação do preço de venda pelo valor da geração de energia elétrica por tonelada de RSU da planta de pirólise, sendo o resultado dessa multiplicação o valor médio de receita por tonelada de resíduos sólidos. Assim, multiplica-se pela capacidade de produção da planta e pelo número de dias trabalhados, resultando na receita com venda de energia elétrica anualmente.

Para o cálculo da receita com a venda de fertilizantes, o preço de venda por tonelada de fertilizante foi multiplicado pelo fator de geração do subproduto, que é o rendimento de fertilizante por uma tonelada de RSU processado na planta.

## **2) Fluxo de caixa**

Para a determinação do fluxo de caixa financeiro utilizou-se uma planilha Excel, onde relacionou-se a receita bruta para cada ano da vida econômica do projeto e deduziu-se o valor dos impostos, obtendo-se a receita líquida. Após, subtrai-se os custos de produção e a depreciação, obtendo-se o lucro líquido tributável, e após a dedução do imposto de renda e da contribuição social sobre o lucro líquido, obtém-se o lucro real do empreendimento.

Baseado no investimento inicial, no tempo de vida útil e no lucro líquido da planta de pirólise, calcula-se o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de Recuperação do Investimento (*payback*). A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) considerada foi estimada como sendo o valor anual possível de ser obtido atualmente no Brasil como rentabilidade de aplicações de renda fixa.

O montante para o capital de giro foi considerado para suprir as eventuais faltas de recursos financeiros durante a diferença temporal entre pagamentos de insumos produtivos e recebimento de receitas de ativos.

O valor residual do investimento inicial foi determinado atualizando-se o investimento inicial durante a vida econômica do empreendimento e arbitrando-se uma projeção de inflação média de 2% a.a. em todo este período. Utilizou-se como previsão do valor residual 30% do investimento inicial corrigido pelo índice de inflação.

### 3) Valor Presente Líquido (VPL)

Para o cálculo do valor presente líquido (VPL), utiliza-se a seguinte equação (1):

$$VPL = I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Onde VPL é o valor presente líquido; I é o investimento de capital na data zero,  $FC_t$  representa o valor final na data t do fluxo de caixa; n é o prazo de análise do projeto; e,  $i$  é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para realizar o investimento, ou custo de capital do projeto de investimento.

### 4) Taxa Interna de Retorno (TIR)

O cálculo da TIR se faz através da determinação da taxa de juros que anula o fluxo de caixa no horizonte de tempo do projeto.

Para se determinar a Taxa Interna de Retorno (TIR) faz-se uso da fórmula (2).

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (2)$$

Onde:  $FC_t$  – valor presente das entradas de caixa;

I – investimento inicial;

t – tempo de desconto de cada entrada de caixa;

n - tempo de desconto do último fluxo de caixa.

### 5) Período de Recuperação do Capital Simples (*Payback*)

O método do *Payback* consiste na determinação do número de períodos necessários para recuperar o capital investido.

O *Payback* pode ser calculado conforme a equação 3, onde se divide o Valor do Investimento Inicial pela média do Fluxo de caixa anual:

$$PB = \frac{\text{Invest. Inicial}}{\sum FC_{\text{Ano}}} \quad (3)$$

Ao final desta fase com base nos indicadores financeiros do projeto verificou-se a viabilidade econômica da implantação da usina de pirolise em Concórdia.

### **Etapa 3: Análise da viabilidade econômica utilizando a análise de sensibilidade**

Na análise de sensibilidade buscou-se avaliar o impacto econômico da variação dos parâmetros utilizados na análise da pirólise, tais como: investimento inicial, custos, despesas e receitas. A análise de sensibilidade serviu para conhecer-se qual o cenário que tornaria o empreendimento viável economicamente.

Nesta pesquisa, a análise de sensibilidade apresenta particularmente o impacto dos pesos atribuídos aos atributos das soluções em análise, e também mostra como uma eventual variação do peso pode influenciar a mudança na decisão.

Dessa maneira foram estudados sete cenários que consideram a variação da quantidade da matéria prima, o preço de venda da energia elétrica, a redução do custo operacional e a isenção de impostos sobre a venda dos subprodutos. O Quadro 5 apresenta as características dos cenários estudados.

Quadro 5 – Características dos cenários estudados na análise de sensibilidade.

<b>Cenário</b>	<b>Característica</b>
1	Variação da quantidade de matéria prima
2	Variação do custo operacional
3	Variação da quantidade de matéria prima e do custo operacional
4	Variação do preço de venda da energia
5	Variação da quantidade de matéria prima e do preço de venda da energia
6	Isenção de impostos
7	Variação da quantidade de matéria prima e isenção de impostos

Fonte: Autora (2013).

Para cada cenário estudado foi elaborado um fluxo de caixa financeiro e calculado os indicadores de viabilidade econômica conforme metodologia descrita na etapa 2.

#### Etapa 4: Análise de Risco – Método de Simulação Monte Carlo

Foi utilizado o Método de Simulação Monte Carlo tendo como base o Fluxo de Caixa resultante dos estudos para a determinação dos parâmetros na condição de certeza para a pirólise. A simulação serviu para observar a resposta do investimento em função de possibilidades de mudanças ocorrerem no mercado, como por exemplo, o aumento ou redução do preço de matérias-primas, aumento ou redução dos gastos com equipamentos para a implantação do empreendimento.

Para cada variável que influencia o diagrama de fluxos de caixa do investimento, foi estimado um intervalo de variação. Estabeleceu-se então, uma distribuição de probabilidades correspondente e esta foi transformada em uma distribuição de probabilidades acumulada.

Foram selecionados, de forma aleatória, valores para cada variável, de acordo com as suas probabilidades de ocorrência. Após esta seleção calculou-se os indicadores de viabilidade econômica do projeto, como o valor presente líquido e a taxa interna de retorno, para cada combinação de valores obtida.

As variáveis utilizadas para o cálculo dos indicadores de viabilidade econômica foram: gastos como investimento inicial, o lucro líquido anual, a vida econômica do projeto e o valor residual do empreendimento.

Dessa maneira estimou-se que: é de 50% a probabilidade de o investimento inicial ser igual ao calculado; 15% de ser 10% maior ou menor que o calculado; e de 10% de ser 20% maior ou menor que o calculado, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de probabilidade para investimento inicial

<b>Investimento Inicial</b>		
<b>Variação do Investimento</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Distribuição Acumulada</b>
<b>20% menor</b>	10 %	10 %
<b>10% menor</b>	15 %	25 %
<b>= Calculado</b>	50 %	75 %
<b>10% maior</b>	15 %	90 %
<b>20% maior</b>	10 %	100 %

Fonte: Autora (2013).

Do mesmo modo para a determinação do lucro líquido, foi estimado que: é de 50% a probabilidade de este ser igual ao calculado com base nos resultados da análise de sensibilidade; de 15 % a probabilidade de ser 10% menor que o calculado nesta condição; e de 5% a probabilidade de ser 20% menor que o calculado.

Ainda, estimou-se que é de 10 % a probabilidade de o lucro líquido ser maior em 20% que o calculado nos cenários estudados; e por fim, é de 10% a probabilidade de o lucro líquido ser 20% maior que o calculado nesta condição (Tabela 5).

Tabela 5 - Distribuição de probabilidade para lucro líquido

<b>Lucro Líquido após Impostos</b>		
<b>Variação do Lucro Líquido</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Distribuição Acumulada</b>
<b>20% menor</b>	5 %	5 %
<b>10% menor</b>	15 %	20 %
<b>= Calculado</b>	50 %	70 %
<b>10% maior</b>	20 %	90 %
<b>20% maior</b>	10 %	100 %

Fonte: Autora (2013).

Na simulação definiu-se que a vida econômica do empreendimento poderia ser de 20, 25 e 30 anos. Estimou-se que: é de 25% a probabilidade de o empreendimento ter vida útil de 20 anos; é de 50% a probabilidade de este empreendimento durar 25 anos conforme a condição de certeza; e, é de 25% de ter duração de 30 anos conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Distribuição de probabilidade para vida econômica do empreendimento

<b>Vida Econômica do Empreendimento</b>		
<b>Período (Anos)</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Distribuição Acumulada</b>
20	25%	25 %
25	50%	75 %
30	25%	100 %

Fonte: Autora (2013).

Para o valor residual com a venda do ativo ao final de sua vida útil, definiu-se uma probabilidade de 50% para que o valor residual seja igual ao calculado na condição de certeza; ainda, definiu-se de que seja de 25% a probabilidade desse valor ser maior ou menor que o calculado, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Distribuição de probabilidade para valor residual do empreendimento

<b>Valor Residual do Empreendimento</b>		
<b>Variação do valor residual</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Distribuição Acumulada</b>
< calculado	25%	25 %
= Calculado	50%	75 %
> calculado	25%	100 %

Fonte: Autora (2013).

Uma vez definidas as variáveis de interesse para a análise de risco, a partir das suas distribuições de probabilidades são sorteados valores para cada uma destas variáveis. Este conjunto de valores amostrados constitui um cenário aleatório e novos cenários são sorteados até que se tenham estimativas precisas

A simulação foi realizada com auxílio de uma planilha Excel, através da função “aleatório”, considerando 1.000 combinações, ou seja, 1.000 rodadas de simulação, variando entre si, o lucro líquido, o valor de investimento, a vida econômica do projeto e o valor residual do ativo.

## 4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa, estruturados de forma a atender os objetivos específicos propostos. A análise de viabilidade econômica da planta de pirólise apresenta o estudo das alternativas locacionais, a análise de viabilidade na condição de certeza, a análise de sensibilidade e a análise de risco, através da Simulação Monte Carlo.

### 4.1 Avaliação das alternativas locacionais

A definição da localização de um empreendimento é uma das principais decisões que vinculará a existência e a intensidade de parcela significativa dos impactos ambientais negativos resultantes de sua instalação e operação.

A seleção de áreas foi realizada numa primeira etapa através do estudo da cartografia existente da área (imagens de satélite, cartas do exército e fotografias aéreas), e posteriormente através da conferência das áreas selecionadas, considerando o Plano Diretor do município e com o apoio dos técnicos da prefeitura de Concórdia.

As áreas pré-selecionadas devem satisfazer certos critérios básicos, como a minimização dos impactos ambientais negativos e dos custos envolvidos, a redução das intervenções necessárias ao ambiente físico de forma a atender a complexidade técnica para a viabilização do sistema de pirólise, e finalmente, a aceitação pública para implantação do projeto.

Foram selecionadas cinco áreas potenciais para conferência em campo, das quais três foram eliminadas de acordo com os itens restritivos a seguir:

- 1) distância de cursos d'água e nascentes inferiores a 200m;
- 2) distância de centros urbanos inferior a 1.000m;
- 3) distância de residência inferior a 500m;
- 4) distância de redes de alta tensão inferior a 500m;
- 5) distância de rodovias de alto tráfego (BR/SC) inferior a 200m;
- 6) áreas próximas a aeroportos;
- 7) existência de Mata Nativa abundante;
- 8) áreas próximas a rios, lagos, barragens de abastecimento de água.

Após a conferência em campo, foram selecionadas duas áreas potenciais para o projeto, que exigiram um estudo detalhado, através de um diagnóstico dos meios físico, biótico e antrópico.

A primeira área consiste no local onde existe atualmente o aterro sanitário do município, e a outra, o distrito industrial do município.

Para tanto, foi utilizado o método dos orçamentos comparados, através dos fatores locais, que avaliou entradas e saídas do sistema, sendo matéria prima e subprodutos; consumo de insumos para o processo; os fatores legais e os ambientais dos locais selecionados. O Quadro 6 apresenta o comparativo entre as alternativas em função dos fatores selecionados.

Quadro 6 – Comparação entre as alternativas avaliadas para implantação da planta de pirólise

<b>Fatores</b>	<b>Aterro sanitário</b>	<b>Distrito Industrial</b>
<b>Entradas</b>		
Aquisição da matéria prima	Distância do centro 18 km	Distância do centro 8,5 km
<b>Saídas</b>		
Mercado consumidor	Distante da rede de alta tensão da Celesc e de outras indústrias que utilizam energia	Próximo da rede de alta tensão da Celesc e de outras indústrias que utilizam energia
<b>Processo</b>		
Consumo de água	Não há variação entre as alternativas	
Consumo de energia	Não há variação entre as alternativas	
Mão de obra	Distância máxima de deslocamento de pessoal: 17Km	Distância máxima de deslocamento de pessoal: 8,5Km
Vias de transporte	Não há	Transporte público
<b>Controle Ambiental</b>		
Distância de recursos hídricos	Acima de 200 metros	Acima de 200 metros
Área inundável	Não há	Não há
Vegetação ou espécies arbóreas isoladas significativas	Mata Atlântica em estágio avançado de regeneração. Dificulta supressão para abertura da área	Área antropizada
Fauna significativa ou ameaçada de extinção	Afugentamento da fauna local. Necessária implantação de programas de monitoramento da fauna local.	Área antropizada
Resistência da comunidade local à obra ou empreendimento	Incômodos devido ao ruído e tráfego	Distrito Industrial. Já possui uma unidade de transbordo de resíduos instalada no distrito
<b>Fatores legais de uso e ocupação do solo</b>		
Vias de acesso	Estrada de terra de difícil acesso não pavimentada	Próximo BR 153
Legislação específica de uso e ocupação	Área rural	Zoneamento Industrial

Fonte: Autora (2012).

Em análise ao Quadro 9, percebe-se que a alternativa do aterro sanitário torna-se de difícil acesso quando comparada ao distrito industrial. Devido à distância do aterro sanitário do centro gerador de resíduos, o custo com transporte dos RSU aumenta, assim como também aumenta o custo da venda da energia elétrica gerada no sistema, devido ao acréscimo nos gastos de implantação, operação e manutenção da infraestrutura da rede de transmissão.

Quanto aos insumos para o processo, não há significativas alterações entre as alternativas, porém quando se trata de mão de obra, no caso do aterro sanitário é preciso deslocar as pessoas até o local de trabalho. Para o distrito industrial já existe transporte coletivo partindo de vários pontos da cidade e diversos horários.

Em relação ao meio ambiente, o distrito industrial encontra-se totalmente antropizado, oferecendo toda a infraestrutura necessária para a implantação de empreendimentos industriais. A área do aterro sanitário apresenta vegetação do Bioma Mata Atlântica em estágio secundário de regeneração, o que restringe o uso do solo. E ainda, impactos ambientais relacionados ao afugentamento da fauna e desfragmentação de habitats, e a remoção da vegetação, neste caso, com presença de espécies ameaçadas de extinção, como é o caso da *Araucaria angustifolia*, podem ser identificados em análise prévia do local.

Quanto aos fatores legais de uso e ocupação do solo, o acesso também restringe a área do aterro sanitário como melhor alternativa. O único acesso se dá por estrada de terra não pavimentada por um trecho de 1.200 metros, até a estrada municipal de Engenho Velho, esta com revestimento asfáltico. Enquanto o distrito industrial situa-se as margens da BR 153, acesso aos estados do Rio Grande do Sul e Paraná.

O zoneamento definido no Plano Diretor do Município de Concórdia não define usos para as áreas rurais; logo, a área do aterro sanitário não se enquadra no zoneamento industrial para implantação de empreendimentos como este caso.

Sendo assim, qualitativamente considerando-se os fatores avaliados, a área do distrito industrial apresenta melhores condições para implantação da planta de pirólise, sendo o local mais adequado para esta atividade, pois é afastado das aglomerações urbanas, possui fácil acesso, distante 8 km do centro da cidade e já dispõem de redes de infraestrutura para a instalação da planta industrial, visto ainda o menor custo com deslocamentos, fornecimento de insumos e mão de obra, e a minimização dos impactos ambientais.

Para a implantação da planta de pirólise é necessário atender as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual não se opõe ao uso de tecnologias visando a

recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e de que haja a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental (BRASIL, 2010).

O empreendimento deverá também ser submetido à análise do órgão ambiental fiscalizador do estado de Santa Catarina (FATMA). Deverá ser solicitada a Licença Ambiental Prévia (LAP) para análise da viabilidade locacional do empreendimento. Sendo considerado viável, pode-se solicitar em seguida a Licença Ambiental de Instalação (LAI), a qual autorizará a implantação do empreendimento e toda sua estrutura de suporte operacional.

Após a conclusão das obras de instalação da planta de pirólise, deverá ser solicitada a Licença Ambiental de Operação (LAO) para que o empreendimento possa iniciar sua operação, conforme condicionantes impostas pelo órgão ambiental.

A incorporação do estudo locacional como rotina do planejamento para a implantação de uma planta de pirólise poderá representar um diferencial significativo para se buscar a melhor alternativa para otimizar os recursos financeiros e o tempo da implantação, visto os custos normalmente elevados para a mitigação dos impactos ambientais associados. E ainda considerando as variáveis ambientais é possível direcionar a escolha da melhor alternativa para a agilização do processo de licenciamento ambiental da obra e sua implantação. O conhecimento prévio das questões restritivas ou impeditivas poderá ser um elemento chave para a tomada de decisão.

#### **4.2 Análise econômica na condição de certeza**

Para a avaliação econômica do projeto foram relacionados em um fluxo de caixa os investimentos em equipamentos e os gastos para construção e instalação da pirólise para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos, bem como o custo dos materiais e mão-de-obra utilizados na operação, além das receitas geradas com a venda dos subprodutos. Com estes parâmetros, determinaram-se os indicadores da viabilidade econômica do empreendimento.

Como parte da avaliação econômica, a pesquisa inclui uma análise dos custos e da eficiência da planta para o tratamento térmico através da pirólise. O gasto com investimento e o custo operacional para plantas de pirólise varia por tonelada de RSU processada, dependendo da dimensão da instalação e dos produtos desejados na saída do sistema.

Os valores de gastos para a implantação e operação foram obtidos através de pesquisas de mercado, análise de informações financeiras e entrevistas com especialistas da indústria, sendo que partes destas informações são provenientes do exterior, visto que não há fornecedor nacional. Foram compilados dados de gastos com materiais e equipamentos utilizados na construção, mão-de-obra especializada e serviços diversos para implantação da pirólise.

#### **4.2.1.1 Investimento inicial**

O investimento inicial para o projeto foi determinado através do dimensionamento do equipamento para atender a demanda de geração de RSU do município. Devido à dificuldade em obter-se o gasto real dos equipamentos, a comparação com outros equipamentos semelhantes foi utilizada.

O investimento inicial, visando implantar o sistema de pirólise, é composto por gastos com projetos, licenças ambientais, construção civil e instalação dos equipamentos que compõem o sistema. Sendo o empreendimento instalado no distrito industrial do município, não haverá custo com aquisição de terreno, pois a prefeitura já dispõe da área necessária para o projeto.

A empresa italiana *Maim Engineering* oferece plantas de pirólise em módulos descentralizados com capacidade de 47 toneladas por dia cada módulo, ocupando uma área de 7.500,00 m<sup>2</sup>. Esta empresa atua em parceria com a Innova Energias Renováveis no Brasil, e tem adotado esta estratégia de gestão de resíduos sólidos, desenvolvendo estudos, após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Porém, até o momento nenhuma planta de pirólise foi implantada no Brasil.

Nesta pesquisa adotou-se a concepção da planta de pirólise desenvolvida pela empresa italiana *Maim Engineering*, estabelecendo-se este estudo de viabilidade econômica para uma planta com capacidade para 47 toneladas de resíduos orgânicos por dia.

#### **1) Gastos com equipamentos**

O custo de um módulo do reator de pirólise com capacidade para 47 toneladas por dia foi elaborado a partir de estudos já realizados sobre o assunto, orçamentos não detalhados de

empresas que fornecem o equipamento e também por entrevistas com pessoas que já tiveram contato com empreendimentos semelhantes. A taxa cambial considerada foi de R\$ 1,99.

O custo total da unidade foi dividido em duas partes distintas: a segregação de resíduos, contemplando uma mesa de triagem com esteiras, sendo a operação de separação dos resíduos realizada manualmente; e o reator de pirólise, que é uma espécie de forno onde o resíduo é aquecido até temperatura de operação e transformado quimicamente em subprodutos, incluindo o sistema de geração de vapor e energia, onde o gás e o bio-óleo que são liberados do reator de pirólise são transformados em energia elétrica.

O gasto para aquisição e instalação do sistema de segregação de resíduos foi estimado em R\$ 111.000,00 através de levantamento de dados locais, e inclui uma mesa de triagem e esteiras.

Para Ringer et al (2006) uma unidade de pirólise com capacidade para 47 toneladas por dia de biomassa tem um custo aproximado de U\$\$ 3.939.454,55. Dessa maneira, multiplicando-se pela taxa cambial de R\$ 1,99 teremos um custo aproximado de R\$ 7.839.514,55. Esse valor é equivalente ao de outros estudos e de pesquisas informais de mercado.

Uma planta de pirólise rápida para processamento de resíduos de pneus está sendo instalada na cidade de Cuiabá. O gasto com investimento inicial para uma unidade com capacidade de 620 kg/h foi contabilizado em U\$\$ 1.000.000,00. Logo, considerou-se para este estudo, uma planta com capacidade de 2500 kg/h um gasto de R\$ 8.024.193,55.

## **2) Gastos com importação**

Também no investimento inicial são computados os gastos com importação, visto que não há empresas no Brasil que fornecem tal equipamento.

Os custos de importação compreendem componentes que fazem parte do transporte, da taxa de importação, do despacho aduaneiro e do custo do pedido, que neste caso incidem sobre a pirólise, pois o sistema de triagem pode ser montado com tecnologia nacional.

Mediante a análise dos itens sobre a estimativa de custos para a importação, apresenta-se uma síntese dos componentes de custos a serem observados e computados no investimento inicial da planta de pirólise, de origem Italiana, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Custos de importação da planta de pirólise Itália - Brasil

<b>Dados considerados</b>	<b>Alíquota</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Custo da pirólise na Itália		8.024.193,55
Frete Internacional (marítimo) Itália – Brasil	8%	641.935,48
Seguro Internacional	1,2%	96.290,32
Imposto de Importação (II)	14%	1.226.738,71
Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI)	0	0
Despesas Aduaneiras (AFRMM+SISCOMEX+ARMAZENAGEM+ CAPATAZIA+DESPACHANTE ADUANEIRO+TRANSPORTE INTERNO+DESPESAS BANCÁRIAS+DESPESAS DE FRETE NO DESTINO+CUSTOS INDIRETOS)	5%	499.457,90
Contribuição Federal PIS	1,65%	173.062,16
Contribuição Federal COFINS	7,60%	797.134,81
<b>SUBTOTAL</b>		<b>11.458.812,94</b>
Base de cálculo ICMS (subtotal divide pelo fator de integração de 0,96)		11.936.263,48
ICMS (Santa Catarina)	4%	477.450,54
	<b>Total (R\$)</b>	<b>11.936.263,48</b>

Fonte: Autora, (2013).

Os valores dos impostos para definição do custo de importação foram obtidos em planilhas disponíveis para consulta na Receita Federal, e a composição do cálculo foi obtida através de uma publicação do SEBRAE/MG (2005) sobre importação.

### 3) Gastos com implantação

Os custos com projetos civis e a execução da construção civil, assim como também o projeto de licenciamento ambiental não foram computados para o cálculo dos custos de importação.

Os projetos de engenharia para as instalações terão um custo aproximado de R\$ 46.000,00, já com a aprovação da prefeitura, vigilância sanitária e corpo de bombeiros, preços praticados por empresas de engenharia da cidade, sendo o custo unitário de R\$ 23,00/ m<sup>2</sup>.

Para o licenciamento ambiental, conforme Resolução Consema 13/2012, o empreendimento enquadra-se como pequeno porte e potencial poluidor grande, resultando na necessidade de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA para o licenciamento. Nesse caso, o custo para o estudo ambiental e demais documentos do licenciamento será de R\$ 147.000,00, valor orçado por empresa de consultoria ambiental de Concórdia.

Ainda na parte de licenciamento ambiental, as taxas de análise e vistoria do órgão ambiental estadual – FATMA contribuem com um valor de R\$ 45.809,77, conforme tabela de preços praticados pela FATMA.

A execução da construção civil, compreendendo um barracão para depósito, áreas de escritório, sanitários e vestiários, área de atendimento de clientes e fornecedores, e também área impermeável para instalação da planta de pirólise, parcialmente coberta, soma um montante de R\$ 1.400.000,00, considerando R\$ 700,00/m<sup>2</sup> de área construída, valores praticados por empresas de construção civil de Concórdia.

#### 4) Gastos com investimento inicial

A Tabela 9 apresenta os gastos com investimento inicial para implantação de uma planta com capacidade para 47 toneladas diárias.

Tabela 9 – Custos de capital inicial para uma planta de pirólise de 47 toneladas

<b>Ativos de Capital Inicial</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Aquisição de terreno (7.500,00 m <sup>2</sup> )	0,00
Projetos de engenharia e licenças ambientais	238.809,77
Construção civil 2000 (m <sup>2</sup> )	1.400.000,00
Unidade de pirólise 47 t/dia	11.936.263,48
Unidade de segregação de resíduos	111.000,00
<b>Total R\$</b>	<b>13.686.073,25</b>

Fontes: Autora (2013)

Dessa maneira, o gasto com investimento inicial para implantação da planta de pirólise em Concórdia será de R\$ 13.686.073,25, conforme apresentado na Tabela 9.

#### 4.2.1.2 Custos operacionais

Além do investimento inicial, o sistema tem custos de operação composto pelo custo da matéria prima, custos com insumos gerais (materiais de escritório e limpeza, contas de água, luz e telefone), mão de obra, veículos, equipamentos gerais e despesas legais.

O custo da matéria prima foi obtido com a Prefeitura de Concórdia, através do Fundo Municipal de Meio Ambiente – FUMDEMA, órgão responsável pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Concórdia.

O FUMDEMA possui um monitoramento dos custos operacionais do aterro sanitário, sendo que o custo da coleta dos resíduos sólidos é computado por Km rodado por cada caminhão coletor. Em 2011, esse custo foi de R\$ 1.034.523,58. Este valor foi adotado como custo da matéria prima para este estudo, pois não há custo direto com aquisição de matéria prima; porém, a prefeitura continuaria com a responsabilidade pela coleta e destinação até a planta de pirólise.

O custo dos insumos e despesas administrativas, indicados como custo operacional variável no fluxo de caixa, foi obtido através da literatura em estudos internacionais sobre a viabilidade de sistemas semelhantes, sendo de aproximadamente 6,5% do capital investido, segundo Carta et al (2012), totalizando R\$ 912.397,00 anualmente.

O custo da manutenção também foi obtido através da literatura, o qual é de aproximadamente 4,5% do capital investido, conforme Carta et al (2012), totalizando R\$ 631.660,00 por ano, apontado como custo operacional fixo na planilha do fluxo de caixa do empreendimento (Apêndice 1).

Dessa maneira, o custo operacional parcial, considerando a matéria prima, o custo para coleta dos resíduos sólidos urbanos, e custo com insumos e outras despesas da planta de pirólise e os custos de manutenção, totaliza um montante de R\$ 1.987.993,38 ao ano, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Custos operacionais para uma planta de 47 toneladas diárias

<b>Parâmetros Operacionais</b>	<b>Valor Anual (R\$)</b>
Matéria prima (RSU) coleta convencional <sup>1</sup>	1.034.523,58
Insumos e outras despesas 6,5% capital <sup>2</sup>	912.397,00
Manutenção 4,5% do capital <sup>2</sup>	631.660,00
<b>Total R\$</b>	<b>2.578.580,58</b>

Fonte: Adaptado de Concórdia (2011)<sup>1</sup> e Carta et al (2012)<sup>2</sup>

Custos operacionais fixos compostos por pessoal foram determinados com base nos salários para operação da unidade e foram estimados através dos valores praticados na região para cada profissional, considerando a operação da planta em três turnos de 8 horas por dia.

A Tabela 11 apresenta os salários e o número de funcionários necessários para a operação da planta de pirólise com capacidade para 47 toneladas de resíduos por dia.

Tabela 11 – Custo de mão-de-obra para operação da planta de pirólise

<b>Profissional</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Salário mensal Unitário (R\$)</b>	<b>Salário anual (R\$)</b>
Supervisor de Manutenção	1	3.416,00	41.000,00
Engenheiro da Planta	1	3.291,66	39.500,00
Técnico de Manutenção	6	800,00	57.600,00
Operador de Produção	21	698,83	176.106,00
Assistente administrativo	2	1.012,25	24.300,00
		<b>Subtotal R\$</b>	<b>338.506,00</b>
		Encargos 85%	287.730,10
		<b>Total R\$</b>	<b>626.236,10</b>

Fonte: Autora, (2013).

O custo de mão-de-obra para operação da planta de pirólise foi estimado como descrito na Tabela 11 e resultou em um custo de mão de obra direta de R\$ 338.506,00.

Os encargos sociais levam em conta impostos e contribuições como INSS (Instituto Nacional de Seguro Social), SESI (Serviço Social da Indústria), SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Social), INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), SEBRAE (Serviço de Apoio à Pequena e Média Empresa), Salário Educação, Seguro Contra Acidentes de trabalho, FGTS (Fundo de Garantia por Tempo Serviço).

Os encargos trabalhistas são formados pela provisão de férias, 13º salário, descanso semanal remunerado, acidente de trabalho, auxílio doença (enfermidade), licença maternidade/paternidade, faltas justificadas (abonadas legalmente) e aviso prévio.

A soma da incidência destes encargos sobre o salário varia de 70 % a 100% dependendo do tipo de indústria e das condições de trabalho dos operários. Para este estudo será arbitrado o valor médio entre estes percentuais, resultando no índice de 85%.

Dessa maneira, os custos operacionais fixos compostos por pessoal resultam em um montante de R\$ 626.236,10 ao ano.

#### 4.2.1.3 Depreciação

Para o cálculo de depreciação tomou-se por base a Instrução Normativa SRC nº 162 de 31 de dezembro de 1998 da Secretaria da Receita Federal, onde consta o prazo de vida útil para cada bem. Após determinar o custo unitário de um bem, faz-se a divisão do seu custo pela vida útil.

De acordo com as características da maioria dos equipamentos do projeto, o prazo de vida útil para o cálculo anual da depreciação foi estimado em 10 anos. Já as edificações possuem uma vida útil de 25 anos de acordo com a SRC 162 de 31/12/98. A Tabela 12 apresenta os itens da planta e o prazo de vida útil de cada item.

Tabela 12 – Depreciação dos itens que compõem a planta de pirólise

Item	Custo Unitário (R\$)	Vida Útil (anos)	Depreciação Anual (R\$)
Equipamentos	12.047.263,00	10	1.204.726,30
Edificações	1.400.000,00	25	56.000,00

Fonte: Autora, (2013).

Dessa maneira, a planta de pirólise terá um custo anual com depreciação de R\$ 1.260.726,30 nos primeiros dez anos, a após o décimo ano, este custo será de R\$ 56.000,00, até o final da vida útil do projeto, considerado de 25 anos.

#### 4.2.1.4 Preço de venda

Para estimar o preço da energia elétrica que poderia ser vendida utilizou-se como base a bolsa eletrônica da venda de energia da CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Durante o primeiro semestre de 2013, a energia foi vendida por um preço que oscilou entre R\$ 196,13/MWh a R\$ 413,95/MWh. Para este estudo adotou-se a média de janeiro a junho de 2013 de R\$ 285,55/MWh.

O levantamento do preço de venda do bio-carvão foi obtido através de consulta a empresas do ramo da produção de bio-fertilizante na cidade de Concórdia, sendo o mesmo comercializado a R\$ 125,00 por tonelada.

#### 4.2.1.5 Receita Bruta

Com base na pesquisa de preço de venda dos subprodutos gerados pela planta de pirólise e os dados de produção de resíduos sólidos urbanos, realizou-se o cálculo da receita bruta para o sistema pesquisado.

A Tabela 13 apresenta o levantamento da receita bruta para o sistema de pirólise operando em sua capacidade máxima.

Tabela 13 – Receita bruta com a venda dos subprodutos da pirólise de RSU para uma planta de 47 t/dia

<b>Capacidade equipamento</b>	<b>Eficiência</b>	<b>Preço</b>	<b>Receita Bruta</b>
47 t RSU /dia	1t RSU = 1 MW	285,55/MWh	4.428.880,50
5,64 t bio-carvão /dia	1t RSU = 120 Kg bio-carvão	125,00/t	246.750,00
<b>Total Receita Bruta R\$</b>			<b>4.675.630,50</b>

Fonte: Autora (2013).

Para calcular a receita da planta de pirólise, o preço de venda de R\$ 285,55 por MWh de energia foi multiplicado pelo valor da geração de energia elétrica por tonelada de RSU da planta de 1,0MWh/t; o resultado dessa multiplicação é o valor médio de receita por tonelada de resíduos sólidos. Assim, multiplica-se pela capacidade de produção da planta de 47 toneladas diárias (capacidade máxima), resultando numa receita de R\$ 4.428.880,50 com venda de energia elétrica anualmente.

Para o cálculo da receita com a venda de fertilizantes, o preço de venda de R\$ 125,00 por tonelada de fertilizante foi multiplicado pelo fator de 12%, que é o rendimento de fertilizante por uma tonelada de RSU processado na planta. Logo, a receita deste subproduto é de R\$ 246.750,00 anualmente.

Dessa maneira, a receita total da planta da pirólise será de R\$ 4.428.880,50 anualmente, considerando sua operação durante 330 dias e com sua capacidade total de 47 toneladas diárias.

Para o estudo, a planta seria instalada em Concórdia e a geração de resíduos orgânicos para alimentação do sistema é inferior a 47 toneladas. O Quadro 7 apresenta a receita bruta proveniente da geração de energia elétrica e de fertilizantes do processamento da fração orgânica dos resíduos gerados em Concórdia.

O estudo de gravimetria realizado pela FUMDEMA identificou que 56% dos resíduos que são enviados ao aterro sanitário são resíduos orgânicos. Esse percentual foi utilizado para a composição da receita bruta real da planta, de acordo com a projeção de produção de resíduos para a cidade.

Dessa maneira, o cálculo da receita bruta foi realizado de acordo com o procedimento já apresentado, porém considerando o volume de RSU estimado para a cidade de acordo com a projeção de resíduos apresentada na o item caracterização do objeto de estudo.

Quadro 7 – Receita bruta com a venda da geração dos subprodutos da pirólise de RSU para Concórdia

Ano	Produção RSU (t)	Orgânicos (t)	56%	Receita Bruta		
				Energia	Fertilizante	Total Anual
2013	36,18	20,26		R\$ 1.909.224,95	R\$ 100.291,98	R\$ 2.009.516,93
2014	36,81	20,62		R\$ 1.942.636,39	R\$ 102.047,09	R\$ 2.044.683,48
2015	37,46	20,98		R\$ 1.976.632,53	R\$ 103.832,91	R\$ 2.080.465,44
2016	38,11	21,34		R\$ 2.011.223,60	R\$ 105.649,99	R\$ 2.116.873,58
2017	38,78	21,72		R\$ 2.046.420,01	R\$ 107.498,86	R\$ 2.153.918,87
2018	39,46	22,10		R\$ 2.082.232,36	R\$ 109.380,09	R\$ 2.191.612,45
2019	40,15	22,48		R\$ 2.118.671,43	R\$ 111.294,24	R\$ 2.229.965,67
2020	40,85	22,88		R\$ 2.155.748,17	R\$ 113.241,89	R\$ 2.268.990,07
2021	41,57	23,28		R\$ 2.193.473,77	R\$ 115.223,63	R\$ 2.308.697,39
2022	42,29	23,68		R\$ 2.231.859,56	R\$ 117.240,04	R\$ 2.349.099,60
2023	43,03	24,10		R\$ 2.270.917,10	R\$ 119.291,74	R\$ 2.390.208,84
2024	43,79	24,52		R\$ 2.310.658,15	R\$ 121.379,35	R\$ 2.432.037,50
2025	44,55	24,95		R\$ 2.351.094,67	R\$ 123.503,48	R\$ 2.474.598,15
2026	45,33	25,39		R\$ 2.392.238,82	R\$ 125.664,80	R\$ 2.517.903,62
2027	46,13	25,83		R\$ 2.434.103,00	R\$ 127.863,93	R\$ 2.561.966,93
2028	46,93	26,28		R\$ 2.476.699,81	R\$ 130.101,55	R\$ 2.606.801,36
2029	47,76	26,74		R\$ 2.520.042,05	R\$ 132.378,33	R\$ 2.652.420,38
2030	48,59	27,21		R\$ 2.564.142,79	R\$ 134.694,95	R\$ 2.698.837,74
2031	49,44	27,69		R\$ 2.609.015,29	R\$ 137.052,11	R\$ 2.746.067,40
2032	50,31	28,17		R\$ 2.654.673,06	R\$ 139.450,52	R\$ 2.794.123,58
2033	51,19	28,66		R\$ 2.701.129,83	R\$ 141.890,90	R\$ 2.843.020,74
2034	52,08	29,17		R\$ 2.748.399,61	R\$ 144.373,99	R\$ 2.892.773,60
2035	52,99	29,68		R\$ 2.796.496,60	R\$ 146.900,54	R\$ 2.943.397,14
2036	53,92	30,20		R\$ 2.845.435,29	R\$ 149.471,30	R\$ 2.994.906,59
2037	54,87	30,72		R\$ 2.895.230,41	R\$ 152.087,05	R\$ 3.047.317,45

Fonte: Autora (2013).

De acordo com o Quadro 7, estima-se que a geração de resíduos sólidos urbanos em Concórdia será crescente até 2037, ultrapassando 54 toneladas diárias. Porém, para o processo de pirólise, considera-se a fração orgânica do RSU, equivalente a 56% do total estimado.

#### 4.2.1.6 Impostos

Para calcularem-se os impostos incidentes sobre a produção de energia elétrica e fertilizantes através da planta de pirólise optou-se por obter estas informações de uma assessoria contábil.

Dessa maneira, os impostos que devem ser computados na análise de viabilidade com suas respectivas alíquotas são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Alíquota dos impostos incidentes sobre a operação da planta de pirólise

Imposto	Alíquota (%)	
	Energia Elétrica	Fertilizante
IPI	0	N.T (Não tributável)
PIS	1,65%	0
COFINS	7,60%	0
ICMS	25%	12%
IR	15% + 10% adicional acima R\$ 20.000,00/mês	
CSLL	9%	

Fonte: Receita Federal (2013).

O imposto sobre produtos industrializados (IPI) incide sobre produtos industrializados, nacionais e estrangeiros. Suas disposições estão regulamentadas pelo Decreto 7.212/2010 (RIPI/2010).

De acordo com o Decreto 7.212/2010 a energia elétrica é considerada imune à incidência do IPI, e o fertilizante, de acordo com a Tabela de Incidência do IPI não é tributável.

O imposto PIS/PASEP - Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público e o imposto COFINS - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social são tributos federais regulamentados pela Lei nº 11.196, de 2005, arts. 28 a 30 e Decreto nº 5.602, de 2005. Ficam reduzidas a zero as alíquotas da contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS, incidentes na importação e na comercialização de adubos e fertilizantes agrícolas.

Com a vigência da Lei 10.637/2002, a partir de 01.12.2002, com exceções específicas, foi instituído o regime não cumulativo do PIS para as empresas optantes pelo lucro real. A alíquota geral do PIS não cumulativo é de 1,65% e a alíquota geral da COFINS não cumulativa é de 7,6% incidentes sobre a receita bruta da venda de energia elétrica.

O ICMS (imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação) é de competência dos Estados e do Distrito Federal. Sua regulamentação constitucional está prevista na Lei Complementar 87/1996 (a chamada “Lei Kandir”), alterada posteriormente pelas Leis Complementares 92/97, 99/99 e 102/2000.

De acordo com a Tabela de Alíquota do ICMS nos Estados Brasileiros, a energia elétrica possui alíquota de 25% e o fertilizante de 12% em Santa Catarina.

Para o caso da planta de pirólise, a alíquota do imposto de renda em vigor desde o ano-calendário 1996 é de 15% (quinze por cento) sobre o lucro real, e ainda a parcela do lucro real que exceder ao resultado da multiplicação de R\$20.000,00 (vinte mil reais) pelo número dos meses do respectivo período de apuração sujeita-se à incidência do adicional, à alíquota de 10% (dez por cento). O imposto de renda no Brasil é regulamentado pelo Decreto nº 3000, de 26 de março de 1999.

A contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL ou CSSL) foi instituída pela Lei 7.689/1988. Aplicam-se à CSLL as mesmas normas de apuração e de pagamento estabelecidas para o imposto de renda das pessoas jurídicas, mantidas a base de cálculo e as alíquotas previstas na legislação em vigor (Lei 8.981, de 1995, artigo 57), sendo considerada de 9% (nove por cento), calculada sobre o lucro real.

#### **4.2.1.7 Avaliação econômica da planta de pirólise**

Neste item foi analisado o fluxo financeiro do empreendimento no período de 25 anos para o sistema de pirólise para tratamento de RSU do município de Concórdia.

Para a determinação do fluxo financeiro relacionou-se a receita bruta para cada ano e deduziu-se o valor dos impostos (IPI, ICMS, PIS E COFINS), com as alíquotas apresentadas na Tabela 14, obtendo-se a receita líquida. Após, subtrai-se os custos de produção e a depreciação, obtendo-se o lucro líquido tributável, e após a dedução do imposto de renda e da contribuição social sobre o lucro líquido, obtém-se o lucro real do empreendimento.

Baseado no investimento inicial, no tempo de vida útil e no lucro líquido da planta de pirólise, calcula-se o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Anual Uniforme (VA). A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) considerada foi de 6,00%, estimada como sendo o valor máximo anual possível de ser obtido no Brasil calculado pela diferença entre a rentabilidade de aplicações de renda fixa e a taxa de inflação.

O montante para o capital de giro foi considerado para suprir as eventuais faltas de recursos financeiros durante a diferença temporal entre pagamentos de insumos produtivos e recebimento de receitas de ativos.

Dessa forma considerou-se que o empreendimento trabalhará 15 dias com dinheiro em caixa ao ano; e ainda financiamento das vendas para 30 dias e pagamento dos fornecedores à

vista. Sendo assim, para a análise na condição de certeza o capital de giro foi estimado em R\$ 350.805,00.

O valor residual do investimento inicial foi determinado atualizando-se o investimento inicial durante a vida econômica do empreendimento (25 anos) arbitrando-se uma projeção de inflação média de 2% a.a. em todo este período. A atualização do investimento inicial foi determinada:  $(1 + 0,02)^{25} \times \text{R\$ } 14.036.878,00 = \text{R\$ } 23.020.479,92$

Utilizou-se como previsão do valor residual 30% do investimento inicial corrigido pelo índice de inflação de 2% a.a.:  $30\% \times \text{R\$ } 23.020.479,92 = \text{R\$ } 6.906.143,98$ .

Dessa forma, o resultado da venda do ativo ao final de sua vida útil será de R\$ 6.906.143,98, equivalente a 30% do capital investido em equipamentos e construções.

O Quadro 8 apresenta o fluxo de caixa para a planta de pirólise de resíduos sólidos urbanos para a cidade de Concórdia.

Quadro 8 - Fluxo financeiro para planta de pirólise de RSU para a geração de resíduos de Concórdia

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento							
Descrição	0	1	2	3	4	5	25
<b>Receita Bruta</b>		<b>2.009.517</b>	<b>2.044.683</b>	<b>2.080.465</b>	<b>2.116.874</b>	<b>2.153.919</b>	<b>3.047.317</b>
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		427.022	434.495	442.099	449.836	457.708	647.555
<b>(=) Receita Líquida</b>		<b>1.582.495</b>	<b>1.610.188</b>	<b>1.638.367</b>	<b>1.667.038</b>	<b>1.696.211</b>	<b>2.399.762</b>
(-) Custo Variável de Produção		1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		<b>-1.622.322</b>	<b>-1.594.628</b>	<b>-1.566.450</b>	<b>-1.537.778</b>	<b>-1.508.605</b>	<b>-805.054</b>
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		<b>-1.622.322</b>	<b>-1.594.628</b>	<b>-1.566.450</b>	<b>-1.537.778</b>	<b>-1.508.605</b>	<b>-805.054</b>
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		<b>-2.883.048</b>	<b>-2.855.354</b>	<b>-2.827.176</b>	<b>-2.798.505</b>	<b>-2.769.332</b>	<b>-861.054</b>
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	6.906.144
<b>(=) Lucro Tributável</b>		<b>-2.883.048</b>	<b>-2.855.354</b>	<b>-2.827.176</b>	<b>-2.798.505</b>	<b>-2.769.332</b>	<b>6.045.090</b>
IR/CSLL							1.450.822
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		<b>-1.622.322</b>	<b>-1.594.628</b>	<b>-1.566.450</b>	<b>-1.537.778</b>	<b>-1.508.605</b>	<b>-2.255.875</b>
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>		<b>14.036.878</b>					
(+) Liberação Financiamento		0					
(+) Valor Residual							6.906.144
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>		<b>-14.036.878</b>	<b>-1.622.322</b>	<b>-1.594.628</b>	<b>-1.566.450</b>	<b>-1.537.778</b>	<b>4.650.269</b>
Taxa Interna de Retorno =		#NÚM!		TMA	6,00%		
Valor Presente Líquido=		(R\$29.885.439,15)		IR/CSLL	24%		
Valor Anual =		(R\$4.060.473,60)		V. Residual:	30%		

Fonte: Autora (2013).

Com base no fluxo de caixa do empreendimento (Quadro 8) ao longo de 25 anos foi possível observar que o empreendimento não é viável se instalado e operado nas condições estudadas, pois o custo operacional somado aos impostos torna-se superior à receita bruta com a venda de energia elétrica e fertilizante, apresentando prejuízo anual de aproximadamente R\$

1.600.000,00 nos primeiros anos. Esse resultado negativo tende a diminuir ao longo da vida econômica do projeto, devido ao aumento de produção, porém não viabiliza o projeto.

Se o investidor conseguisse um empréstimo de 70% do valor do investimento inicial do BNDS a juros de 9% a.a. para pagamento em 20 anos, o projeto também não seria viável. O Quadro 9 apresenta os indicadores financeiros para o fluxo de caixa do empreendimento e do investidor.

Quadro 9 – Indicadores financeiros da viabilidade econômica do projeto

Fluxo de caixa	Indicadores Financeiros				
	TMA	VPL	TIR	VA	Payback
<b>Empreendimento</b>	6,00%	R\$ -29.885.439,15	-	R\$ - 4.060.473,60	-
<b>Investidor</b>	6,00%	R\$ -33.151.218,60	-	R\$ - 4.504.188,38	-

Fonte: Autora (2013).

De acordo com a análise dos indicadores financeiros (Quadro 9), o fluxo de caixa do empreendimento e do investidor não são viáveis economicamente, pois o VPL apresenta-se negativo, portanto não há taxa de retorno do investimento.

No Apêndice 1, apresenta-se a planilha completa do fluxo financeiro do empreendimento e do investidor para a planta de pirólise de RSU para um investimento com 25 anos de vida útil.

### 4.3 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade avalia o impacto econômico da variação dos parâmetros utilizados na análise do projeto, tais como: investimento inicial, custos, despesas e receitas.

Nesta pesquisa, a análise de sensibilidade apresenta particularmente os requisitos para a viabilidade do empreendimento, em função da possível variação de parâmetros como a capacidade de produção e preço final de venda. Dessa forma o impacto dos pesos atribuídos aos atributos das soluções em análise também mostra como uma eventual variação do peso pode influenciar a mudança na decisão.

Dessa forma, foram estudados sete cenários, avaliando-se os impactos que a variação do preço de venda da energia e a capacidade de produção, entre outras variáveis, podem interferir na viabilidade do empreendimento.

### a) Primeiro cenário

O primeiro cenário estudado considera a implantação da planta de pirólise pela Prefeitura de Concórdia, porém, devido ao elevado custo operacional, optou-se por avaliar economicamente com a planta operando em sua capacidade máxima, ou seja, processando 47 toneladas diárias de resíduos sólidos orgânicos.

Dessa forma, estudou-se a possibilidade da implantação de um sistema integrado de gestão de resíduos sólidos urbanos com Concórdia e os municípios vizinhos, onde as prefeituras vizinhas entregariam os resíduos na planta de pirólise, arcando com o custo do transporte. O Quadro 10 apresenta o fluxo de caixa do empreendimento para o primeiro cenário.

Quadro 10 – Fluxo de caixa do empreendimento do primeiro cenário

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento							
Descrição	0	1	2	3	4	5	25
<b>Receita Bruta</b>		4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		990.575	990.575	990.575	990.575	990.575	990.575
<b>(=) Receita Líquida</b>		3.670.955	3.670.955	3.670.955	3.670.955	3.670.955	3.670.955
(-) Custo Variável de Produção		1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		466.139	466.139	466.139	466.139	466.139	466.139
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		466.139	466.139	466.139	466.139	466.139	466.139
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		-794.587	-794.587	-794.587	-794.587	-794.587	410.139
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	6.906.144
<b>(=) Lucro Tributável</b>		-794.587	-794.587	-794.587	-794.587	-794.587	7.316.283
IR/CSLL							1.755.908
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		466.139	466.139	466.139	466.139	466.139	-1.289.769
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	14.036.878						
(+) Liberação Financiamento	0						
(+) Valor Residual							6.906.144
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	-14.036.878	466.139	466.139	466.139	466.139	466.139	5.616.375
Taxa Interna de Retorno =	0,48%						
Valor Presente Líquido=	(R\$7.477.262,01)						
Valor Anual =	(R\$1.015.920,32)						
				TMA	6,00%		
				IR/CSLL	24%		
				V. Residual:	30%		

Fonte: Autora (2013).

Apesar da taxa interna de retorno ser positiva, o VPL do empreendimento apresenta-se negativo, o que indica a inviabilidade da planta de pirólise. O Quadro 11 apresenta os indicadores financeiros para este cenário.

Se o investidor conseguisse um empréstimo de 70% do valor do investimento inicial do BNDS a juros de 9% a.a. para pagamento em 20 anos, o projeto também não seria viável.

Quadro 11 – Indicadores financeiros da viabilidade econômica do projeto

Fluxo de caixa	Indicadores Financeiros				
	TMA	VPL	TIR	VA	Payback
<b>Empreendimento</b>	6,00%	R\$ -7.477.262,01	0,48%	R\$ - 1.015.920,32	-
<b>Investidor</b>	6,00%	R\$ -10.412.216,76	-7,11%	R\$ 1.414.686,63	-

Fonte: Autora (2013).

De acordo com os indicadores de viabilidade econômica, apesar do fluxo de caixa do empreendimento apresentar uma taxa interna de retorno de 0,48% a.a., não é viável economicamente para as condições deste estudo, pois a TMA foi fixada em 6%.

O fluxo de caixa do investidor também não é viável, pois o VPL é negativo e não há taxa de retorno do investimento.

## b) Segundo cenário

O segundo cenário estudado avaliou a viabilidade econômica do negócio desconsiderando o custo da matéria prima no fluxo de caixa do empreendimento e do investidor e com condições operacionais para atender a demanda de geração de RSU de Concórdia. O Quadro 12 apresenta o fluxo de caixa para o segundo cenário.

Quadro 12 – Fluxo de caixa do empreendimento do segundo cenário

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento							
Descrição	0	1	2	3	4	5	25
<b>Receita Bruta</b>		<b>2.009.517</b>	<b>2.044.683</b>	<b>2.080.465</b>	<b>2.116.874</b>	<b>2.153.919</b>	<b>3.047.317</b>
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		427.022	434.495	442.099	449.836	457.708	647.555
<b>(=) Receita Líquida</b>		<b>1.582.495</b>	<b>1.610.188</b>	<b>1.638.367</b>	<b>1.667.038</b>	<b>1.696.211</b>	<b>2.399.762</b>
(-) Custo Variável de Produção		912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		<b>-587.798</b>	<b>-560.104</b>	<b>-531.926</b>	<b>-503.255</b>	<b>-474.082</b>	<b>229.470</b>
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		<b>-587.798</b>	<b>-560.104</b>	<b>-531.926</b>	<b>-503.255</b>	<b>-474.082</b>	<b>229.470</b>
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		<b>-1.848.524</b>	<b>-1.820.831</b>	<b>-1.792.653</b>	<b>-1.763.981</b>	<b>-1.734.808</b>	<b>173.470</b>
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	6.906.144
<b>(=) Lucro Tributável</b>		<b>-1.848.524</b>	<b>-1.820.831</b>	<b>-1.792.653</b>	<b>-1.763.981</b>	<b>-1.734.808</b>	<b>7.079.614</b>
IR/CSLL							1.699.107
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		<b>-587.798</b>	<b>-560.104</b>	<b>-531.926</b>	<b>-503.255</b>	<b>-474.082</b>	<b>-1.469.638</b>
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	<b>14.036.878</b>						
(+) Liberação Financiamento	0						
(+) Valor Residual							6.906.144
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	<b>-14.036.878</b>	<b>-587.798</b>	<b>-560.104</b>	<b>-531.926</b>	<b>-503.255</b>	<b>-474.082</b>	<b>5.436.506</b>
Taxa Interna de Retorno =	-5,32%			TMA	6,00%		
Valor Presente Líquido=	(R\$16.736.535,56)			IR/CSLL	24%		
Valor Anual =	(R\$2.273.958,91)			V. Residual:	30%		

Fonte: Autora (2013).

Observando-se o fluxo de caixa do empreendimento (Quadro 12), percebe-se a que a implantação do empreendimento resulta para o empreendedor um prejuízo anual de aproximadamente R\$ 500.000,00 nos primeiros anos. Assim, a implantação do projeto não se torna viável, como pode ser observado no quadro dos indicadores de viabilidade econômica do cenário (Quadro 13).

Se o investidor conseguisse um empréstimo de 70% do valor do investimento inicial do BNDS a juros de 9% a.a. para pagamento em 20 anos, o projeto também não seria viável.

Quadro 13 – Indicadores financeiros da viabilidade econômica do projeto

Fluxo de caixa	Indicadores Financeiros				
	TMA	VPL	TIR	VA	Payback
<b>Empreendimento</b>	6,00%	R\$ -16.736.535,56	-5,32%	R\$ - 2.273.958,91	-
<b>Investidor</b>	6,00%	R\$ -20.002.315,00	-14,07%	R\$ -2.717.673,70	-

Fonte: Autora (2013).

De acordo com os indicadores financeiros, é inviável a implantação da planta de pirólise, pois o VPL apresenta-se negativo e não há retorno do capital investido tanto para a análise do empreendimento como para o investidor.

### c) Terceiro cenário

O terceiro cenário estudado considerou a implantação do projeto para processamento de 47 toneladas por dia de resíduos orgânicos, sem a absorção do custo operacional com a coleta dos resíduos.

Neste cenário, todas as prefeituras participantes do sistema integrado, incluindo Concórdia, entregariam os resíduos na planta de pirólise, arcando com os custos da coleta e do transporte até a destinação final na usina de pirólise.

O Quadro 14 apresenta o fluxo de caixa financeiro para o empreendimento.

Quadro 14 – Fluxo de caixa do empreendimento do terceiro cenário

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento							
Descrição	0	1	2	3	4	5	25
<b>Receita Bruta</b>		<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		990.575	990.575	990.575	990.575	990.575	990.575
<b>(=) Receita Líquida</b>		<b>3.670.955</b>	<b>3.670.955</b>	<b>3.670.955</b>	<b>3.670.955</b>	<b>3.670.955</b>	<b>3.670.955</b>
(-) Custo Variável de Produção		912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>	<b>1.500.663</b>
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		<b>239.936</b>	<b>239.936</b>	<b>239.936</b>	<b>239.936</b>	<b>239.936</b>	<b>1.444.663</b>
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	6.906.144
<b>(=) Lucro Tributável</b>		<b>239.936</b>	<b>239.936</b>	<b>239.936</b>	<b>239.936</b>	<b>239.936</b>	<b>8.350.807</b>
IR/CSLL		57.585	57.585	57.585	57.585	57.585	2.004.194
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		<b>1.443.078</b>	<b>1.443.078</b>	<b>1.443.078</b>	<b>1.443.078</b>	<b>1.443.078</b>	<b>-503.531</b>
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	<b>14.036.878</b>						
(+) Liberação Financiamento	0						
(+) Valor Residual							6.906.144
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	<b>-14.036.878</b>	<b>1.443.078</b>	<b>1.443.078</b>	<b>1.443.078</b>	<b>1.443.078</b>	<b>1.443.078</b>	<b>6.402.613</b>
Taxa Interna de Retorno =	<b>8,44%</b>	<i>Payback</i>	TMA	<b>6,00%</b>			
Valor Presente Líquido=	<b>R\$3.440.127,35</b>		IR/CSLL	<b>24%</b>			
Valor Anual =	<b>R\$467.403,08</b>		V. Residual:	<b>30%</b>			

Fonte: Autora (2013).

Avaliando os indicadores de viabilidade econômica deste cenário, percebe-se que o fluxo de caixa passa a ser positivo, apresentando uma taxa interna de retorno de 8,44% ao ano. O valor presente líquido apresenta-se acima de zero, o que indica a atratividade do projeto, conforme apresentado no Quadro 15.

Quadro 15 – Indicadores financeiros da viabilidade econômica do projeto

Fluxo de caixa	Indicadores Financeiros				
	TMA	VPL	TIR	VA	Payback
<b>Empreendimento</b>	6,00%	R\$ 3.440.127,35	8,44%	R\$ 467.403,08	11,7
<b>Investidor</b>	6,00%	R\$ 991.328,34	7,51%	R\$ 134.689,76	20

Fonte: Autora (2013).

De acordo com o Quadro 15, o prazo para recuperação do capital (*payback*), indica que o retorno do capital investido se dará em menos de 12 anos.

Se o investidor conseguisse um empréstimo de 70% do valor do investimento inicial do BNDS a juros de 9% a.a. para pagamento em 20 anos, o projeto seria viável. Os indicadores financeiros demonstram a viabilidade do negócio também para o investidor, apresentando uma taxa interna de retorno do investimento de 7,51% ao ano.

#### d) Quarto cenário

No quarto cenário estudado simulou-se a alteração do preço de venda da energia elétrica, considerando a operação da planta para suprir a demanda da geração de RSU em Concórdia.

O Quadro 16 demonstra o fluxo financeiro do empreendimento para este cenário, considerando o valor de venda da energia elétrica de 413,95/KWh, que foi o valor máximo negociado pela CCEE no ano de 2013, equivalente a média do mês de maio de 2013.

Quadro 16 – Fluxo de caixa do empreendimento do quarto cenário

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento							
Descrição	0	1	2	3	4	5	25
<b>Receita Bruta</b>		<b>2.868.016</b>	<b>2.918.207</b>	<b>2.969.275</b>	<b>3.021.237</b>	<b>3.074.109</b>	<b>4.349.183</b>
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		609.453	620.119	630.971	642.013	653.248	924.201
<b>(=) Receita Líquida</b>		<b>2.258.563</b>	<b>2.298.088</b>	<b>2.338.304</b>	<b>2.379.225</b>	<b>2.420.861</b>	<b>3.424.981</b>
(-) Custo Variável de Produção		912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		<b>88.270</b>	<b>127.795</b>	<b>168.011</b>	<b>208.932</b>	<b>250.568</b>	<b>1.254.689</b>
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		<b>88.270</b>	<b>127.795</b>	<b>168.011</b>	<b>208.932</b>	<b>250.568</b>	<b>1.254.689</b>
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		<b>-1.172.456</b>	<b>-1.132.931</b>	<b>-1.092.715</b>	<b>-1.051.795</b>	<b>-1.010.158</b>	<b>1.198.689</b>
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	6.906.144
<b>(=) Lucro Tributável</b>		<b>-1.172.456</b>	<b>-1.132.931</b>	<b>-1.092.715</b>	<b>-1.051.795</b>	<b>-1.010.158</b>	<b>8.104.833</b>
IR/CSLL							1.945.160
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		<b>88.270</b>	<b>127.795</b>	<b>168.011</b>	<b>208.932</b>	<b>250.568</b>	<b>-690.471</b>
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	<b>14.036.878</b>						
(+) Liberação Financiamento	0						
(+) Valor Residual							6.906.144
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	<b>-14.036.878</b>	<b>88.270</b>	<b>127.795</b>	<b>168.011</b>	<b>208.932</b>	<b>250.568</b>	<b>6.215.673</b>
Taxa Interna de Retorno =	<b>1,90%</b>			TMA	<b>6,00%</b>		
Valor Presente Líquido=	<b>(R\$6.904.770,27)</b>			IR/CSLL	<b>24%</b>		
Valor Anual =	<b>(R\$938.137,04)</b>			V. Residual:	<b>30%</b>		

Fonte: Autora (2013).

O fluxo de caixa do empreendimento apresenta lucro líquido desde o primeiro ano de operação da planta de pirólise, porém não é suficiente para viabilizar economicamente a implantação do projeto, pois o VPL é negativo, conforme Quadro 17.

Se o investidor conseguisse um empréstimo de 70% do valor do investimento inicial do BNDS a juros de 9% a.a. para pagamento em 20 anos, o projeto também não seria viável.

Quadro 17 – Indicadores financeiros da viabilidade econômica do projeto

Fluxo de caixa	Indicadores Financeiros				
	TMA	VPL	TIR	VA	Payback
<b>Empreendimento</b>	6,00%	R\$ -6.904.770,27	1,90%	R\$ -938.137,04	-
<b>Investidor</b>	6,00%	R\$ - 10.665.466,78	- 4,25%	R\$ -1.449.095,19	-

Fonte: Autora (2013).

Apesar de o cenário apresentar a taxa interna de retorno de 1,90%, o projeto não é viável economicamente, pois a TMA fixada para o empreendimento é de 6% a.a. Já para o investidor o cenário também não é atrativo, visto que não há retorno do capital investido.

### e) Quinto cenário

O quinto cenário estudado utilizou a mesma variação do preço da venda de energia elétrica, com a diferença na quantidade de matéria prima processada diariamente.

Optou-se por avaliar a atratividade do projeto, simulando um fluxo de caixa com processamento de 47 toneladas diárias com o preço máximo da energia elétrica de R\$ 413,95/MWh praticado em maio de 2013. O Quadro 18 apresenta o fluxo de caixa do empreendimento para este cenário.

Quadro 18 – Fluxo de caixa do empreendimento do quinto cenário

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento							
Descrição	0	1	2	3	4	5	25
<b>Receita Bruta</b>		6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766
<b>(=) Receita Líquida</b>		5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249
(-) Custo Variável de Produção		1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	1.978.433
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	6.906.144
<b>(=) Lucro Tributável</b>		773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	8.884.577
IR/CSLL		239.060	239.060	239.060	239.060	239.060	2.132.298
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	-97.866
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	14.036.878						
(+) Liberação Financiamento	0						
(+) Valor Residual							6.906.144
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	-14.036.878	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	6.808.278
Taxa Interna de Retorno =	11,44%	Payback	TMA	6,00%			
Valor Presente Líquido=	R\$7.956.037,18		IR/CSLL	24%			
Valor Anual =	R\$1.080.970,53	9,02	V. Residual:	30%			

Fonte: Autora (2013).

Avaliando os indicadores de viabilidade econômica deste cenário, percebe-se que o fluxo de caixa é positivo, apresentando uma taxa interna de retorno de 11,44% ao ano. O valor presente líquido apresenta-se acima de zero, o que indica a atratividade do projeto (Quadro 19).

Quadro 19 – Indicadores financeiros da viabilidade econômica do projeto

Fluxo de caixa	Indicadores Financeiros				
	TMA	VPL	TIR	VA	Payback
<b>Empreendimento</b>	6,00%	R\$ 7.956.037,18	11,44%	R\$ 1.080.970,53	9,02
<b>Investidor</b>	6,00%	R\$ 6.720.178,40	17,52%	R\$ 913.056,92	20

Fonte: Autora (2013).

O prazo de recuperação do capital (*payback*) indica que o retorno do capital investido se dará em nove anos neste cenário.

O fluxo de caixa do investidor, considerando a possibilidade de um empréstimo de 70% do valor do investimento a uma taxa de juros de 9% ao ano, para pagamento em 20 nos, apresenta uma taxa interna de retorno de 17,52% ao ano.

#### f) Sexto cenário

No sexto cenário estudado optou-se por avaliar o impacto dos impostos no fluxo de caixa do empreendimento. Dessa forma, utilizou os dados do fluxo de caixa inicial da condição de certeza, matendo-se a quantidade de matéria prima gerada em Concórdia, e o preço de venda da energia foi mantido em R\$ 285,55. O Quadro 20 apresenta o fluxo de caixa do empreendimento para este cenário.

Quadro 20 – Fluxo de caixa do empreendimento do sexto cenário

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento							
Descrição	0	1	2	3	4	5	25
<b>Receita Bruta</b>		2.009.517	2.044.683	2.080.465	2.116.874	2.153.919	3.047.317
(-) Impostos Prop. s/ Vendas							
<b>(=) Receita Líquida</b>		2.009.517	2.044.683	2.080.465	2.116.874	2.153.919	3.047.317
(-) Custo Variável de Produção		1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		-1.195.299	-1.160.133	-1.124.351	-1.087.943	-1.050.897	-157.499
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		-1.195.299	-1.160.133	-1.124.351	-1.087.943	-1.050.897	-157.499
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		-2.456.026	-2.420.859	-2.385.077	-2.348.669	-2.311.624	-213.499
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	6.906.144
<b>(=) Lucro Tributável</b>		-2.456.026	-2.420.859	-2.385.077	-2.348.669	-2.311.624	6.692.645
IR/CSLL							1.606.235
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		-1.195.299	-1.160.133	-1.124.351	-1.087.943	-1.050.897	-1.763.734
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	14.036.878						
(+) Liberação Financiamento	0						
(+) Valor Residual							6.906.144
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	-14.036.878	-1.195.299	-1.160.133	-1.124.351	-1.087.943	-1.050.897	5.142.410
Taxa Interna de Retorno =	-10,37%			TMA	6,00%		
Valor Presente Líquido=	(R\$23.486.296,34)			IR/CSLL	24%		
Valor Anual =	(R\$3.191.035,13)			V. Residual:	30%		

Fonte: Autora (2013).

Com base no fluxo de caixa do empreendimento (Quadro 20) ao longo de 25 anos foi possível observar que o empreendimento não é viável se instalado e operado nas condições estudadas, mesmo com a isenção do impostos sob a venda da energia elétrica e do fertilizante.

Para a situação do investidor, considerando um financiamento de 70% do valor do investimento inicial do BNDS a juros de 9% a.a. para pagamento em 20 anos, o projeto também não seria viável. O Quadro 21 apresenta os indicadores financeiros para o fluxo de caixa do empreendimento e do investidor.

Quadro 21 – Indicadores financeiros da viabilidade econômica do projeto

Fluxo de caixa	Indicadores Financeiros				
	TMA	VPL	TIR	VA	Payback
<b>Empreendimento</b>	6,00%	R\$ -23.486.296,34	-10,37%	R\$ - 3.191.035,13	-
<b>Investidor</b>	6,00%	R\$ -26.752.075,79	-	R\$ - 3.634.749,92	-

Fonte: Autora (2013).

De acordo com a análise dos indicadores financeiros (Quadro 21), o fluxo de caixa do empreendimento e do investidor não são viáveis economicamente, pois o VPL apresenta-se negativo, e portanto não há taxa de retorno do investimento.

### g) Sétimo cenário

O sétimo cenário avaliou o impacto da isenção dos impostos considerando a operação da planta de pirólise em sua capacidade máxima, com processamento de 47 toneladas diariamente da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. O preço da energia e do fertilizante manteve-se em R\$ 285,55/MWh e R\$ 125,00/t, respectivamente. O Quadro 22 apresenta o fluxo de caixa do empreendimento para este cenário.

Quadro 22 – Fluxo de caixa do empreendimento do sétimo cenário

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento								
Descrição	0	1	2	3	4	5	...	25
<b>Receita Bruta</b>		<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>		<b>4.661.531</b>
(-) Impostos Prop. s/ Vendas								
<b>(=) Receita Líquida</b>		<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>	<b>4.661.531</b>		<b>4.661.531</b>
(-) Custo Variável de Produção		1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921		1.946.921
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896		1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		<b>1.456.714</b>	<b>1.456.714</b>	<b>1.456.714</b>	<b>1.456.714</b>	<b>1.456.714</b>		<b>1.456.714</b>
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0		0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0		0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0		0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		<b>1.456.714</b>	<b>1.456.714</b>	<b>1.456.714</b>	<b>1.456.714</b>	<b>1.456.714</b>		<b>1.456.714</b>
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726		56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		<b>195.988</b>	<b>195.988</b>	<b>195.988</b>	<b>195.988</b>	<b>195.988</b>		<b>1.400.714</b>
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0		6.906.144
<b>(=) Lucro Tributável</b>		<b>195.988</b>	<b>195.988</b>	<b>195.988</b>	<b>195.988</b>	<b>195.988</b>		<b>8.306.858</b>
IR/CSLL		42.636	42.636	42.636	42.636	42.636		1.993.646
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		<b>1.414.078</b>	<b>1.414.078</b>	<b>1.414.078</b>	<b>1.414.078</b>	<b>1.414.078</b>		<b>-536.932</b>
(-) Amortização		0	0	0	0	0		0
<b>(-) Investimentos</b>	<b>14.036.878</b>							
(+) Liberação Financiamento	0							
(+) Valor Residual								6.906.144
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	<b>-14.036.878</b>	<b>1.414.078</b>	<b>1.414.078</b>	<b>1.414.078</b>	<b>1.414.078</b>	<b>1.414.078</b>		<b>6.369.212</b>
Taxa Interna de Retorno =	8,18%	<i>Pay back</i>	TMA	6,00%				
Valor Presente Líquido=	R\$3.068.357,42		IR/CSLL	24%				
Valor Anual =	R\$416.891,46		V. Residual:	30%				

Fonte: Autora (2013).

Avaliando os indicadores de viabilidade econômica deste cenário, percebe-se que o fluxo de caixa é positivo, apresentando uma taxa interna de retorno de 8,18% ao ano.

O valor presente líquido apresenta-se acima de zero, o que indica a atratividade do projeto. O Quadro 23 apresenta os indicadores de atratividade do projeto para este cenário.

Quadro 23 – Indicadores financeiros da viabilidade econômica do projeto

Fluxo de caixa	Indicadores Financeiros				
	TMA	VPL	TIR	VA	Payback
<b>Empreendimento</b>	6,00%	R\$ 3.068.357,42	8,18%	R\$ 416.891,46	12
<b>Investidor</b>	6,00%	R\$ 999.371,81	7,48%	R\$ 135.782,61	20

Fonte: Autora (2013).

O prazo de recuperação do capital (*payback*) indica que o retorno do capital investido se dará em doze anos neste cenário.

O fluxo de caixa do investidor, considerando a possibilidade de um empréstimo de 70% do valor do investimento a uma taxa de juros de 9% ao ano, para pagamento em 20 nos, apresenta uma taxa interna de retorno de 7,48% ao ano.

Este cenário demonstra a importância de um programa a nível federal para isenção de impostos para projetos que visam a sustentabilidade ambiental, através da geração de energia de fontes alternativas aos combustíveis fósseis.

A elevada carga tributária reduz a competitividade das empresas, onera seus investimentos e limita o desenvolvimento de projetos sustentáveis. Dessa forma, é fundamental que o sistema tributário seja reformulado para o desenvolvimento de fontes alternativas de geração de energia.

#### **4.3.1 Avaliação dos resultados obtidos na análise de sensibilidade**

Na análise de sensibilidade foi possível utilizar-se da variação de determinados parâmetros para determinar a viabilidade do negócio, visto que no fluxo de caixa inicial, o investimento não se demonstrou viável.

Considerando que a planta de pirólise caracteriza-se por um módulo com capacidade de processar 47 toneladas de RSU por dia, e que a média de resíduos orgânicos gerados em Concórdia está abaixo deste volume, é possível a integração com outros municípios para viabilizar o processamento com a capacidade máxima do equipamento. O Quadro 24 apresenta um resumo dos cenários estudados na análise de sensibilidade.

Quadro 24 – Quadro resumo dos cenários estudados para implantação da pirólise

Análise	Parâmetro	Empreendimento			Investidor		
		VPL	TIR	Payback	VPL	TIR	Payback
Certeza	Realidade de Concórdia e preço da energia média de 2013 de R\$ 285,55	< 0	< 0	-	< 0	< 0	-
Cen. 1	47 t/dia e preço da energia média de 2013 de R\$ 285,55	< 0	0,48%	-	< 0	< 0	-
Cen. 2	Realidade de Concórdia e preço da energia média de 2013 de R\$ 285,55, desconsiderando o custo com a matéria prima	< 0	< 0	-	< 0	< 0	-
Cen. 3	47 t/dia e preço da energia média de 2013 de R\$ 285,55, desconsiderando o custo com a matéria prima	R\$ 3.440.127,35	8,44%	11,7	R\$ 991.328,34	7,51%	20
Cen. 4	Realidade de Concórdia e preço da energia de R\$ 413,95 (maior preço de 2013)	< 0	1,90%	-	< 0	< 0	-
Cen. 5	47 t/dia e preço da energia de R\$ 413,95 (maior preço de 2013)	R\$ 7.956.037,18	11,44%	9	R\$ 6.720.178,40	17,52%	20
Cen. 6	Realidade de Concórdia e preço da energia média de 2013 de R\$ 285,55, sem os impostos sobre a venda dos subprodutos	< 0	< 0	-	< 0	< 0	-
Cen. 7	47 t/dia e preço da energia média de 2013 de R\$ 285,55 sem os impostos sobre a venda dos subprodutos	R\$ 3.068.357,42	8,18%	12	R\$ 999.371,81	7,48%	20

Fonte: Autora (2013).

Analisando o quadro resumo dos cenários estudados, é possível observar que a implantação de um sistema de pirólise para tratamento de RSU em Concórdia não é viável economicamente nas condições atuais de produção de resíduos e absorvendo os custos de coleta e transporte dos resíduos sólidos urbanos. Porém, alguns parâmetros foram modificados no fluxo financeiro, os quais impactaram diretamente na viabilidade do negócio.

O primeiro cenário analisou a viabilidade do empreendimento considerando a operação da planta de pirólise com a capacidade máxima (47 toneladas diárias). Os indicadores de viabilidade econômica apontam para a inviabilidade do negócio, visto que a taxa interna de retorno, de 0,48% a.a., é inferior à TMA fixada para este estudo (6% a.a.).

O segundo cenário avaliou o impacto do custo da matéria prima no fluxo de caixa do empreendimento. Adotou-se a quantidade de resíduos produzidos em Concórdia e desconsiderou-se o custo da coleta dos RSU, identificado no fluxo financeiro como custo da matéria prima. Este cenário não é viável economicamente, pois apresenta VPL negativo e não há retorno do capital investido tanto para o fluxo de caixa do empreendimento como para o investidor.

O terceiro cenário avaliado considerou a opção de implantar a planta de pirólise associada ao sistema integrado com os municípios vizinhos para viabilizar o processamento

de 47 toneladas de RSU diariamente. O custo da matéria prima também foi desconsiderado neste cenário; logo, as prefeituras integrantes do sistema entregariam os resíduos na usina de pirólise, arcando com o custo da coleta e transporte até a usina.

Os indicadores de viabilidade econômica apresentam a atratividade do projeto dentro deste cenário. O VPL é positivo e taxa interna de retorno de 8,44% ao ano. E o prazo para recuperação do capital (*payback*), indica que o retorno do capital investido se dará em menos de 12 anos. O fluxo de caixa do investidor, considerando a possibilidade de um empréstimo de 70% do valor do investimento a uma taxa de juros de 9% ao ano, para pagamento em 20 anos, apresenta uma taxa interna de retorno de 7,51% ao ano.

O quarto cenário estudado considerou a alteração do preço de venda da energia elétrica. Dessa forma, utilizou-se o valor máximo negociado na CCEE no ano de 2013, sendo de R\$ 413,95/MWh no mês de maio de 2013. Apesar do fluxo de caixa financeiro apresentar uma TIR de 1,90%, o empreendimento não é atrativo, visto que o VPL é negativo.

O quinto cenário também considerou o preço máximo de venda da energia elétrica em R\$ 413,95/MWh juntamente com a opção de implantar a planta de pirólise associada ao sistema integrado com os municípios vizinhos para viabilizar o processamento de 47 toneladas de RSU diariamente.

Os indicadores de viabilidade econômica apresentam a atratividade do projeto dentro deste cenário. O VPL é positivo e taxa interna de retorno de 11,44% ao ano. E o prazo para recuperação do capital (*payback*), indica que o retorno do capital investido se dará 9 anos. O fluxo de caixa do investidor apresenta uma taxa de retorno 17,52% ao ano.

O sexto e o sétimo cenários avaliaram o impacto da isenção dos impostos sobre a venda dos subprodutos. No sexto cenário, manteve-se o preço médio de venda da energia elétrica e o fluxo de caixa foi elaborado de acordo com a geração de resíduos de Concórdia. Este cenário não é viável economicamente, pois apresenta VPL negativo e não há retorno do capital investido tanto para o fluxo de caixa do empreendimento como para o investidor.

O sétimo cenário avaliado considerou a opção de implantar a planta de pirólise associada ao sistema integrado com os municípios vizinhos para viabilizar o processamento de 47 toneladas de RSU diariamente, com a isenção dos impostos.

A análise financeira do sétimo cenário demonstra a atratividade do projeto, pois o VPL é positivo e a taxa interna de retorno é de 8,18%, sendo que o prazo para recuperação do capital (*payback*), indica que o retorno do capital investido se dará 12 anos. O fluxo de caixa do investidor apresenta uma taxa de retorno 7,48% ao ano.

A análise de sensibilidade demonstrou a possibilidade de viabilizar o sistema de pirólise para tratamento de resíduos sólidos urbanos em Concórdia em função da variação de determinados parâmetros. Os parâmetros analisados compreenderam a variação da capacidade de produção, do custo operacional, do preço de venda da energia elétrica e ainda a isenção dos impostos sobre a venda dos subprodutos apresentando-se viáveis os cenários 3, 5 e 7.

#### **4.4 Análise de risco**

Os estudos de investimentos pressupõem a existência de riscos, onde se supõem de que há possibilidade de algo não dar certo, dentro de uma distribuição de probabilidades estimada. Dessa forma é possível analisar riscos indiretos associados ao projeto como as variações não previstas no preço de venda, custos operacionais com aquisição da matéria prima ou insumos, ou ainda no investimento inicial.

Para a análise de risco da planta de pirólise para RSU utilizou-se o Método de Simulação Monte Carlo, tendo como base o fluxo de caixa resultante dos estudos para a determinação dos parâmetros na condição de certeza para a pirólise, após a análise de sensibilidade que apresentou três condições diferentes para a viabilidade do projeto.

Para cada variável que influencia o diagrama de fluxos de caixa do investimento, foi estimado o seu intervalo de variação possível. Foi estabelecida, então, uma distribuição de probabilidades correspondente a qual foi transformada em uma distribuição de probabilidades acumulada.

Sendo assim, foram selecionados, aleatoriamente, valores para cada variável, de acordo com as suas probabilidades de ocorrência. Foram calculados os indicadores de atratividade do projeto, como o VPL e a TIR, para cada combinação de valores obtida, com auxílio de uma planilha eletrônica, gerando 1.000 combinações aleatórias.

Dessa maneira, estimou-se que: é de 50% a probabilidade de que o investimento inicial seja igual ao calculado (R\$ 14.036.878,00) com base nos estudos realizados; 15% de que seja 10% maior ou menor do que R\$ 14.036.878,00; e de 10% a probabilidade de que o investimento inicial seja 20% maior ou menor a R\$ 14.036.878,00, conforme Tabela 15.

Tabela 15 - Distribuição de probabilidade para investimento inicial

<b>Investimento Inicial</b>			
<b>Valor</b>	<b>Variação do Investimento</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Distribuição Acumulada</b>
<b>R\$ 11.229.502,40</b>	20% menor	10 %	10 %
<b>R\$ 12.633.190,20</b>	10% menor	15 %	25 %
<b>R\$ 14.036.878,00</b>	= Calculado	50 %	75 %
<b>R\$ 15.440.565,80</b>	10% maior	15 %	90 %
<b>R\$ 16.844.253,60</b>	20% maior	10 %	100 %

Fonte: Autora (2013).

Do mesmo modo para a determinação do lucro líquido, foi estimado que: é de 50% a probabilidade de que este seja igual ao calculado com base nos resultados da análise de sensibilidade; de 15 % a probabilidade de que o lucro líquido seja 10% menor do que o calculado nesta condição; e de 5% de que seja 20% menor do que o calculado.

Ainda estimou-se que é de 10 % a probabilidade de que o lucro líquido seja maior em 20% do que o calculado nos cenários estudados; e por fim, de 10% a probabilidade de que o lucro líquido seja 20% maior do que o calculado nesta condição (Tabela 16).

Tabela 16 - Distribuição de probabilidade para lucro líquido

<b>Lucro Líquido após Impostos</b>		
<b>Variação do Lucro Líquido</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Distribuição Acumulada</b>
<b>20% menor</b>	5 %	5 %
<b>10% menor</b>	15 %	20 %
<b>= Calculado</b>	50 %	70 %
<b>10% maior</b>	20 %	90 %
<b>20% maior</b>	10 %	100 %

Fonte: Autora (2013).

Na simulação, definiu-se que a vida econômica do empreendimento poderia ser de 20, 25 ou 30 anos. Estimou-se que: é de 25% a probabilidade de o empreendimento ter vida útil de 20 anos; de 50% a probabilidade de este empreendimento durar 25 anos conforme a condição de certeza; e de 25% de ter duração de 30 anos conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 - Distribuição de probabilidade para vida econômica do empreendimento

<b>Vida Econômica do Empreendimento</b>		
<b>Período (Anos)</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Distribuição Acumulada</b>
20	25%	25 %
25	50%	75 %
30	25%	100 %

Fonte: Autora (2013).

Para o valor residual com a venda do ativo ao final de sua vida útil, definiu-se uma probabilidade de 50% para que o valor residual seja igual ao calculado na condição de certeza; ainda definiu-se de que seja de 25% a probabilidade desse valor ser maior ou menor que o calculado, conforme Tabela 18.

Tabela 18 - Distribuição de probabilidade para valor residual do empreendimento

<b>Valor Residual do Empreendimento</b>		
<b>Variação do valor residual</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Distribuição Acumulada</b>
< calculado	25%	25 %
= Calculado	50%	75 %
> calculado	25%	100 %

Fonte: Autora (2013).

A simulação foi realizada com auxílio de uma planilha eletrônica, considerando 1.000 combinações, ou seja, 1.000 rodadas de simulação, variando entre si o lucro líquido, o valor de investimento, a vida econômica do projeto e o valor residual do ativo.

#### 4.4.1.1 Simulação Monte Carlo

A seguir é apresentada a análise de Monte Carlo realizada com os valores de investimento inicial, a média do lucro líquido ao longo dos anos, a vida econômica e o valor residual do ativo variando conforme as probabilidades anteriormente citadas para os três cenários que demonstraram ser viáveis economicamente.

Dessa forma, o Quadro 25 apresenta os resultados sob a condição de risco para o cenário 3, que considerou a implantação da planta de pirólise sob condições operacionais de processamento de 47 toneladas diárias de resíduos sólidos. Para este cenário não foi considerado o custo da matéria prima, transferindo para o gerador do resíduo o custo com a coleta e o transporte até a planta de pirólise.

Quadro 25 – Simulação Monte Carlo para o cenário 3

Método Monte Carlo									
	Invest. Inicial		Lucro Líq.		Valor Res.		Vida Econômica		TMA
	Valor	Dist. Ac.	Valor	Dist. Ac.	Valor	Dist. Ac.	Anos	Dist. Ac.	%
	11.229.502,40	10	1.129.666,40	5	2.107.274,00	25	20	25	6,00%
	12.633.190,20	25	1.270.874,70	20	4.214.548,00	75	25	75	
	14.036.878,00	75	1.412.083,00	70	6.321.822,00	100	30	100	
	15.440.565,80	90	1.553.291,30	90					E (VPL) = 5.246.748,79
	16.844.253,60	100	1.694.499,60	100					DP (VPL) = 2.487.921,35
									P (VPL<0) = 1,75%

	Invest. Inicial		Lucro Líq. após Imp.		V.R.		Vida Econômica		VPL	TIR
	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Anos		
1	65	14036878	99	1694500	36	4214548	42	25	RS8.606.497,81	11,51%
2	10	11229502	34	1412083	13	2107274	5	20	RS5.624.036,36	11,36%
3	81	15440566	23	1412083	7	2107274	9	20	RS1.412.972,96	7,05%
4	29	14036878	76	1553291	43	4214548	64	25	RS6.801.381,82	10,40%
5	81	15440566	79	1553291	30	4214548	5	20	RS3.689.679,03	8,57%
6	27	14036878	69	1412083	60	4214548	66	25	RS4.996.265,83	9,27%
7	28	14036878	94	1694500	46	4214548	34	25	RS8.606.497,81	11,51%
8	5	11229502	55	1412083	21	2107274	80	30	RS8.574.479,42	12,25%
9	57	14036878	99	1694500	32	4214548	55	25	RS8.606.497,81	11,51%
10	52	14036878	37	1412083	17	2107274	23	20	RS2.816.660,76	8,25%
11	7	11229502	61	1412083	26	4214548	19	20	RS6.281.094,35	11,67%
12	18	12633190	18	1270875	77	6321822	46	25	RS5.085.829,59	9,51%
13	89	15440566	0	1129666	32	4214548	7	20	(RS1.169.265,20)	5,15%
14	62	14036878	3	1129666	95	6321822	23	20	RS891.480,59	6,66%
15	64	14036878	16	1270875	2	2107274	60	25	RS2.700.157,88	7,87%
16	31	14036878	70	1412083	34	4214548	60	25	RS4.996.265,83	9,27%
17	60	14036878	76	1553291	57	4214548	46	25	RS6.801.381,82	10,40%
18	5	11229502	95	1694500	33	4214548	93	30	RS12.828.793,98	14,94%
19	80	15440566	48	1412083	25	2107274	3	20	RS1.412.972,96	7,05%
20	84	15440566	80	1553291	32	4214548	45	25	RS5.397.694,02	9,23%
21	16	12633190	25	1412083	49	4214548	82	30	RS7.537.689,37	10,83%
22	57	14036878	71	1553291	50	4214548	31	25	RS6.801.381,82	10,40%
23	24	12633190	10	1270875	75	6321822	56	25	RS5.085.829,59	9,51%
24	42	14036878	25	1412083	58	4214548	14	20	RS3.473.718,75	8,63%
25	8	11229502	60	1412083	96	6321822	55	25	RS8.294.633,38	12,26%
26	49	14036878	58	1412083	22	2107274	83	30	RS5.767.103,82	9,49%
27	59	14036878	90	1694500	36	4214548	85	30	RS10.021.418,38	11,77%
28	93	16844254	92	1694500	41	4214548	19	20	RS3.905.639,30	8,51%
29	75	15440566	77	1553291	83	6321822	20	20	RS4.346.737,02	8,89%
30	23	12633190	65	1412083	36	4214548	9	20	RS4.877.406,55	10,02%

Fonte: Autora (2013).

Na simulação do Quadro 25, optou-se por utilizar a média aritmética dos lucros líquidos obtidos no período de 25 anos (R\$ 1.412.083,00); dessa forma, os resultados apontam para um risco variando de 1 a 2% de o VPL ser negativo, o que pode ser considerado um risco insignificante.

O Quadro 26 apresenta os resultados da simulação para o quinto cenário estudado. Neste cenário foi considerada a implantação do projeto da usina de pirólise para 47 toneladas diárias, com a variação no preço de venda da energia elétrica. Dessa forma utilizou-se o valor máximo praticado no ano de 2013 de R\$ 413,95/MWh.

Quadro 26 – Simulação Monte Carlo para o cenário 5

Método Monte Carlo									
	Invest. Inicial		Lucro Líq.		Valor Res.		Vida Econômica		TMA
	Valor	Dist. Ac.	Valor	Dist. Ac.	Valor	Dist. Ac.	Anos	Dist. Ac.	%
	11.229.502,40	10	1.245.148,00	5	2.107.274,00	25	20	25	6,00%
	12.633.190,20	25	1.400.791,50	20	4.214.548,00	75	25	75	E (VPL) = 7.052.649,98
	14.036.878,00	75	1.556.435,00	70	6.321.822,00	100	30	100	DP (VPL) = 2.599.751,04
	15.440.565,80	90	1.712.078,50	90					P (VPL<0) = 0,33%
	16.844.253,60	100	1.867.722,00	100					

	Invest. Inicial		Lucro Líq. após Imp.		V.R.		Vida Econômica		VPL	TIR
	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Anos		
1	28	14036878	11	1400792	76	6321822	11	20	R\$4.001.264,13	8,89%
2	62	14036878	75	1712079	52	4214548	51	25	R\$8.831.215,15	11,64%
3	82	15440566	96	1867722	70	4214548	68	25	R\$9.417.173,64	11,51%
4	31	14036878	10	1400792	18	2107274	67	25	R\$4.360.930,60	8,97%
5	67	14036878	31	1556435	31	4214548	50	25	R\$6.841.568,85	10,42%
6	32	14036878	50	1556435	74	4214548	34	25	R\$6.841.568,85	10,42%
7	17	12633190	96	1867722	41	4214548	23	20	R\$10.103.549,99	14,06%
8	58	14036878	62	1556435	80	6321822	37	25	R\$7.332.560,81	10,58%
9	67	14036878	91	1867722	55	4214548	28	25	R\$10.820.861,44	12,85%
10	22	12633190	91	1867722	80	6321822	30	25	R\$12.715.541,20	14,53%
11	56	14036878	24	1556435	18	2107274	50	25	R\$6.350.576,90	10,26%
12	90	16844254	65	1556435	29	4214548	55	25	R\$4.034.193,25	8,25%
13	49	14036878	87	1712079	98	6321822	18	20	R\$7.571.701,50	11,38%
14	87	15440566	9	1400792	45	4214548	27	25	R\$3.448.234,76	8,09%
15	63	14036878	30	1556435	88	6321822	66	25	R\$7.332.560,81	10,58%
16	36	14036878	63	1556435	13	2107274	33	25	R\$6.350.576,90	10,26%
17	54	14036878	0	1245148	59	4214548	40	25	R\$2.862.276,27	7,90%
18	41	14036878	3	1245148	21	2107274	86	30	R\$3.469.271,73	8,14%
19	48	14036878	30	1556435	100	6321822	8	20	R\$5.786.482,81	10,14%
20	0	11229502	10	1400792	26	4214548	57	25	R\$7.659.298,16	12,01%
21	93	16844254	31	1556435	38	4214548	96	30	R\$5.313.606,88	8,65%
22	2	11229502	92	1867722	42	4214548	16	20	R\$11.507.237,79	16,10%
23	98	16844254	56	1556435	29	4214548	58	25	R\$4.034.193,25	8,25%
24	49	14036878	49	1556435	33	4214548	87	30	R\$8.120.982,48	10,72%
25	90	16844254	33	1556435	20	2107274	10	20	R\$1.664.991,23	7,14%
26	27	14036878	14	1400792	8	2107274	1	20	R\$2.687.148,14	8,15%
27	26	14036878	39	1556435	19	2107274	79	30	R\$7.754.084,73	10,63%
28	51	14036878	60	1556435	7	2107274	13	20	R\$4.472.366,83	9,52%
29	32	14036878	36	1556435	46	4214548	15	20	R\$5.129.424,82	9,84%
30	6	11229502	15	1400792	79	6321822	40	25	R\$8.150.290,12	12,15%

Fonte: Autora (2013).

Na análise de risco do cenário 5 também optou-se por utilizar a média aritmética dos lucros líquidos obtidos no período de 25 anos (R\$ 1.556.435,00). Neste cenário, o risco do VPL ser negativo é menor de 0,5% , o qual também pode ser considerado insignificante para avaliação de riscos do projeto.

O Quadro 27 apresenta os resultados para a simulação do sétimo cenário estudado. O sétimo cenário avaliou o impacto da isenção dos impostos considerando a operação da planta de pirólise em sua capacidade máxima, com processamento de 47 toneladas diariamente da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. O preço da energia e do fertilizante manteve-se em R\$ 285,55/MWh e R\$ 125,00/t, respectivamente.

Quadro 27 – Simulação Monte Carlo para o cenário 7

Método Monte Carlo										
	Invest. Inicial		Lucro Liq.		Valor Res.		Vida Econômica		TMA	
	Valor	Dist. Ac.	Valor	Dist. Ac.	Valor	Dist. Ac.	Anos	Dist. Ac.	%	
	11.229.502,40	10	940.112,80	5	2.107.274,00	25	20	25	6,00%	
	12.633.190,20	25	1.057.626,90	20	4.214.548,00	75	25	75		E (VPL) = 2.151.161,99
	14.036.878,00	75	1.175.141,00	70	6.321.822,00	100	30	100		DP (VPL) = 2.153.827,75
	15.440.565,80	90	1.292.655,10	90						P (VPL<0) = 15,90%
	16.844.253,60	100	1.410.169,20	100						

	Invest. Inicial		Lucro Liq. após Imp.		V.R.		Vida Econômica		VPL	TIR
	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Valor	num. aleat.	Anos		
1	43	14036878	12	1057627	24	2107274	90	30	R\$888.075,45	6,56%
2	6	11229502	24	1175141	24	2107274	53	25	R\$4.283.735,50	9,59%
3	43	14036878	21	1175141	10	2107274	89	30	R\$2.505.637,20	7,56%
4	87	15440566	79	1292655	51	4214548	87	30	R\$3.086.408,89	7,69%
5	17	12633190	66	1175141	6	2107274	20	20	R\$1.502.642,48	7,34%
6	53	14036878	54	1175141	25	4214548	16	20	R\$756.012,68	6,59%
7	80	15440566	56	1175141	51	4214548	25	25	R\$563.664,05	6,35%
8	95	16844254	21	1175141	94	6321822	41	25	(R\$349.031,79)	5,81%
9	37	14036878	32	1175141	88	6321822	42	25	R\$2.458.343,81	7,57%
10	77	15440566	57	1175141	38	4214548	84	30	R\$1.468.847,15	6,82%
11	60	14036878	5	940113	68	4214548	10	20	(R\$1.939.742,26)	4,46%
12	31	14036878	21	1175141	86	6321822	94	30	R\$3.239.432,70	7,88%
13	0	11229502	33	1175141	65	4214548	97	30	R\$5.679.910,55	10,09%
14	81	15440566	1	940113	62	4214548	43	25	(R\$2.440.785,14)	4,44%
15	31	14036878	55	1175141	90	6321822	0	20	R\$1.413.070,67	7,04%
16	53	14036878	41	1175141	30	4214548	37	25	R\$1.967.351,85	7,31%
17	68	14036878	79	1292655	37	4214548	81	30	R\$4.490.096,69	8,66%
18	53	14036878	63	1175141	46	4214548	37	25	R\$1.967.351,85	7,31%
19	10	12633190	15	1057627	63	4214548	99	30	R\$2.658.661,00	7,76%
20	82	15440566	40	1175141	80	6321822	59	25	R\$1.054.656,01	6,63%
21	58	14036878	35	1175141	87	6321822	8	20	R\$1.413.070,67	7,04%
22	14	12633190	83	1292655	21	2107274	59	25	R\$4.382.272,29	9,29%
23	35	14036878	27	1175141	62	4214548	27	25	R\$1.967.351,85	7,31%
24	60	14036878	65	1175141	21	2107274	99	30	R\$2.505.637,20	7,56%
25	31	14036878	93	1410169	28	4214548	71	25	R\$4.971.801,04	9,25%
26	38	14036878	31	1175141	68	4214548	67	25	R\$1.967.351,85	7,31%
27	55	14036878	96	1410169	41	4214548	57	25	R\$4.971.801,04	9,25%

Fonte: Autora (2013).

Na análise de risco do sétimo cenário também optou-se por utilizar a média aritmética dos lucros líquidos obtidos no período de 25 anos (R\$ 1.175.141,00). Neste cenário, o risco do VPL ser negativo é significativo, variando de 15 a 20%.

O risco do projeto foi medido através da variabilidade do fluxo de caixa inicial, avaliando-se a chance do projeto tornar-se inaceitável devido ao grau do risco associado. Dessa forma os cenários que apresentam o valor presente líquido próximo a zero são mais arriscados do que aqueles que apresentam maior folga nesse parâmetro.

Assim, os cenários que apresentaram VPL positivo podem ser considerados atrativos para os investidores, desde que consideradas as configurações do projeto estudadas.

## 5 CONCLUSÕES

Neste item são apresentadas as conclusões de pesquisa com base nos resultados encontrados. As conclusões estão agrupadas em função dos objetivos específicos definidos neste trabalho. São descritas também recomendações, com propostas de continuidade, para trabalhos de pesquisa.

### 5.1 Conclusões da pesquisa

Os serviços de saneamento básico, nos quais está incluída a gestão dos resíduos sólidos urbanos, têm como objetivo propiciar a melhoria ou a manutenção do bem-estar da população e são extremamente importantes para a sustentabilidade das cidades.

Devido ao forte impulso da sociedade em adquirir bens de consumo demasiadamente, a geração de resíduos dificilmente será eliminada. Porém, a busca por formas de tratamento e disposição final ambientalmente adequada, e através disso, a agregação de valor econômico ao resíduo sólido urbano são fatores importantes para a sustentabilidade das cidades.

Logo, encontrar novas soluções e alternativas é um desafio da atual sociedade podendo ser de grande importância para a gestão dos resíduos sólidos e, conseqüentemente, para a sustentabilidade. Essa gestão deve considerar não somente a destinação final dos resíduos sólidos, mas também a redução dos mesmos. Ao mesmo tempo, deve-se levar em consideração a criação de oportunidades de gerar recursos para a continuidade de todo o sistema.

A pesquisa possibilitou o estudo de vários cenários para viabilidade econômica de uma planta de pirólise para o tratamento de resíduos sólidos urbanos para a cidade de Concórdia.

O primeiro objetivo específico onde foi estudada a alternativa locacional para a implantação da planta de pirólise no município de Concórdia, apresentou o distrito industrial como alternativa que apresenta melhores condições para a implantação do empreendimento.

Considerando-se os fatores avaliados, a área do distrito industrial apresenta-se como o local mais adequado para esta atividade, pois é afastado das aglomerações urbanas, possui fácil acesso, distante 8 km do centro da cidade e já dispõem de redes de infraestrutura para a

instalação da planta industrial, visto ainda o menor custo com deslocamentos, fornecimento de insumos e mão de obra, e a minimização dos impactos ambientais.

Em relação ao segundo objetivo específico que analisou a viabilidade econômica do projeto na condição de certeza, o processo de pirólise para RSU não se mostrou atrativo devido aos altos custos operacionais e os impostos sobre a venda de energia elétrica e fertilizante. O VPL resultante do fluxo de caixa é negativo e não há retorno do capital investido, tanto para o empreendimento como para o fluxo de caixa do investidor.

O terceiro objetivo específico avaliou os impactos que a variação do preço de venda da energia, a capacidade de produção, os custos operacionais e a isenção de impostos, podem interferir na viabilidade do empreendimento. A avaliação foi realizada através da análise de sensibilidade, optando-se por estudar sete cenários diferentes.

O primeiro cenário analisou a viabilidade do empreendimento considerando a operação da planta de pirólise com a capacidade máxima (47 toneladas diárias). Os indicadores de viabilidade econômica do empreendimento apontam para a inviabilidade do negócio, visto que a taxa interna de retorno, de 0,48% a.a., é inferior à TMA fixada para este estudo (3% a.a.).

O segundo cenário avaliou o impacto do custo da matéria prima no fluxo de caixa do empreendimento. Adotou-se a quantidade de resíduos produzidos em Concórdia e desconsiderou-se o custo da coleta dos RSU, identificado no fluxo financeiro como custo da matéria prima. Este cenário não é viável economicamente para o empreendimento, pois apresenta VPL negativo e não há retorno do capital investido tanto para o fluxo de caixa do empreendimento como para o investidor.

Um terceiro cenário avaliado considerou a opção de implantar a planta de pirólise associada ao sistema integrado com os municípios vizinhos para viabilizar o processamento de 47 toneladas de RSU diariamente. O custo da matéria prima também foi desconsiderado neste cenário. Logo, as prefeituras integrantes do sistema entregariam os resíduos na usina de pirólise, arcando com o custo da coleta e transporte até a usina.

Os indicadores de viabilidade econômica do empreendimento apresentam a atratividade do projeto dentro deste cenário. O VPL é positivo e taxa interna de retorno de 8,44% ao ano. E o prazo para recuperação do capital (*payback*), indica que o retorno do capital investido se dará em menos de 12 anos. O fluxo de caixa do investidor, considerando a possibilidade de um empréstimo de 70% do valor do investimento a uma taxa de juros de 9% ao ano, para pagamento em 20 nos, a taxa interna de retorno é de 7,51% ao ano.

O quarto cenário estudado considerou a alteração do preço de venda da energia elétrica. Dessa forma, utilizou-se o valor máximo negociado na CCEE no ano de 2013, sendo de R\$ 413,95/MWh no mês de maio de 2013. Apesar do fluxo de caixa financeiro apresentar uma TIR de 1,90%, o empreendimento não é atrativo, visto que o VPL é negativo.

O quinto cenário também considerou o preço máximo de venda da energia elétrica em R\$ 413,95/MWh juntamente com a opção de implantar a planta de pirólise associada ao sistema integrado com os municípios vizinhos para viabilizar o processamento de 47 toneladas de RSU diariamente.

Os indicadores de viabilidade econômica do empreendimento apresentam a atratividade do projeto dentro deste cenário. O VPL é positivo e taxa interna de retorno de 11,44% ao ano. E o prazo para recuperação do capital (*payback*), indica que o retorno do capital investido se dará 9 anos. O fluxo de caixa do investidor apresenta uma taxa de retorno 17,52% ao ano.

O sexto e o sétimo cenários avaliaram o impacto da isenção dos impostos sobre a venda dos subprodutos. No sexto cenário, manteve-se o preço médio de venda da energia elétrica e o fluxo de caixa foi elaborado de acordo com a geração de resíduos de Concórdia. Este cenário não é viável economicamente, pois apresenta VPL negativo e não há retorno do capital investido tanto para o fluxo de caixa do empreendimento como para o investidor.

O sétimo cenário avaliado considerou a opção de implantar a planta de pirólise associada ao sistema integrado com os municípios vizinhos para viabilizar o processamento de 47 toneladas de RSU diariamente, com a isenção dos impostos.

A análise financeira do sétimo cenário demonstra a atratividade do projeto, pois o VPL é positivo e a taxa interna de retorno é de 8,18%, sendo que o prazo para recuperação do capital (*payback*), indica que o retorno do capital investido se dará 12 anos. O fluxo de caixa do investidor apresenta uma taxa de retorno 7,48% ao ano.

O quarto objetivo específico analisou os riscos da planta de pirólise para RSU através do Método de Simulação Monte Carlo. A base para a simulação foi o fluxo de caixa resultante dos estudos para a determinação dos parâmetros na condição de certeza para a pirólise, após a análise de sensibilidade que apresentou três condições diferentes para a viabilidade do projeto.

A análise de risco do projeto apresentou riscos na ordem de 0,5 a 2% do VPL ser negativo, o que pode ser considerado insignificante para a análise financeira do negócio nos cenários 3 e 5.

Para o cenário 7, a simulação resultou em um risco que variou de 15% a 20% do VPL ser negativo, o que pode ser considerado um risco significativo para o projeto.

Considerando a possibilidade da integração com mais municípios para complementar o volume de matéria prima, a absorção do custo do transporte dos RSU até a usina de pirólise e o aumento do preço de venda da energia elétrica, ou ainda a isenção de impostos, o projeto é uma alternativa rentável, ao passo que além dos benefícios econômicos, a planta de pirólise possibilita a eliminação do passivo ambiental gerado pelos aterros sanitários.

Assim, este estudo traz contribuições ao conhecimento do atual sistema de manejo dos resíduos sólidos urbanos no município; e os dados obtidos com a análise de viabilidade econômica poderão subsidiar o planejamento de políticas públicas e a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos.

## **5.2 Recomendações para trabalhos futuros**

Observa-se que esta pesquisa não esgota o assunto, pois ainda há outras questões a serem discutidas e desenvolvidas no estudo das soluções para os problemas causados pelos resíduos sólidos urbanos, revelando novas oportunidades de pesquisa.

Dessa maneira, como sugestão para trabalhos futuros, indica-se:

- 1) Analisar a viabilidade econômica do processo de pirólise para cidade de grande porte;
- 2) Realizar um estudo detalhado dos gases emitidos durante o processo de pirólise;
- 3) Fazer uma análise comparativa entre a viabilidade para implantação de outros sistemas térmicos de tratamento de RSU para cidades de médio e grande porte;
- 4) Realizar a análise de viabilidade econômica do sistema de pirólise para a integração de toda a microrregião da Amauc (Associação dos Municípios do Alto Uruguai Catarinense).

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009**. 2010. 210p.

AIRES, R. D.; et al. **Pirólise**, III Fórum de Estudos Contábeis - Faculdades Integradas Claretianas – Rio Claro – SP – Brasil, 2003.

ASASE, M. et al. **Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London, Ontario and Kumasi, Ghana**. Elsevier. Waste Management.p.2779-2786.2009.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. 2. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2006.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 8419 de 1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 8849: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: 1985.

\_\_\_\_\_. **NBR 9190: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Classificação**. Rio de Janeiro: 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 9191: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Especificação**. Rio de Janeiro: 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 11174: Armazenamento de resíduos classe II- não inertes e III- inertes**. Rio de Janeiro: 1990.

\_\_\_\_\_. **NBR 12980: Coleta de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13055: Sacos plásticos para acondicionamento de lixo - Determinação da capacidade volumétrica**. Rio de Janeiro: 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 13221: Transporte de resíduos - Procedimentos**. Rio de Janeiro: 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 13463: Coleta de resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: 1995.

BIOGROUP. **Usina de gaseificação por plasma**. Disponível em <<http://www.biogroup.net.br/secao/59/52/14/Planta>> Acesso em 04 out 2012.

BIOWARE. **Material informativo sobre pirólise e compactação**. Disponível em [http://www.bioware.com.br/fotos/file/material%20informativo\\_Bioware\\_2009\\_07\\_08.pdf](http://www.bioware.com.br/fotos/file/material%20informativo_Bioware_2009_07_08.pdf). Acesso 13 Jun, 2012.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12305** de 02 de agosto 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Presidência da Republica. Brasília, DF, 2010.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 11196** de 21 de novembro de 2005. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação - REPES, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras - RECAP e o Programa de Inclusão Digital; dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica. Presidência da Republica. Brasília, DF, 2005.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 10925** de 23 de julho de 2004. Reduz as alíquotas do PIS/PASEP e da COFINS incidentes na importação e na comercialização do mercado interno de fertilizantes e defensivos agropecuários e dá outras providências. Presidência da Republica. Brasília, DF, 2004.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 10637** de 30 de dezembro de 2002. Dispõe sobre a não-cumulatividade na cobrança da contribuição para os Programas de Integração Social (PIS) e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP), nos casos que especifica; sobre o pagamento e o parcelamento de débitos tributários federais, a compensação de créditos fiscais, a declaração de inaptidão de inscrição de pessoas jurídicas, a legislação aduaneira, e dá outras providências. Presidência da Republica. Brasília, DF, 2002.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº 87** de 13 de setembro de 1996. Dispõe sobre o imposto dos Estados e do Distrito Federal sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, e dá outras providências. (LEI KANDIR). Presidência da Republica. Brasília, DF, 1996.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 7689** de 15 de dezembro de 1988. Institui contribuição social sobre o lucro das pessoas jurídicas e dá outras providências. Presidência da Republica. Brasília, DF, 1988.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7212** de 15 de junho de 2010. Regulamenta a cobrança, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI. Presidência da República. Brasília, DF, 2010.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 5602** de 06 de dezembro de 2005. Regulamenta o Programa de Inclusão Digital instituído pela Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. Presidência da República. Brasília, DF, 2005.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 3000** de 26 de março de 1999. Regulamenta a tributação, fiscalização, arrecadação e administração do Imposto sobre a Renda e Proventos de Qualquer Natureza. Presidência da República. Brasília, DF, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 316 de 2002**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31602.html>>. Acesso em: 01 dez. 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 275 de 2001**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27501.html>>. Acesso em: 01 dez. 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 01 de 1986**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 15. jul.2013.

BONFANTE, T.M. **Análise da viabilidade econômica de projetos que visam a instalação de biodigestores para tratamento de resíduos da suinocultura sob as ópticas do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2010. 175p.

BOSCOV, M.E.G. (2008). **Geotecnia Ambiental**. Oficina de textos. São Paulo, SP. 248 p.

BRIDGWATER, A.V. **Towards the bio-refinery fast pyrolysis of biomass**. Renewable energy world, Jan.-Feb., 2001.

BRIGHAM, E.F.; GAPENSKI, L.C.; EHRHARDT, M.C. **Administração Financeira Teoria e Prática**. Atlas. São Paulo, 2001

BRUNI, A. L.FAMÁ, R. **As decisões de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2003.

BRUNI, A.L.; FAMÁ, R. & SIQUEIRA, J.O. **Análise de risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do Método de Monte Carlo**. São Paulo, 1998. Disponível em <<http://www.infinitaweb.com.br/albruni/academicos/bruni9802.pdf>>. Acesso em: 20 de novembro de 2011.

BRYAN, B.A.; CROSSMAN, N.D.; KING, D.; MEYER, W.S. **Landscape futures analysis: Assessing the impacts of environmental targets under alternative spatial policy options and future scenarios**. Environmental Modelling & Software. V. 26, pp. 83-91. 2011.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**. Elsevier 28ª Tiragem. Rio de Janeiro, 1984.

CAIXETA, D.M. **Geração de energia elétrica a partir da incineração de lixo urbano: o caso de Campo Grande/MS**. Monografia de especialização. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, 2005.

CARTA, R.; CRUCCU, M.; DESOGUS, F.; SANNA, L. **Pirolisi lenta, úmida e catalítica dela Pollina**, [2012].

CHEREMISINOFF, N. P.; **Environmental Technologies Handbook**, Maryland, USA, Government Institutes, 2005.

CIRCEO, L. J.; Martin, Júnior; Robert, C. .; SMITH M. E.; **Achieving “Zero Waste “ with Plasma Arc Technology**, Atlanta Plasma Applications Research Program, Georgia Tech Research Institute, 2005.

CONCÓRDIA. **Lei complementar nº 188** de 11 de maio de 2011. Dispõe sobre normas relativas à utilização do espaço e o bem estar público do Município de Concórdia, Estado de Santa Catarina – Código de Posturas e dá outras providências. Concórdia, 2011.

CONCÓRDIA. **Caracterização física dos resíduos domiciliares de Concórdia: relatório geral**. Concórdia, 2004.

CORTEZ, L. A. B.; PÉREZ, J. M. M.; **Pirólise é Melhor que Hidrólise para Obter Combustível a Partir de Resíduo Agrícola**, 2008.

- CASTRO, M.C.G. **Projeto de viabilidade econômica para mineração**. Anápolis: Evangélica, 2002. 148 p.
- DAMODARAN, A. **Finanças corporativas aplicadas: manual do usuário**. Tradução Jorge Ritter. Bookman. Porto Alegre, 2002.
- DEMO, Pedro. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.
- DA SILVA, M. J. M.; RUGGERO P.A.; **Gaseificação**, Faculdade de Engenharia Mecânica- Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2004.
- DIAS, M. S. C.; **Uso de Pequenos Gaseificadores para Geração de Energia Elétrica e Bombeamento d'água em Localidades Remotas**, 2003.
- DMITRIJEVAS, C. **Análise da Ecoeficiência de Técnicas para Tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- EVANGELISTA, M. L. S. **Estudo comparativo de análise de investimentos em projetos entre o método VPL e o de opções reais: o caso cooperativa de crédito – Sicredi Noroeste**. 2006. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.
- FRÉSCA, F.R.C. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP a partir da caracterização física**. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.
- FRITSCH, I. E. **Resíduos sólidos e seus aspectos legais, doutrinários e jurisprudenciais**. Porto Alegre: EU/Secretaria Municipal da Cultura, 2000. 143p.
- FURLAN, W. **Modelo de decisão para escolha de tecnologia para o tratamento de resíduos sólidos no âmbito de um município**. Tese (Doutorado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2007.
- FURLANETTO, T. (2012). **Estudo de alternativas locais para a viabilidade ambiental: o caso do aeroporto de Ribeirão Preto/SP**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1994.
- GITMAN, L.J. **Princípios de administração financeira**. 10. ed. Pearson education. São Paulo, 2004.
- GOMES, A. **Ações propostas para a gestão participativa e integrada dos resíduos sólidos urbanos no município de Passo Fundo, RS**. Faculdade de Engenharia e Arquitetura. Programa de Pós Graduação em Engenharia – áreas de concentração: infraestrutura e meio ambiente. Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2011.
- GOMES, M.S. **Produção de bio-óleo através do processo termoquímico de pirólise**. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Araçatuba. Araçatuba, 2010.
- GÓMEZ, O. E. et al. **Projeto de Pirólise Rápida Contínua de Biomassa com Ar em Reator de Leito Fluidizado Atmosférico**, Encontro Energia do Meio Rural, 2003.
- GÓMEZ, O. E., **A Tecnologia de Pirólise no Contexto da Produção Moderna de Biocombustíveis: uma visão perspectiva**, 2009.

GONÇALVES, Cecília K. **Pirólise e combustão de resíduos plásticos**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

GRIPP, W. G.; **Aspectos Técnicos e Ambientais da Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos: considerações sobre a proposta para São Paulo**, São Carlos: 1998. 208 f., Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

HENRIQUES, R.M. **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica**. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

HENRIQUES, R. M.; OLIVEIRA, L. B.; COSTA, A. O.; **Geração de Energia com Resíduos Sólidos: Análise Custo Benefício**, IVIG-COPPE/UFRJ, 2004.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7. ed. Atlas. São Paulo, 2000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Rio de Janeiro, 2002. 397p.

JACOBI, P. (Org.). **Gestão compartilhada dos resíduos sólidos no Brasil: inovação com inclusão social**. São Paulo: Annablume, 2006. 163 p.

JARDIM, N.S. et al. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010.

JUNQUEIRA, F. F. (2000) **Análise do comportamento de resíduos sólidos urbanos e sistemas de dreno-filtrantes em diferentes escalas, com referencia ao aterro do Jóquei Clube – DF**. 289 p. Tese (Doutorado) Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

KAHLOW, S. **Pirólise de polipropileno pós-consumo visando a obtenção de novos produtos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Área de Concentração: Engenharia de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

KASSAI, J.R. et al. **Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. Atlas. São Paulo, 1999.

LEMES JÚNIOR, A. B.; RIGO, C. M; CHEROBIM, A. P. M. S. **Administração Financeira**. 2. Ed. Elsevier. Rio de Janeiro, 2005

LIMA, E. C. P de; VIANA, J. C.; LEVINO, N. de A.; MOTA, C. M. de. **Simulação de monte Carlo auxiliando a análise de viabilidade econômica de projetos**. Anais. VI Congresso Nacional de Excelência em gestão. Niterói, Agosto de 2008.

LIMA, M. R. S.; **Projeto e Montagem de um Aparato Experimental para Pirólise**, Trabalho apresentado como parte dos requisitos para a obtenção da aprovação na disciplina de Estágio Supervisionado em Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul (RS): Universidade de Caxias do Sul, 1998.

LIMPURB (2003). **Caracterização gravimétrica e físico-química dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Paulo**, 2003. Prefeitura do Município de São Paulo

LINDEMEYER, R. M. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica.** Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

LOPES, Luciana. **Gestão e gerenciamento integrados dos resíduos sólidos urbanos – alternativas para pequenos municípios.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

MARCHEZETTI, A.L. **Avaliação de alternativas tecnológicas para o tratamento de resíduos sólidos domiciliares pela aplicação do método ahp: estudo de caso da região metropolitana de Curitiba.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

MARIANO, M.O.H., MACIEL, F.J., FUCALE, J.F.T., BRITO, A.R. (2007). **Estudo da composição dos RSU do projeto piloto para recuperação de biogás no aterro da Muribeca/PE.** In: Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 6, Recife, 2007.

MAZZA, M.J. **Estudo dos parâmetros para análise de viabilidade econômica para implementação de smart card em instituições financeiras.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Engenharia de Itajubá. Itajubá, 2004.

MENEZES, R.; "O plasma térmico - Solução Final para os Resíduos Perigosos", Seminário de Meio Ambiente, ABM - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo, Outubro de 1999.

MESA PEREZ. JM., **Testes em uma planta de pirólise rápida de biomassa em leito fluidizado: Critérios para sua otimização.**, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, p 46-58, 2004.

MICALIZZI, Alberto. **Timing to Invest and Value of Managerial Flexibility –Schering Plough case study.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON REAL OPTIONS, 3., jun. 1999, Wassenaar/Leiden, Netherlands. Anais eletrônicos. Disponível em: <<http://www.realoptions.org/papers1999>>.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) e Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR), 2001.193p

MORAES, P.B. **Tratamento de chorume de aterro sanitário usando eletrólise foto-assistida.** Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Mecânica. Departamento de Engenharia de Materiais. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

MOUSINHO, F.E.P. **Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no estado do Piauí.** Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005.

MUNIZ, L. A. R.; **Controle Preditivo Adaptativo Aplicado a um Reator de Pirólise Operando em Regime Semi-Batelada,** tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

MUNIZ, A. R. C.; **Otimização da Operação de um Reator de Pirólise de Resíduos Sólidos Industriais,** UFSC, 2004.

NASCIMENTO, J.C.F. **Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.160p.

NATALI, J. R.; *Ética Ambiental*, Ed. Millennium Ltda., 2001.

NAVAL, L.P., GONDIM, S.M. (2001). **Caracterização física e físico-química dos resíduos sólidos urbanos domésticos e comerciais da cidade de Palmas/TO**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa: ABES, 2001. Pp: 1-7

NOBLE, B.F. **Strengthening EIA through adaptive management: a systems perspective**. *Environmental Impact Assessment Review*. V. 20, pp. 97-111. 2000.

OLIVEIRA, L. B.; ROSA, L. P.; **Usinas Termelétricas Híbridas: geração de energia com balanço nulo de emissões de gases do efeito estufa, usando combustível fóssil e biomassa residual**, In: Congresso Brasileiro de Energia, 9., 2002, Rio de Janeiro. Anais, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 1830-1836, 2003.

PALMA, M.A.; et al. **Economic feasibility of a mobile fast pyrolysis system for sustainable bio-crude oil production**. *International Food and Agribusiness Management Review*. Volume 14, Issue 3, 2011

PONCIANO, N. J. et al. **Análise de Viabilidade Econômica e de Risco da Fruticultura na Região Norte Fluminense**. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/resr/v42n4/24974.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2011.

PROPHETARUM, C. (2006). **O Bio-Óleo: um substituto para o Petróleo**. Disponível em <<http://movv.org/2006/03/31/o-bio-oleo-um-substituto-para-o-petroleo/>>. Acesso 10 jun, 2012.

REMER, D. NIETO, A. **A compendium and comparison of 25 project evaluation techniques**. Part 1: Net present value and rate of return methods. *International Journal of Production Economics*, v. 42, n. 1, p. 79-96, nov. 1995

RESÍDUOS SÓLIDOS: **Plano de gestão de resíduos sólidos urbanos**: Guia do profissional em treinamento: nível 2. Secretaria Nacional de Saneamento ambiental (org.). Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 100p.

RINGER, M.; PUTSCHE, V.; SCAHILL, J. **Large-scale pyrolysis oil production: a technology assessment and economic analysis**. National Renewable Energy Laboratory. Technical Report NREL/TP-510-37779, November, 2006 Colorado, U.S, 2006.

RITTER, Filipe. **Análise da viabilidade econômica do policultivo de Jundiás, Carpas e Tilápias-do-Nilo como uma alternativa de modelo de cultivo de peixes na piscicultura familiar da pequena propriedade**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia e Arquitetura. Programa de Pós Graduação em Engenharia – áreas de concentração: infraestrutura e meio ambiente. Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2011.

ROCHA, J. D. ; PÉREZ, J. M.; CORTEZ, L.A.B. **Aspectos teóricos e práticos do processo de pirólise de biomassa**. UNIFEI. Itajubá, 2004.

ROSS, S. A. **Use, abuses, and alternatives to the net-present-value rule**. *Financial Management*, v. 24, n. 3, p. 96-102, Autumn, 1995

RUSSO, Mário A.T. **Tratamento de resíduos sólidos**. Faculdade de Ciências e tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Coimbra. Coimbra, 2003.

SAMPAIO FILHO, A.C.S. **Taxa interna de retorno modificada: proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não periódicos, não necessariamente convencionais.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação e Pesquisa em Administração e Economia. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC. Rio de Janeiro, 2008.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos.** Oficina de Textos, 1ª ed. São Paulo. 2008.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14675** de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Florianópolis, 2009.

SANTOS, Antonio Raimundo. **Metodologia científica: a construção do conhecimento.** Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SANTOS, R.C. et al. **Usinas de Compostagem de Lixo como alternativa viável à problemática dos lixões no meio urbano.** Enciclopédia Biosfera, N.02, 2006.

SEBRAE – MG. **Importação.** 2ªed., rev. e atualizada, 36p. Série Cooperação Internacional. Belo Horizonte, 2005.

SMLU – Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. (2003). **Caracterização dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Belo Horizonte.** Belo Horizonte: SMLU, julho/2003.

SILVA, E.; MENEZES, E.. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis, 2001.

SILVA, J. R. da. **Análise da viabilidade econômica da produção de peixes em tanques-rede no reservatório de Itaipu.** Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2005.** Brasília: MCIDADES.SNSA, 2007.

SKOVGAARD, M; VILLANUEVA, A; VRGOC, M. **Outlooks for waste generation and methane emissions in Europe to 2020.** / Paper presented at ISWA Annual Congress 2006, ‘Waste Site Stories’, 1-5 October 2006/.

SOARES, N. M. B. **Gestão e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de Fortaleza/CE.** Fortaleza: 2004. 106p.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e pratica.** São Carlos: Riani Costa, 2000.

SOUZA, M.P. **A base de referencia e a avaliação de impacto ambiental.** In. Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.749-756. Campo Grande - Brasil. 2006.

SOUZA, M. P.; OLIVEIRA, I. S. D; FONTES, A. T.; MONTAÑO, M.; RANIERI, V. E. L. **A Base de Referência e os Instrumentos da Política Ambiental.** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG. 2007. CD-ROM.

SPLAINEX. **Pyrolysis technology.** Disponível em<  
[http://www.splainex.com/pyrolysis\\_video\\_photo.htm#pyrolysis\\_photo](http://www.splainex.com/pyrolysis_video_photo.htm#pyrolysis_photo)>. Acesso em 24 jun, 2012.

- STEINEMANN, A. **Improving alternatives for environmental impact assessment.** Environmental Impact Assessment Review. V. 21, pp. 3 - 21. 2001.
- STINGHEN, A.; *Co-processar, incinerar, aterrar ou pirolisar? Caso estudo: Resíduos PP, ABS, Borra Tinta*, Departamento de Engenharia Química Centro de Ciências Tecnológicas Universidade Regional de Blumenau-S/C, 2007.
- STRAUCH, M. e ALBUQUERQUE, P. (Orgs.). **Resíduos: como lidar com recursos naturais.** São Leopoldo: Oikos, 2008.
- TAGUCHI, Leandro R. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares com uso do Balanced Scorecard.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Programa de Pós Graduação em Administração de Organizações. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- TAMMEMAGI, H. **The waste crisis. Landfills, incinerators, and the search for a sustainable future.** New York: Oxford University Press, 1999. 279p.
- TAHA, P. **Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica da Produção de Surimi.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Florianópolis. Florianópolis, 1996
- TENDLER, M.; RUTBERG, P.; VAN, O.; **Plasma Based Waste Treatment and Energy Production.** Bristol: Institute of Physics Publishing/ Plasma and Physics Controlled Fusion, 2005.
- THEMELIS, Nickolas J.; MILLRATH, Karsten. **The Case for WTE as a Renewable Source of Energy.** In: NORTH AMERICAN WASTE TO ENERGY CONFERENCE, 12., 2004, Savannah. México: ASME, 2004.
- UDAETA, M. E. M; GRIMONI, J. A. B; GALVÃO, L. C. R; KINTO, O. T., **Energia da Gaseificação de Biomassa como Opção Energética de Desenvolvimento Limpo**, GEPEA – USP, Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. (2004). **Gerenciamento Integrado para Transferência e destino final dos resíduos sólidos urbanos de Maceió.** 256p. Maceió, 2004.
- UNIVERSIDADE DE SANTA CECÍLIA. **As decisões de investimento.** Disponível em <<http://www.unisanta.br/materialdidaticorm/arquivos%5CAULA2OFLUXODECAIXAINCREMENTALa93725.doc>>. Acesso em: 15 jul. 2013.
- VIEIRA, G.E.G. et al. **O processo de pirólise como alternativa para o aproveitamento do potencial energético de lodo de esgoto – uma revisão.** Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01-106, jan./jun. 2011.
- VIEIRA, J.C. **Gestão financeira II: livro didático.** 2ª Ed. Rev. e Atual. Unisul Virtual. Palhoça, 2007.
- ZANETI, I. C. B. B. **Educação Ambiental, resíduos sólidos urbanos e sustentabilidade: Um estudo de caso sobre o sistema de gestão de Porto Alegre, RS.** 2003. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, 2003. 178p.
- ZANLUCA, J.C. **Cálculos de encargos sociais e trabalhistas (2011).** Disponível em <<http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/custostrabalhistas.htm>>. Acesso em 12/06/2013.

WILLIAMS, P. T. **Waste treatment and disposal.** 2 ed. The University of Leeds, UK, 2005.

**APÊNDICES**



**Apêndice 1 – Fluxo financeiro para o sistema de pirólise de RSU (continuação)**

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.432.037	2.474.598	2.517.904	2.561.967	2.606.801	2.652.420	2.698.838	2.746.067	2.794.124	2.843.021	2.892.774	2.943.397	2.994.907	3.047.317
516.808	525.852	535.055	544.418	553.945	563.639	573.503	583.539	593.751	604.142	614.714	625.472	636.418	647.555
1.915.230	1.948.746	1.982.849	2.017.549	2.052.856	2.088.781	2.125.335	2.162.528	2.200.372	2.238.879	2.278.059	2.317.925	2.358.489	2.399.762
1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921
1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
-1.289.587	-1.256.070	-1.221.967	-1.187.267	-1.151.960	-1.116.035	-1.079.482	-1.042.288	-1.004.444	-965.937	-926.757	-886.891	-846.327	-805.054
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.289.587	-1.256.070	-1.221.967	-1.187.267	-1.151.960	-1.116.035	-1.079.482	-1.042.288	-1.004.444	-965.937	-926.757	-886.891	-846.327	-805.054
56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000
-1.345.587	-1.312.070	-1.277.967	-1.243.267	-1.207.960	-1.172.035	-1.135.482	-1.098.288	-1.060.444	-1.021.937	-982.757	-942.891	-902.327	-861.054
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.906.144
-1.345.587	-1.312.070	-1.277.967	-1.243.267	-1.207.960	-1.172.035	-1.135.482	-1.098.288	-1.060.444	-1.021.937	-982.757	-942.891	-902.327	6.045.090
													1.450.822
-1.289.587	-1.256.070	-1.221.967	-1.187.267	-1.151.960	-1.116.035	-1.079.482	-1.042.288	-1.004.444	-965.937	-926.757	-886.891	-846.327	-2.255.875
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													6.906.144
-1.289.587	-1.256.070	-1.221.967	-1.187.267	-1.151.960	-1.116.035	-1.079.482	-1.042.288	-1.004.444	-965.937	-926.757	-886.891	-846.327	4.650.269





## Apêndice 3 – Fluxo financeiro do Cenário 2

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento												
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Receita Bruta</b>		2.009.517	2.044.683	2.080.465	2.116.874	2.153.919	2.191.612	2.229.966	2.268.990	2.308.697	2.349.100	2.390.209
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		427.022	434.495	442.099	449.836	457.708	465.718	473.868	482.160	490.598	499.184	507.919
<b>(=) Receita Líquida</b>		1.582.495	1.610.188	1.638.367	1.667.038	1.696.211	1.725.895	1.756.098	1.786.830	1.818.099	1.849.916	1.882.289
(-) Custo Variável de Produção		912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		-587.798	-560.104	-531.926	-503.255	-474.082	-444.398	-414.195	-383.463	-352.194	-320.377	-288.003
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		-587.798	-560.104	-531.926	-503.255	-474.082	-444.398	-414.195	-383.463	-352.194	-320.377	-288.003
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		-1.848.524	-1.820.831	-1.792.653	-1.763.981	-1.734.808	-1.705.124	-1.674.921	-1.644.189	-1.612.920	-1.581.103	-344.003
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Tributável</b>		-1.848.524	-1.820.831	-1.792.653	-1.763.981	-1.734.808	-1.705.124	-1.674.921	-1.644.189	-1.612.920	-1.581.103	-344.003
IR/CSLL												
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		-587.798	-560.104	-531.926	-503.255	-474.082	-444.398	-414.195	-383.463	-352.194	-320.377	-288.003
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	14.036.878											
(+) Liberação Financiamento	0											
(+) Valor Residual												
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	-14.036.878	-587.798	-560.104	-531.926	-503.255	-474.082	-444.398	-414.195	-383.463	-352.194	-320.377	-288.003
Taxa Interna de Retorno =	-5,32%											
Valor Presente Líquido=	(R\$16.736.535,56)											
Valor Anual =	(R\$2.273.958,91)											
				TMA	6,00%							
				IR/CSLL	24%							
				V. Residual:	30%							

## Apêndice 3 – Fluxo financeiro do Cenário 2 (continuação)

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.432.037	2.474.598	2.517.904	2.561.967	2.606.801	2.652.420	2.698.838	2.746.067	2.794.124	2.843.021	2.892.774	2.943.397	2.994.907	3.047.317
516.808	525.852	535.055	544.418	553.945	563.639	573.503	583.539	593.751	604.142	614.714	625.472	636.418	647.555
1.915.230	1.948.746	1.982.849	2.017.549	2.052.856	2.088.781	2.125.335	2.162.528	2.200.372	2.238.879	2.278.059	2.317.925	2.358.489	2.399.762
912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397
1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
-255.063	-221.547	-187.444	-152.744	-117.437	-81.512	-44.958	-7.765	30.080	68.586	107.767	147.633	188.196	229.470
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-255.063	-221.547	-187.444	-152.744	-117.437	-81.512	-44.958	-7.765	30.080	68.586	107.767	147.633	188.196	229.470
56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000
-311.063	-277.547	-243.444	-208.744	-173.437	-137.512	-100.958	-63.765	-25.920	12.586	51.767	91.633	132.196	173.470
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.906.144
-311.063	-277.547	-243.444	-208.744	-173.437	-137.512	-100.958	-63.765	-25.920	12.586	51.767	91.633	132.196	173.470
									3.021	12.424	21.992	31.727	1.699.107
-255.063	-221.547	-187.444	-152.744	-117.437	-81.512	-44.958	-7.765	30.080	65.565	95.343	125.641	156.469	-1.469.638
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													6.906.144
-255.063	-221.547	-187.444	-152.744	-117.437	-81.512	-44.958	-7.765	30.080	65.565	95.343	125.641	156.469	5.436.506

### Apêndice 4 – Fluxo financeiro do Cenário 3

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento												
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Receita Bruta</b>		<b>4.661.531</b>										
(-) Impostos Prop. s/Vendas		990.575	990.575	990.575	990.575	990.575	990.575	990.575	990.575	990.575	990.575	990.575
<b>(=) Receita Líquida</b>		<b>3.670.955</b>										
(-) Custo Variável de Produção		912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		<b>1.500.663</b>										
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		<b>1.500.663</b>										
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		<b>239.936</b>	<b>1.444.663</b>									
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Tributável</b>		<b>239.936</b>	<b>1.444.663</b>									
IR/CSLL		57.585	57.585	57.585	57.585	57.585	57.585	57.585	57.585	57.585	57.585	467.185
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		<b>1.443.078</b>	<b>1.033.477</b>									
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	<b>14.036.878</b>											
(+) Liberação Financiamento	0											
(+) Valor Residual												
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	<b>-14.036.878</b>	<b>1.443.078</b>	<b>1.033.477</b>									
Taxa Interna de Retorno =	8,44%	<i>Payback</i>	TMA	6,00%								
Valor Presente Líquido=	R\$3.440.127,35		IR/CSLL	24%								
Valor Anual =	R\$467.403,08		V. Residual:	30%								



### Apêndice 5 – Fluxo financeiro do Cenário 4

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento												
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Receita Bruta</b>		<b>2.868.016</b>	<b>2.918.207</b>	<b>2.969.275</b>	<b>3.021.237</b>	<b>3.074.109</b>	<b>3.127.906</b>	<b>3.182.644</b>	<b>3.238.341</b>	<b>3.295.012</b>	<b>3.352.674</b>	<b>3.411.346</b>
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		609.453	620.119	630.971	642.013	653.248	664.680	676.312	688.147	700.190	712.443	724.911
<b>(=) Receita Líquida</b>		<b>2.258.563</b>	<b>2.298.088</b>	<b>2.338.304</b>	<b>2.379.225</b>	<b>2.420.861</b>	<b>2.463.226</b>	<b>2.506.332</b>	<b>2.550.193</b>	<b>2.594.822</b>	<b>2.640.231</b>	<b>2.686.435</b>
(-) Custo Variável de Produção		912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		<b>88.270</b>	<b>127.795</b>	<b>168.011</b>	<b>208.932</b>	<b>250.568</b>	<b>292.933</b>	<b>336.040</b>	<b>379.901</b>	<b>424.529</b>	<b>469.938</b>	<b>516.142</b>
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		<b>88.270</b>	<b>127.795</b>	<b>168.011</b>	<b>208.932</b>	<b>250.568</b>	<b>292.933</b>	<b>336.040</b>	<b>379.901</b>	<b>424.529</b>	<b>469.938</b>	<b>516.142</b>
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		<b>-1.172.456</b>	<b>-1.132.931</b>	<b>-1.092.715</b>	<b>-1.051.795</b>	<b>-1.010.158</b>	<b>-967.793</b>	<b>-924.687</b>	<b>-880.826</b>	<b>-836.197</b>	<b>-790.788</b>	<b>460.142</b>
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Tributável</b>		<b>-1.172.456</b>	<b>-1.132.931</b>	<b>-1.092.715</b>	<b>-1.051.795</b>	<b>-1.010.158</b>	<b>-967.793</b>	<b>-924.687</b>	<b>-880.826</b>	<b>-836.197</b>	<b>-790.788</b>	<b>460.142</b>
IR/CSLL												132.448
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		<b>88.270</b>	<b>127.795</b>	<b>168.011</b>	<b>208.932</b>	<b>250.568</b>	<b>292.933</b>	<b>336.040</b>	<b>379.901</b>	<b>424.529</b>	<b>469.938</b>	<b>383.694</b>
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	<b>14.036.878</b>											
(+) Liberação Financiamento	0											
(+) Valor Residual												
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	<b>-14.036.878</b>	<b>88.270</b>	<b>127.795</b>	<b>168.011</b>	<b>208.932</b>	<b>250.568</b>	<b>292.933</b>	<b>336.040</b>	<b>379.901</b>	<b>424.529</b>	<b>469.938</b>	<b>383.694</b>
Taxa Interna de Retorno =	<b>1,90%</b>											
				TMA	6,00%							
Valor Presente Líquido=	<b>(R\$6.904.770,27)</b>			IR/CSLL	24%							
Valor Anual =	<b>(R\$938.137,04)</b>			V. Residual:	30%							

**Apêndice 5 – Fluxo financeiro do Cenário 4 (continuação)**

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
3.471.045	3.531.788	3.593.594	3.656.482	3.720.471	3.785.579	3.851.826	3.919.233	3.987.820	4.057.607	4.128.615	4.200.866	4.274.381	4.349.183
737.597	750.505	763.639	777.002	790.600	804.436	818.513	832.837	847.412	862.241	877.331	892.684	908.306	924.201
2.733.448	2.781.283	2.829.955	2.879.480	2.929.871	2.981.143	3.033.313	3.086.396	3.140.408	3.195.365	3.251.284	3.308.182	3.366.075	3.424.981
912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397	912.397
1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
563.155	610.990	659.663	709.187	759.578	810.851	863.021	916.104	970.116	1.025.073	1.080.992	1.137.889	1.195.782	1.254.689
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
563.155	610.990	659.663	709.187	759.578	810.851	863.021	916.104	970.116	1.025.073	1.080.992	1.137.889	1.195.782	1.254.689
56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000
507.155	554.990	603.663	653.187	703.578	754.851	807.021	860.104	914.116	969.073	1.024.992	1.081.889	1.139.782	1.198.689
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.906.144
507.155	554.990	603.663	653.187	703.578	754.851	807.021	860.104	914.116	969.073	1.024.992	1.081.889	1.139.782	8.104.833
26.715	31.499	36.366	41.319	46.358	51.485	56.702	62.010	67.412	72.907	78.499	84.189	89.978	1.945.160
536.439	579.491	623.297	667.868	713.220	759.366	806.319	854.093	902.704	952.165	1.002.492	1.053.700	1.105.804	-690.471
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													6.906.144
536.439	579.491	623.297	667.868	713.220	759.366	806.319	854.093	902.704	952.165	1.002.492	1.053.700	1.105.804	6.215.673

## Apêndice 6 – Fluxo financeiro do Cenário 5

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento												
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Receita Bruta</b>		6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015	6.653.015
(-) Impostos Prop. s/ Vendas		1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766	1.413.766
<b>(=) Receita Líquida</b>		5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249	5.239.249
(-) Custo Variável de Produção		1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433	2.034.433
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	1.978.433
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Tributável</b>		773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	773.706	1.978.433
IR/CSLL		239.060	239.060	239.060	239.060	239.060	239.060	239.060	239.060	239.060	239.060	648.667
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.385.766
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	14.036.878											
(+) Liberação Financiamento	0											
(+) Valor Residual												
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	-14.036.878	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.795.372	1.385.766
Taxa Interna de Retorno =	11,44%	Payback	TMA	6,00%								
Valor Presente Líquido=	R\$7.956.037,18		IR/CSLL	24%								
Valor Anual =	R\$1.080.970,53		9,02	V. Residual:	30%							





**Apêndice 7 – Fluxo financeiro do Cenário 6 (continuação)**

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento													
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.432.037	2.474.598	2.517.904	2.561.967	2.606.801	2.652.420	2.698.838	2.746.067	2.794.124	2.843.021	2.892.774	2.943.397	2.994.907	3.047.317
2.432.037	2.474.598	2.517.904	2.561.967	2.606.801	2.652.420	2.698.838	2.746.067	2.794.124	2.843.021	2.892.774	2.943.397	2.994.907	3.047.317
1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921
1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
-772.779	-730.218	-686.913	-642.849	-598.015	-552.396	-505.979	-458.749	-410.693	-361.796	-312.043	-261.419	-209.910	-157.499
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-772.779	-730.218	-686.913	-642.849	-598.015	-552.396	-505.979	-458.749	-410.693	-361.796	-312.043	-261.419	-209.910	-157.499
56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000
-828.779	-786.218	-742.913	-698.849	-654.015	-608.396	-561.979	-514.749	-466.693	-417.796	-368.043	-317.419	-265.910	-213.499
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.906.144
-828.779	-786.218	-742.913	-698.849	-654.015	-608.396	-561.979	-514.749	-466.693	-417.796	-368.043	-317.419	-265.910	6.692.645
													1.606.235
-772.779	-730.218	-686.913	-642.849	-598.015	-552.396	-505.979	-458.749	-410.693	-361.796	-312.043	-261.419	-209.910	-1.763.734
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													6.906.144
-772.779	-730.218	-686.913	-642.849	-598.015	-552.396	-505.979	-458.749	-410.693	-361.796	-312.043	-261.419	-209.910	5.142.410

### Apêndice 8 – Fluxo financeiro do Cenário 7

Quadro do Fluxo Financeiro do Empreendimento												
Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Receita Bruta</b>		4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531
(-) Impostos Prop. s/ Vendas												
<b>(=) Receita Líquida</b>		4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531	4.661.531
(-) Custo Variável de Produção		1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921	1.946.921
(-) Custo Fixo de Produção		1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896	1.257.896
<b>(=) Lucro Bruto</b>		1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714
(-) Despesas Gerais Variáveis		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Gerais Fixas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(-) Despesas Financeiras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Líquido antes do IR</b>		1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714	1.456.714
(-) Depreciação		1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	1.260.726	56.000
<b>(=) Lucro Operacional</b>		195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	1.400.714
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(=) Lucro Tributável</b>		195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	195.988	1.400.714
IR/CSLL		42.636	42.636	42.636	42.636	42.636	42.636	42.636	42.636	42.636	42.636	452.243
<b>Lucro Líquido após o IR</b>		1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.004.471
(-) Amortização		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>(-) Investimentos</b>	14.036.878											
(+) Liberação Financiamento	0											
(+) Valor Residual												
<b>Fluxo Caixa Empreendimento</b>	-14.036.878	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.414.078	1.004.471
Taxa Interna de Retorno =	8,18%			TMA	6,00%							
Valor Presente Líquido=	R\$3.068.357,42			IR/CSLL	24%							
Valor Anual =	R\$416.891,46			V. Residual:	30%							

