



IUNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia de Bauru

Rafael Mattos de Deus

Avaliação de cenários para a gestão dos Resíduos Domiciliares na
região norte do Vale do Paraíba/SP

Bauru
2015

Rafael Mattos de Deus

Avaliação de cenários para a gestão dos Resíduos Domiciliares na
região norte do Vale do Paraíba/SP

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru.

Área de Concentração: Gestão de Operações e Sistemas

Orientadora: Profa. Dra. Rosane Aparecida Gomes Battistelle

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique Ribeiro da Silva

Bauru
2015

Deus, Rafael Mattos de.

Avaliação de cenários para a gestão dos Resíduos Domiciliares na região norte do Vale do Paraíba/SP / Rafael Mattos de Deus. Bauru, 2015

134 f.

Orientadora: Rosane Aparecida Gomes Battistelle
Coorientador: Gustavo Henrique Ribeiro da Silva

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2015

1. Resíduos Domiciliares. 2. Gestão Integrada. 3. Cenários. 4. Cooperação Intermunicipal. 5. Compostagem. 6. Reciclagem. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Avaliação de cenários para a gestão dos Resíduos Domiciliares na região norte do Vale do Paraíba/SP.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RAFAEL MATTOS DE DEUS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 13 dias do mês de fevereiro do ano de 2015, às 10:00 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica da Pós-graduação, da Faculdade de Engenharia de Bauru, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. VALDIR SCHALCH do(a) Escola de Engenharia / Universidade de São Paulo, Profa. Dra. BARBARA STOLTE BEZERRA do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RAFAEL MATTOS DE DEUS, intitulado "AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS PARA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NA REGIÃO NORTE DO VALE DO PARAÍBA". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE


Prof. Dr. VALDIR SCHALCH


Profa. Dra. BARBARA STOLTE BEZERRA

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

A BANCA EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DO ALUNO:
RAFAEL MATTOS DE DEUS

DE: "AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS PARA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NA
REGIÃO NORTE DO VALE DO PARAÍBA"

PARA:

*Avaliação de Cenários para a gestão dos
resíduos domiciliares na região norte do vale do
paraíba.*

Bauru, 13 de fevereiro de 2015.


Profª. Drª. Rosane Aparecida Gomes Battistelle
Orientadora

DEDICATÓRIA

*A Deus, o princípio e o fim de
tudo, o Alfa e o Ômega.
A minha esposa Elaine Mattos.
A minha família.
Aos meus orientadores Rosane
Battistelle e Gustavo Silva.
Aos amigos e todos que
contribuíram na minha
trajetória de vida.*

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade concedida a mim e pela paciência e paz geradas no meu coração.

Agradeço à minha esposa Elaine Mattos pelo companheirismo e sabedoria de lidar comigo neste tempo.

Agradeço à minha família, que é a base sólida para meu crescimento e desenvolvimento.

Agradeço aos meus orientadores Rosane Battistelle e Gustavo Silva por acreditarem no meu potencial e me impulsionar para além das limitações.

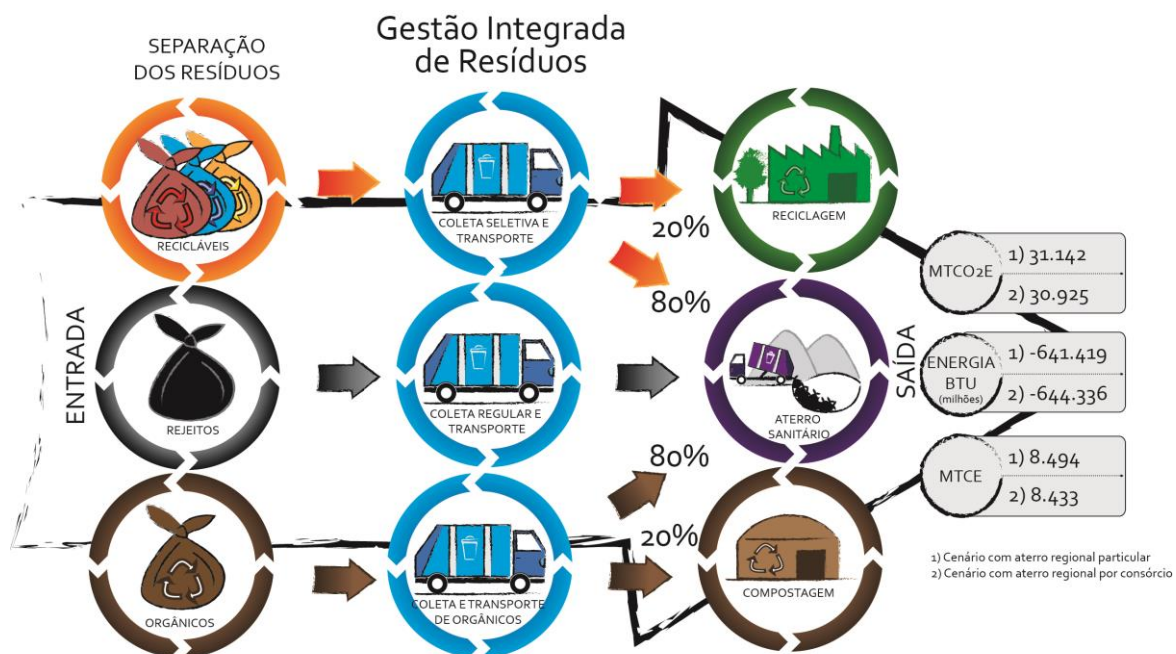
Agradeço aos meus professores, alunos e banca por contribuírem para desfecho deste estudo.

Agradeço a todos que de alguma forma estiveram presente na minha vida e contribuíram para o meu amadurecimento.

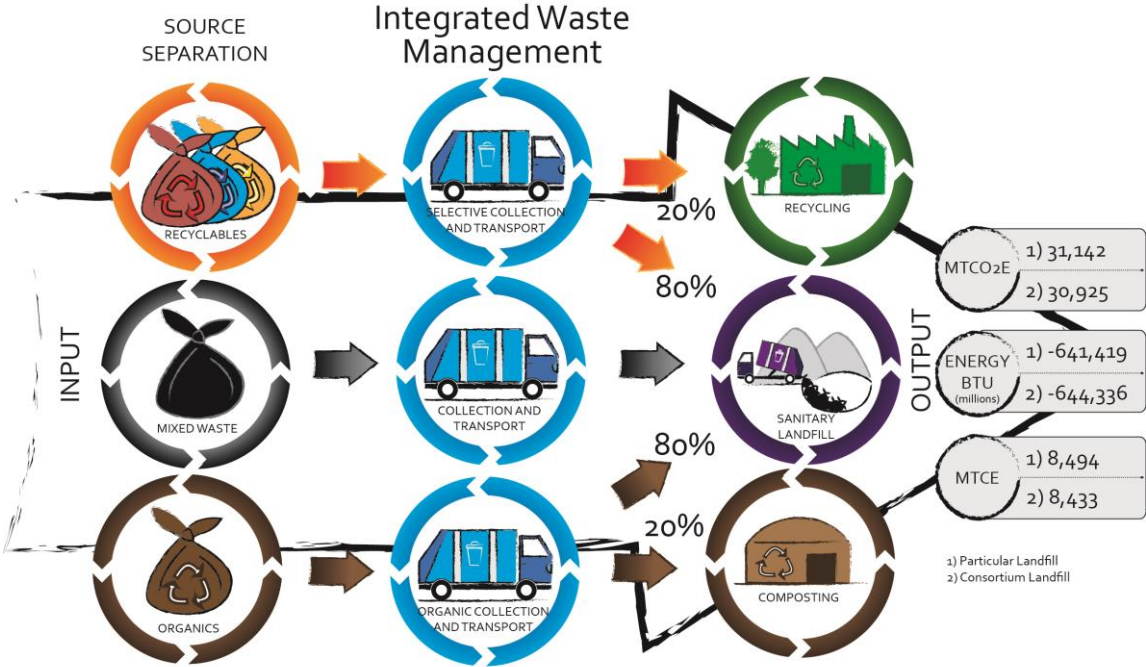
Obrigado!

*"Mera mudança não é crescimento.
Crescimento é a síntese de mudança e
continuidade, e onde não há continuidade
não há crescimento."
—C. S. Lewis*

RESUMO GRÁFICO



GRAPHICAL ABSTRACT



RESUMO

Os resíduos domiciliares constituem um desafio para a gestão pública, pois concomitante ao crescimento populacional a geração de resíduos tem aumentado. Diante disso a Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil traçou metas para solucionar alguns problemas, como erradicar os lixões e aterros controlados, entretanto atingir as metas com eficácia não é simples, assim há alternativas viáveis como a cooperação intermunicipal por consórcio, ou por meio de privatizações dos processos. Acrescentado a isto há a gestão integrada que envolve várias técnicas, tecnologias, estratégias e programas para atingir determinados objetivos. Portanto, este estudo teve por objetivo avaliar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e consumo energético de seis cenários (1. Aterro regional, 2. Aterro regional menos 10% da geração total de resíduos, 3. Aterro regional mais 10% da geração total de resíduos, 4. Aterro regional mais reciclagem de 20%, 5. Aterro regional mais compostagem de 20%, 6. Aterro regional mais integração de reciclagem de 20% e compostagem de 20%) em dois contextos de aterros (particular e consórcio) para pequenos municípios localizados na região norte do Vale do Paraíba/SP. Por meio da técnica de construção de cenários e do modelo *Waste Reduction Model* (WARM) foi possível obter o total de energia em BTU, a quantidade de emissões de MTCO₂E (toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente) e MTCE (toneladas métricas de carbono equivalente) para as várias formas de situação. Portanto o crescimento de resíduos aumenta às emissões de GEE e consumo energético enquanto um programa municipal para redução na geração de resíduos contribui favoravelmente. O melhor cenário é aquele que integra compostagem e reciclagem, contribuindo com redução de cerca de 72% para emissões de MTCO₂E e MTCE, e diferindo 410% no consumo energético, evitando seu uso. O aterro em consórcio só terá vantagem sobre o particular, se a localização for a mais ideal possível, conforme o ponto de equilíbrio, pois a distância percorrida pelo transporte é um ponto importante de impacto ambiental.

Palavras-chave: Resíduos Domiciliares; Gestão Integrada; Cenários; Cooperação Intermunicipal; Compostagem; Reciclagem.

ABSTRACT

Solid waste is a challenge for public administration because it increases as population grows. Thus, Brazil's National Policy on Solid Waste traced goals to solve some of the problems (e.g., replacement of open dumps with controlled landfills); however, effectively achieving the goals is not simple. There are viable alternatives such as inter-municipal cooperation by consortium and privatization. Furthermore, integrated management involves various techniques, technologies, strategies, and programs to achieve certain goals. As a result, we aimed to evaluate greenhouse gas (GHG) emissions and energy consumption in six regional landfill scenarios: conventional, with 10% less waste generation, with 10% additional waste generation, with 20% recycling, with 20% composting, and with 20% recycling and 20% composting. Each was considered in two contexts (inter-municipal cooperation and privatized) for small municipalities located in the north of Vale do Paraíba/SP. Through scenario-building and use of the waste reduction model, total energy in BTU, emissions in metric tons carbon dioxide equivalent (MTCO₂E), and emissions in metric tons carbon equivalent (MTCE) were evaluated in various situations. When waste increases, so do GHG emissions and energy consumption; therefore a municipal program to reduce waste generation contributes favorably. The best scenario is one that integrates composting and recycling, contributing to a 72% reduction in MTCO₂E and MTCE emissions, and differing 410% in energy use, avoiding its consumption. The consortium context will be effective only if the location is ideal because transportation is an important part of the environmental impact.

Keywords: Household solid waste; integrated management; scenarios; inter-municipal cooperation; composting; recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de publicações referente a “resíduos sólidos” no título de publicações indexadas no ISI Web of Science.....	25
Figura 2. Visão geral do processo de pesquisa na gestão da produção e operações.	26
Figura 3. Evolução da geração de resíduos sólidos e suas projeções em três cenários diferentes.....	33
Figura 4. Composição física dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.....	34
Figura 5. Composição física dos resíduos sólidos urbanos em Portugal.	34
Figura 6. Composição física dos resíduos sólidos urbanos no México (1998).....	35
Figura 7. Composição física dos resíduos sólidos urbanos na Grécia (2001).....	35
Figura 8. Linha de Tempo da Criação da PNRS.	38
Figura 9. Cenário normativo (desejado).	47
Figura 10. Visão geral dos tipos de cenários.....	48
Figura 11. Categorias e tipos de cenários, segundo Börjeson et al. (2006).	48
Figura 12. Planejamento de cenário: processo completo.....	50
Figura 13. Processo de construção de cenários alternativos.	52
Figura 14. Processo de construção de cenário normativo.	53
Figura 15. Processo de construção de cenários no planejamento governamental. ..	53
Figura 16. Mapa destacando o Vale do Paraíba.	57
Figura 17. Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado de São Paulo.	58
Figura 18. Mapa da região norte do Vale do Paraíba, destacando os municípios desta pesquisa.	59
Figura 19. Cenário ideal conforme a PNRS.	62
Figura 20. O cenário 1 representa a implementação do aterro regional. O cenário 2 representa a implementação do aterro regional com redução de 10% de RD. O cenário 3 representa a implementação do aterro regional com redução de 10% da geração total de RD. O cenário 4 representa a implementação do aterro regional com reciclagem de 20% dos resíduos recicláveis. O cenário 5 representa a implementação do aterro regional com compostagem de 20% dos resíduos orgânicos. O cenário 4 representa a implementação do aterro	

regional com reciclagem de 20% dos resíduos recicláveis e compostagem de 20% dos resíduos orgânicos.	63
Figura 21. Uso de um grid no mapa enfatizando os municípios em estudo.	67
Figura 22. Projeção populacional até 2030.	69
Figura 23. Projeção de geração de RSU em ton/ano até 2030.	70
Figura 24. Veículo coletor de resíduos sólidos urbanos no município de Arapeí.	75
Figura 25. Aterro Controlado de Arapeí.	76
Figura 26. Resíduos Descartados na Vala do Aterro.	80
Figura 27. Sacos com Materiais Triados para Reciclagem.	81
Figura 28. Vista Geral do Aterro Controlado do Município de Bananal.	86
Figura 29. Vista Aérea do Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista.	90
Figura 30. Vista Geral da Frente de Descarga com Triagem de Materiais.	111
Figura 31. Resumo do fluxo esquemático do Cenário Base.	114
Figura 32. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 1.	115
Figura 33. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 2.	116
Figura 34. Comparação da emissão de MTCO ₂ E entre os cenários.	117
Figura 35. Comparação do total de energia em milhões BTU entre os cenários. ...	117
Figura 36. Comparação da emissão de MTCE entre os cenários.	118
Figura 37. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 3.	118
Figura 38. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 4.	119
Figura 39. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 5.	121
Figura 40. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 6.	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fontes dos Resíduos Sólidos.....	31
Quadro 2. Classificação e definição das camadas de indicadores segundo Greene; Tonjes (2014).	41
Quadro 3. Indicadores para avaliação da eficácia da parceria público-privada, segundo Massoud; El-Fadel; Abdel Malak (2003).....	44
Quadro 4. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos	74
Quadro 5. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos	79
Quadro 6. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos	85
Quadro 7. Serviços de Limpeza Pública e Manejo de Resíduos Sólidos de Cachoeira Paulista.....	89
Quadro 8. Serviços de Limpeza Pública e Manejo de Resíduos Sólidos de Cruzeiro.	94
Quadro 9. Serviços de Limpeza Pública e Manejo de Resíduos Sólidos de Lavrinhas.	98
Quadro 10. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos de São José do Barreiro.	106
Quadro 11. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos de Silveiras.	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de unidades de destino de resíduos e rejeitos urbanos considerando somente disposição no solo em lixão, aterro controlado e aterro sanitário.....	36
Tabela 2. Municípios envolvidos neste estudo e suas respectivas populações e IDH-M (Índice de Desenvolvimento Humano – Municipal).....	58
Tabela 3. Classificação e notas de 2014 dos municípios deste estudo no programa Município VerdeAzul.....	59
Tabela 4. Fatores de GEE em MTCO ₂ E por tonelada (toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente).....	64
Tabela 5. Composição Gravimétrica dos Resíduos Domiciliares.....	66
Tabela 6. Distância em km entre os municípios.....	68
Tabela 7. Distância média em km entre os municípios e o aterro sanitário em Cachoeira Paulista.....	68
Tabela 8. Retrato do município de Arapeí.....	73
Tabela 9. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e <i>per capita</i> em 2011.....	74
Tabela 10. Comparação entre os cenários do município de Arapeí quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.....	78
Tabela 11. Retrato do município de Areias.....	78
Tabela 12. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e <i>per capita</i> a Preços Correntes em 2011.....	79
Tabela 13. Comparação entre os cenários do município de Areias quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.....	83
Tabela 14. Retrato do município de Bananal.....	84
Tabela 15. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e <i>Per Capita</i> a Preços Correntes em 2011.....	84
Tabela 16. Comparação entre os cenários do município de Bananal quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.....	88
Tabela 17. Retrato do município de Cachoeira Paulista.....	88

Tabela 18. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e per capita a Preços Correntes / 2011.....	89
Tabela 19. Comparação entre os cenários do município de Cacheira Paulista quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.	92
Tabela 20. Retrato do município de Cruzeiro.....	93
Tabela 21. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e per capita a Preços Correntes / 2011.....	93
Tabela 22. Comparação entre os cenários do município de Cruzeiro quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.	96
Tabela 23. Retrato do município de Lavrinhas.....	97
Tabela 24. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e per capita a Preços Correntes / 2011.....	98
Tabela 25. Comparação entre os cenários do município de Lavrinhas quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.	100
Tabela 26. Retrato do município de Queluz.....	101
Tabela 27. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e Per capita a Preços Correntes em 2011.	102
Tabela 28. Comparação entre os cenários do município de Queluz quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.	104
Tabela 29. Retrato do município de São José do Barreiro.....	105
Tabela 30. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e <i>per capita</i> a Preços Correntes / 2011.....	105
Tabela 31. Comparação entre os cenários do município de São José do Barreiro quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.	108
Tabela 32. Retrato do município de Silveiras.....	109
Tabela 33. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e per capita a Preços Correntes em 2011.....	109

Tabela 34. Comparação entre os cenários do município de Silveiras quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.	113
Tabela 35. Comparação entre os cenários de todos os municípios quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.	114

LISTA DE SIGLAS

ACV – Análise do Ciclo de Vida

BTU – *British Thermal Unit* (Unidade Térmica Britânica)

GEE – Gases de Efeito Estufa

GHG – *Greenhouse Gas*

M BTU – Milhões de *British Thermal Unit* (Unidade Térmica Britânica)

MTCE – toneladas métricas de carbono equivalente

MTCO₂E – toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PIB – Produto Interno Bruto

PNMC – Política Nacional sobre a Mudança do Clima

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RD – Resíduos Domiciliares

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

WARM – *Waste Reduction Model*

SUMÁRIO

RESUMO GRÁFICO	vii
GRAPHICAL ABSTRACT.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE QUADROS	xiii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE SIGLAS	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	23
1.1 Relevância e Concepção da pesquisa	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	28
2.1 Resíduos Sólidos.....	28
2.1.1 <i>Histórico</i>	28
2.1.2 <i>Definição e classificação</i>	29
2.1.3 <i>Composição dos Resíduos Domiciliares e sua destinação final</i>	32
2.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos	37
2.3 Política Nacional de Mudanças Climáticas	39
2.4 Indicadores para tomada de decisão.....	40
2.5 Técnica de cenários	46
3. OBJETIVOS.....	55
4. MATERIAL E MÉTODOS	57
4.1 <i>Background</i> da pesquisa	57
4.2 Desenvolvimento do Método, Coleta de dados e análises	60
4.3 Cenários projetados	60
4.4 Análises entre os cenários	64
4.4.1 <i>Emissão de gases de efeito estufa, coprodutos e gasto de energia</i>	64
4.5 Distâncias Aterro/Reciclagem/Compostagem	66
4.6 Projeção populacional e de geração de RSU	69
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1 Arapeí.....	73
5.1.1 <i>Dados socioeconômicos</i>	73
5.1.2 <i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	74

5.1.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	74
5.1.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	75
5.1.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	76
5.1.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	76
5.1.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	76
5.2	<i>Areias</i>	78
5.2.1	<i>Dados socioeconômicos</i>	78
5.2.2	<i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	79
5.2.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	80
5.2.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	80
5.2.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	81
5.2.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	81
5.2.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	82
5.3	<i>Bananal</i>	83
5.3.1	<i>Dados socioeconômicos</i>	83
5.3.2	<i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	84
5.3.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	84
5.3.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	85
5.3.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	86
5.3.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	86
5.3.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	86
5.4	<i>Cachoeira Paulista</i>	88
5.4.1	<i>Dados socioeconômicos</i>	88
5.4.2	<i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	89
5.4.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	89
5.4.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	90
5.4.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	91
5.4.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	91
5.4.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	91
5.5	<i>Cruzeiro</i>	93
5.5.1	<i>Dados socioeconômicos</i>	93
5.5.2	<i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	94
5.5.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	94
5.5.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	94

5.5.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	95
5.5.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	95
5.5.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	95
5.6	Lavrinhas.....	97
5.6.1	<i>Dados socioeconômicos</i>	97
5.6.2	<i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	98
5.6.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	98
5.6.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	99
5.6.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	99
5.6.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	99
5.6.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	99
5.7	Queluz.....	101
5.7.1	<i>Dados socioeconômicos</i>	101
5.7.2	<i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	102
5.7.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	102
5.7.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	102
5.7.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	102
5.7.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	103
5.7.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	103
5.8	São José do Barreiro.....	104
5.8.1	<i>Dados socioeconômicos</i>	104
5.8.2	<i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	105
5.8.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	106
5.8.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	106
5.8.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	107
5.8.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	107
5.8.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	107
5.9	Silveiras.....	109
5.9.1	<i>Dados socioeconômicos</i>	109
5.9.2	<i>Descrição atual do manejo de resíduos sólidos</i>	110
5.9.2.1.	<i>Limpeza Pública</i>	110
5.9.2.2.	<i>Resíduos Sólidos Urbanos</i>	110
5.9.2.3.	<i>Resíduos da Construção Civil</i>	111
5.9.2.4.	<i>Resíduos de Serviços de Saúde</i>	111

5.9.3	<i>Emissão de GEE e total de energia em cada cenário</i>	112
5.10	<i>Análise geral de emissão de GEE e total de energia</i>	113
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
6.1	Sugestões para estudos futuros.....	125
	REFERÊNCIAS.....	127



INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A Infraestrutura municipal inclui serviços de abastecimento de água, gestão de resíduos sólidos, sistemas de esgotos, serviços de drenagem urbana, instalações de geração de energia, estradas, transporte de massa, geração de eletricidade e de telecomunicações. Portanto fornecer estas infraestruturas é essencial e envolve várias funções: planejamento, finanças, construção, propriedade, operação e manutenção (ALM, 2013).

Quanto aos resíduos sólidos, este é um problema que acompanha o desenvolvimento humano e urbano e que nos últimos tempos teve sua composição alterada, devido ao aumento de produtos industrializados como o plástico. É possível também observar que a partir da década de 70 os resíduos começaram a ter um importante significado ambiental, tanto em nível nacional quanto internacional, pois foi abordado em grandes encontros mundiais voltados para o meio ambiente (VELLOSO, 2008). Portanto, diferente do passado que não havia destinação correta para os resíduos, hoje nas cidades eles são coletados e destinados a um lugar específico e ambientalmente correto ou processado para serem reutilizados, embora haja muitos municípios que tem destinação irregular, chamados 'lixões' (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2012; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012). Entretanto a mudança na mentalidade das pessoas de recuperar os materiais faz parte da chamada "Revolução da Redução de Resíduos", que se deu devido às mudanças econômicas e sociais das últimas décadas (WORRELL; VESILIND, 2011).

Não basta apenas ter consciência é preciso ter uma infraestrutura municipal eficiente e eficaz. A eficiência mostra o quão eficiente uma instituição utiliza o orçamento do contrato para a coleta e transporte do resíduo sólido. Já a eficácia demonstra quão eficaz o serviço é feito para a população e a área que atinge (KOUSHKI; AL-DUAIJ; AL-GHIMLAS, 2004). Entender estes índices para, posteriormente, melhorá-los, pode contribuir para uma melhor gestão pública e prestação de serviços para a comunidade, pois as organizações devem coletar, transportar, processar e dispor os resíduos, de tal forma que seja eficiente tanto economicamente, quanto ambientalmente (LI'AO et al., 2009).

1.1 Relevância e Concepção da pesquisa

Entendendo a importância do tema “resíduos sólidos”, por meio de um estudo bibliométrico e cientométrico foi possível identificar as mudanças no meio acadêmico e científico sobre o tema, verificando a importância do tema para a sociedade e identificando lacunas e tendências de pesquisas. As análises, publicadas num relatório do estado-da-arte para a disciplina de metodologia científica, forneceu informações sobre a orientação e a dinâmica científica do país em estudo e sua participação científica, que é o objetivo de trabalhos que abordam esta metodologia (MACIAS-CHAPULA, 1998).

O relatório concentrou-se em modelos e medidas em áreas definidas (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992):

- Frequências de palavras e frases nos textos e índices;
- Produtividade científica;
- Áreas de produção científica;
- Análise de citações: distribuição sobre autores, artigos, instituições, periódicos, países;
- Crescimento do assunto.

Após a identificação da lacuna na literatura científica referente a cenários de gestão integrada em situação de cooperação intermunicipal por consórcio ou privada no Brasil, esta pesquisa busca preencher e elucidar as questões relacionadas ao desempenho ambiental dos aterros municipais e comparar com alternativas intermunicipais (consórcios), por meio de criação de cenários. Estudos bibliométricos, como demonstrado na Figura 1, constataram tendência significativa de crescimento do tema “resíduos sólidos” nos últimos anos (FU et al., 2010a; YANG et al., 2012).

Na Figura 1 está apresentado o crescimento de publicações que tem no título a palavra “*solid waste*” (“resíduos sólidos”) e estão indexadas na base de dados *ISI Web of Science*. Embora tenha tido flutuações de publicações, sua ascensão é clara. Como observado na Figura 1, houve um crescimento significativo a partir de 1991 e cresceu exponencialmente entre 2005 e 2008. A disposição correta dos resíduos sólidos se tornou o principal tema, como observado internacionalmente (FU et al., 2010b), e nacionalmente este tema está evidenciado como um dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil – a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Além disso, vale ressaltar que países com menores índices de qualidade do ar tem menor produção científica sobre o tema saúde pública ambiental (FAJERSZTAJN et al., 2013). Talvez se possa dizer o mesmo da qualidade da gestão dos resíduos sólidos, a qual pode ser medida de acordo com índices de eficiência e eficácia (JACOBSEN; BUYASSE; GELLYNCK, 2013), por isso é importante este tipo de estudo para o Brasil.

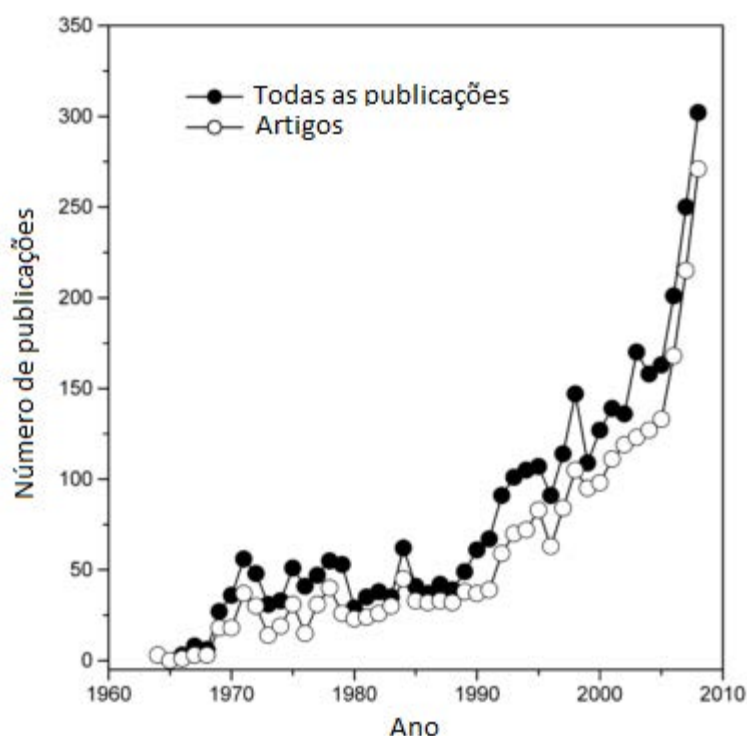


Figura 1. Número de publicações referente a “resíduos sólidos” no título de publicações indexadas no ISI Web of Science.

Fonte: Fu et al. (2010).

Assim esta pesquisa, seguindo o rigor científico, pretende transformar os conhecimentos e informações existentes em novos conhecimentos. Como no ciclo de produção de bens e serviços, esta pesquisa busca criar um valor de mercado, ou seja, agregar valor acadêmico para a comunidade científica e disseminá-la para a sociedade, contribuindo para seu desenvolvimento.

Para que este princípio norteie esta pesquisa, foi seguido o processo de pesquisa na gestão da produção e operações (Figura 2), conforme descrito por Fleury (2012). O melhor método encontrado para este tipo de pesquisa é a técnica de cenários, que se utiliza das ideias, estruturas e incertezas, para construir cenários plausíveis que se tornem condições de testes para o conceito de negócio e a partir deste ponto gere resultados (VAN DER HEIJDEN, 2002). Como este método trata de

pensar através das decisões e políticas futuras, gerando possíveis alternativas estratégicas organizacionais (POLLARD; HOTHO, 2006; POSTMA; LIEBL, 2005; SPOERRI et al., 2009), levanta-se questões como: como será o futuro daqui a 15 anos se a geração de resíduos sólidos urbanos continuar crescendo? Como os municípios de pequeno porte, aqueles que possuem população menor que 100 mil habitantes, que tem menos recursos e oportunidades, lidarão com a questão de infraestrutura e incertezas? Quais são as alternativas que permitirão a gestão com menos impactos ambientais?

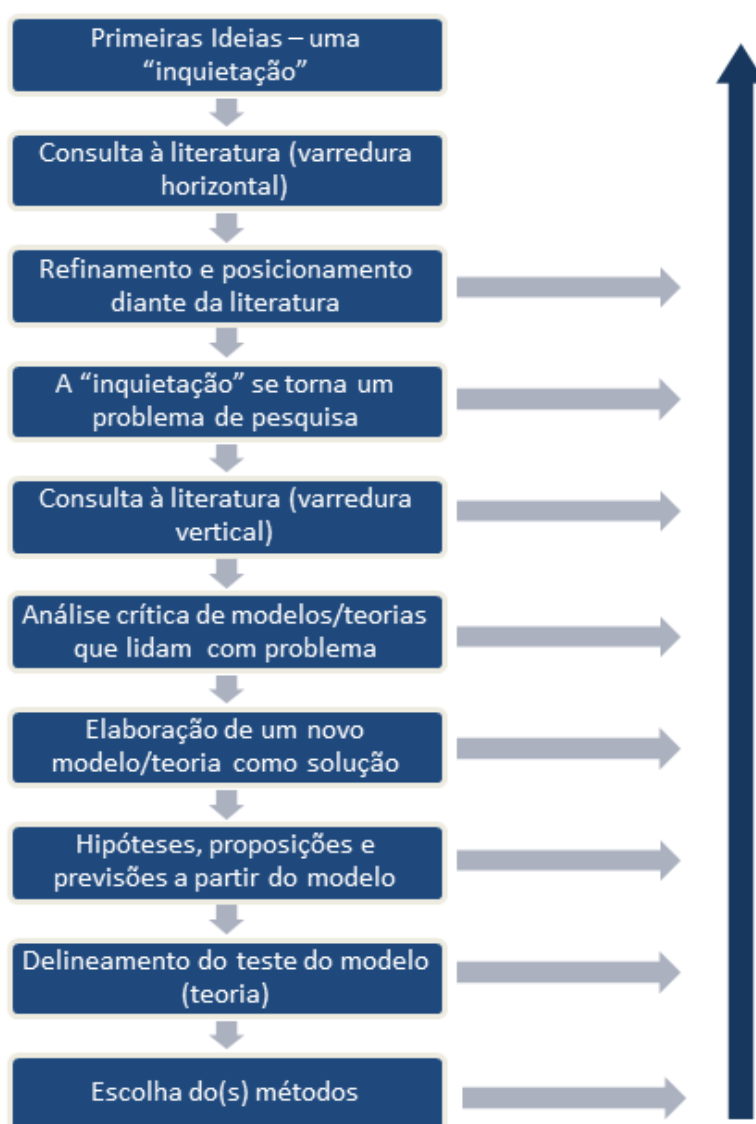


Figura 2. Visão geral do processo de pesquisa na gestão da produção e operações.
Fonte: Fleury (2012).

A circular graphic with a thick blue border. Inside the circle is a photograph of several large blue plastic bags, likely for waste collection, piled together. The text 'FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA' is overlaid on the center of the image in a bold, blue, sans-serif font.

**FUNDAMENTAÇÃO
TEÓRICA**

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Sólidos

2.1.1 Histórico

Os humanos sempre produziram resíduos sólidos como parte da vida. Desde a mudança da vida nômade, a 10.000 anos AC, eles começaram a viver em comunidades, o que resultou no crescimento da geração de resíduos sólidos. Este ainda não era um problema para época, pois a terra absorvia os resíduos, que eram em pouca quantidade, ou a pequena população se mudava. Mas ao longo dos séculos as cidades foram se desenvolvendo e os problemas sanitários com resíduos sólidos começaram a ficar evidentes. Ainda que algumas delas como Jerusalém e cidades na China criaram políticas sanitárias, para as demais cidades a ação para com a questão dos resíduos sólidos começou somente quando este se tornou um problema maior, apresentando perigo à sociedade. Entretanto, mesmo durante os milênios DC, pouca atenção foi dada neste sentido, como é observado que, mesmo com a revolução industrial, as condições humanas continuavam de segunda importância (WORRELL; VESILIND, 2011).

Ao redor de 1840 o “Grande Despertar Sanitário” foi espalhado por Edwin Chadwick, o qual dizia que havia uma combinação de doenças e sujeiras (WORRELL; VESILIND, 2011). Chadwick recomendou que as autoridades limpassem as ruas, além de melhorar o suprimento de água, pois culpou a sujeira ao invés da pobreza a causa do alto índice de mortalidade na Inglaterra (GOLDING, 2006). Em 1874, a cidade de Baltimore nos Estados Unidos criou um programa de reciclagem, entretanto não teve sucesso. Em 1866 o *Metropolitan Board of Health*, um conselho de autoridade em saúde da cidade de Nova York, declarou guerra contra o lixo, proibindo a população de jogar o lixo e restos de animais nas ruas. Até que em 1895 o problema entrou nas políticas pública desta cidade para haver a limpeza urbana (WORRELL; VESILIND, 2011).

No Brasil, até a década de 1950, os riscos associados aos resíduos limitaram-se a área médica, na questão de higiene pública, diferente do tratamento dado a outros aspectos de saneamento, como água e esgoto (VELLOSO, 2008).

Ao passar do tempo, assim como a gestão de resíduos sólidos urbanos mudou, a composição dos resíduos também sofreu alterações. É possível observar que partir de 1970 o lixo começou a ter um peso ambiental, tanto em nível nacional quanto internacional, pois foi abordado em grandes encontros mundiais, como nas conferências de Estocolmo, em 1972, a ECO 92, no Rio de Janeiro e a de Tbilisi, em 1997 (VELLOSO, 2008). Portanto, atualmente nas cidades o resíduo sólido é coletado e destinado a um lugar ou processado para ser reutilizado, diferente do relato no período da Revolução Industrial. Esta mudança de recuperar os materiais, nos anos 2000, faz parte da “Revolução da Redução de Resíduos”, uma ideia em que é ruim criar resíduos em primeiro lugar. Esta transformação ocorreu por causa das mudanças econômicas e sociais (WORRELL; VESILIND, 2011).

2.1.2 Definição e classificação

Resíduo sólido pode ser definido como um material sólido com valores econômicos negativos que torna o descarte mais barato que seu uso (PICHTEL, 2005). Entretanto a Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, regulamentada através o decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, dispõe sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos no Brasil define resíduos sólidos como:

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

O Código de Regulação Federal dos Estados Unidos da América define resíduos sólidos como lixo, restos, lodo e outros materiais sólidos descartados pela indústria, comércio e atividades da comunidade. Não está incluso na definição materiais sólidos ou dissolvidos em esgotos domiciliares ou outros poluentes nos recursos hídricos (UNITED STATE OF AMERICA, 1974). A Diretiva 2008/98/EC do Parlamento Europeu, que estabelece o enquadramento legal para o tratamento dos

resíduos e suas definições, aborda resíduos como substância ou objeto em que o detentor se desfaz ou possuem a intenção ou obrigação desta ação (EUROPEAN PARLIAMENT, 2008).

A fonte dos resíduos sólidos está relacionada ao zoneamento, ou seja, de onde vêm (Quadro 1): (1) residencial, (2) comercial, (3) institucional, (4) construção e demolição, (5) serviços municipais, (6) centrais de tratamento, (7) industrial e (8) agrícola (TCHOBANOGLOUS; KREITH, 2002), embora o termo implique em resíduos que são sólidos, alguns tipos podem ser excluídos devido às suas características, como os resíduos potencialmente perigosos e os radioativos (SMITH; SCOTT, 2005). Embora haja esta exclusão, Pichtel (2005) prefere incluí-los, configurando desta forma as principais classes de resíduos: (1) municipal, (2) perigosos, (3) industrial, (4) médico, (5) universal, (6) construção e demolição, (7) radioativo, (8) mineração, (9) agrícola.

A Política e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos dividem a fonte em: resíduos sólidos urbanos, da construção civil, industriais, agrossilvopastoris, de mineração, de serviços de saúde e de transportes (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012). A Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 também classifica os resíduos sólidos de acordo com sua origem em:

- “a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil,

Quadro 1: Fontes dos Resíduos Sólidos.

Fonte	Instalações típicas, atividades ou locais onde os resíduos são gerados	Tipo de Resíduos Sólidos
Residencial	Domicílios de famílias únicas ou plurifamiliares; apartamentos de baixa, média e alta densidade; etc.	Restos de alimentos, papel, papelão, plásticos, têxteis, resíduos de quintal, madeira, cinzas, vidro alumínio, metais, resíduos especiais (como baterias, óleo, aparelhos eletrônicos e pneus) e resíduos domiciliares perigosos.
Comercial	Lojas, restaurantes, mercados, escritórios, hotéis, motéis, mecânica de carro, etc.	Papel, papelão, plástico, madeira, restos de alimentos, vidro, metal, cinzas, resíduos especiais, resíduos perigosos, etc.
Institucional	Escolas, hospitais, prisões, centros governamentais, etc.	Mesmo que o comercial.
Industrial (resíduos não processados)	Construção, fabricação, manufatura leve e pesada, refinarias, fábricas de produtos químicos, usinas de energia, demolição, etc.	Papel, papelão, plásticos, madeira, restos de alimentos, vidro, metal, cinzas, resíduos especiais, resíduos perigosos, etc.
Resíduos Sólidos Urbanos*	Todos os anteriores.	Todos os anteriores.
Resíduos da Construção Civil	Novas construções, reparo de rodovias, demolição de edifícios, pavimentos quebrados, etc.	Madeira, aço, concreto, terra, etc.
Serviços municipais (excluindo instalações de tratamento)	Limpeza urbana, jardins, limpeza de bueiros, parques e praias, outras áreas de recreação, etc.	Resíduos especiais, entulho, detritos da rua, restos nos bueiros, resíduos em geral de parques, praias e áreas de recreação.
Instalações de tratamento	Água, esgoto, processos de tratamento industrial, etc.	Central de tratamento de resíduos, principalmente compostas de lodo residual e outros materiais.
Industrial	Construção, fabricação, manufatura leve e pesada, refinarias, fábricas de produtos químicos, usinas de energia, demolição, etc.	Resíduos de processos industriais, sucatas, etc.; resíduos não industriais incluindo restos de alimentos, entulho, cinzas, resíduos de construção e demolição, resíduos especiais e perigosos.
Agrícola	Plantações, pomares, vinhas, laticínios, fazendas, criadouro de gado.	Restos de comida estragada, resíduos agrícolas, entulho e resíduos perigosos.

*Os termos *Resíduos Sólidos Urbanos* (RSU) normalmente incluem todos os resíduos gerados na comunidade com exceção dos gerados pelos serviços municipais, estação de tratamento e processos industriais e agrícolas.
Fonte: Tchobanoglous; Kreith (2002).

incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios” (BRASIL, 2010).

Além da classificação de acordo com a origem, a mesma lei classifica os resíduos sólidos de acordo com a periculosidade:

“a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”” (BRASIL, 2010).

2.1.3 Composição dos Resíduos Domiciliares e sua destinação final

É importante conhecer a composição e geração dos resíduos sólidos urbanos para desenvolver melhor as fases de planejamento, coleta, controle e disposição final dos rejeitos. De modo geral há uma grande tendência no aumento da geração dos resíduos, concomitante ao aumento populacional. Por exemplo, em Pequim a população cresceu de 14,2 milhões em 2002 para 19,6 milhões em 2010, já a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados, passou de 3,21 milhões de toneladas em 2002 para 6,35 milhões de toneladas em 2010 e a porcentagem de resíduos orgânicos aumentou de 45,77% em 2002 para 66,98% em 2010 (WANG; WANG, 2013).

Na Figura 3 está apresentado a evolução da geração de resíduos no passado e projeções para o futuro. O primeiro cenário (SSP1) 90% dos 7 bilhões da população mundial vivem nas cidades, metas de desenvolvimento são alcançadas,

reduz-se o consumo de combustíveis fósseis e a população tem mais consciência ambiental. No segundo cenário (SSP2) tem uma população estimada de 9,5 bilhões de pessoas e 80% de urbanização. O cenário SSP3, 70% dos 13,5 bilhões de pessoas vivem nas cidades, há pobreza extrema e moderada riqueza, além de muitos países terem alto índice de crescimento populacional (HOORNWEG; BHADA-TATA; KENNEDY, 2013).

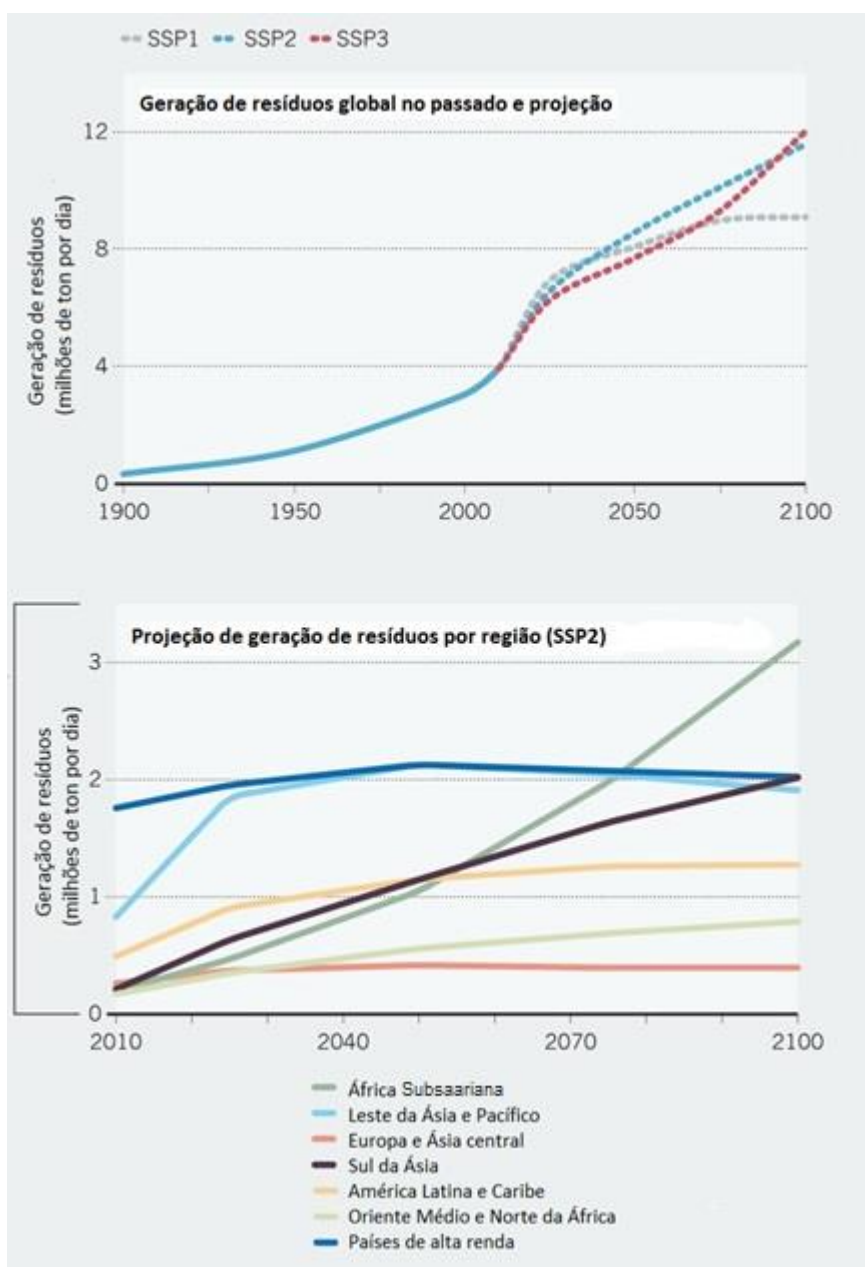


Figura 3. Evolução da geração de resíduos sólidos e suas projeções em três cenários diferentes.

Fonte: Adaptado de Hoornweg; Bhada-Tata; Kennedy (2013).

No Brasil (Figura 4) a composição dos resíduos sólidos urbanos é quase semelhante ao observado em outros países (Figuras 5, 6 e 7), seja desenvolvido ou

não, portanto a maior parcela (51,4%) deles é composta por matéria orgânica, em seguida vêm os materiais que podem ser reciclados (31,9%), que é composto de vidros, plásticos, papel, aço e alumínio.

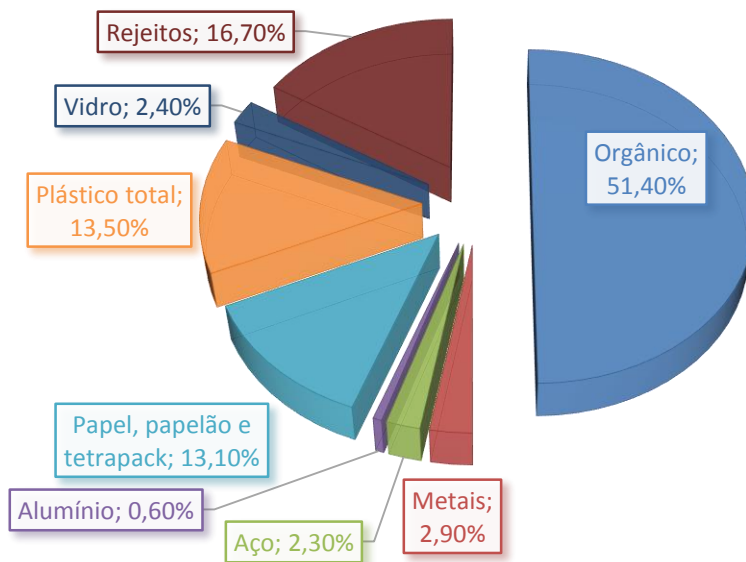


Figura 4. Composição física dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.
Fonte: Adaptado de Massukado et al. (2013).

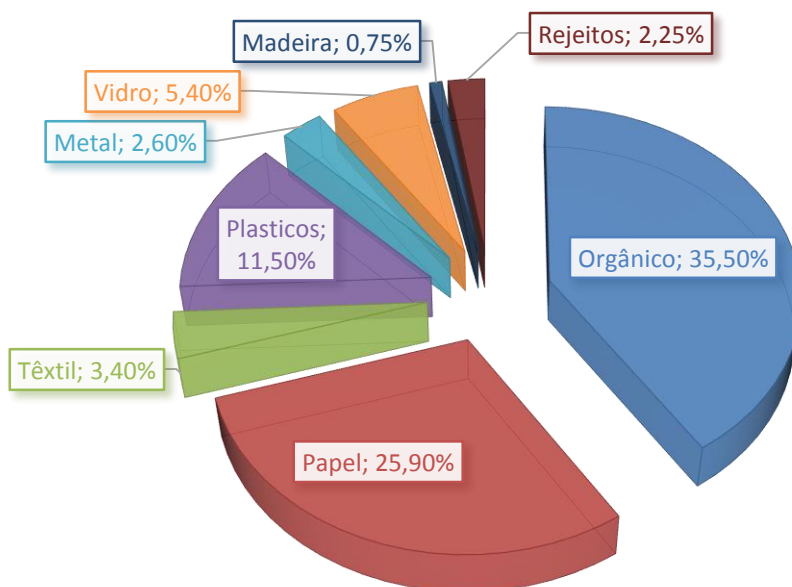


Figura 5. Composição física dos resíduos sólidos urbanos em Portugal.
Fonte: Adaptado de Magrinho; Didelet; Semiao (2006).

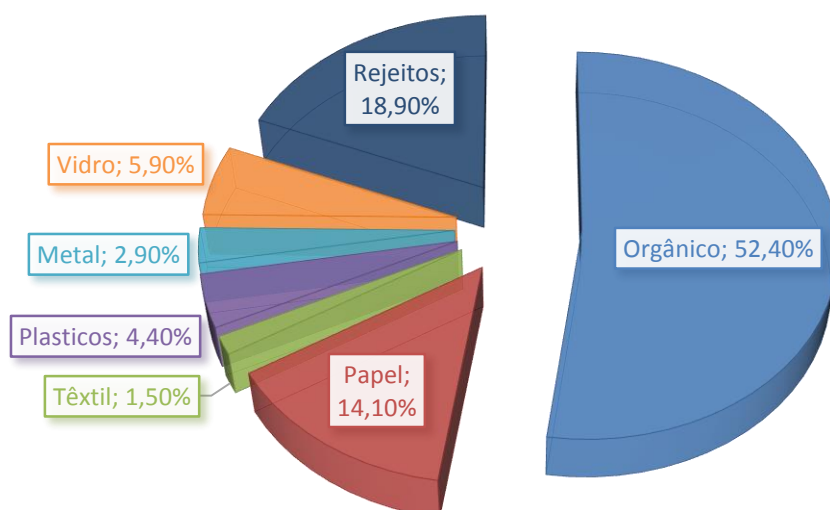


Figura 6. Composição física dos resíduos sólidos urbanos no México (1998).
Fonte: Adaptado de Buenrostro; Bocco (2003).

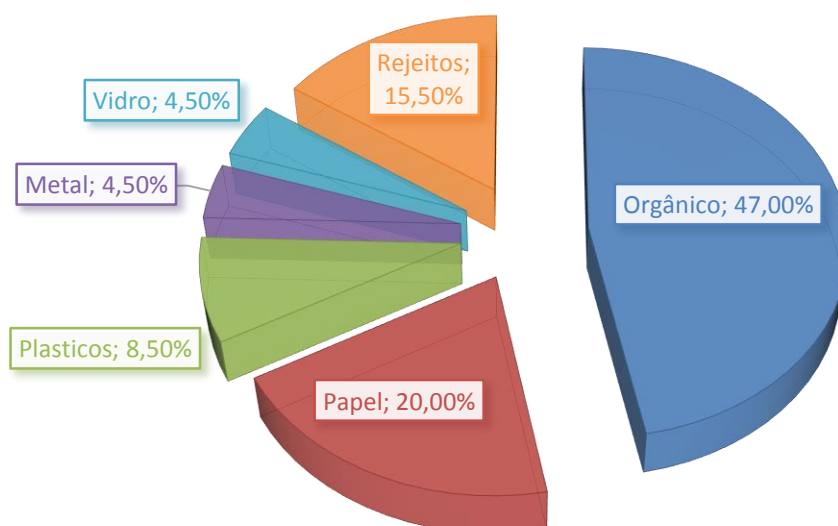


Figura 7. Composição física dos resíduos sólidos urbanos na Grécia (2001).
Fonte: Adaptado de Common Ministerial Decision Apud Erkut et al. (2008).

Embora a compostagem seja um tipo de tratamento ambientalmente adequada para os resíduos orgânicos, ainda existe pouco desta tecnologia de tratamento aplicado no Brasil. Em 2008 apenas 3,8% dos municípios possuíam unidades de compostagem, no estado de São Paulo, 2,8% de seus municípios possuem tais unidades (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2012). Estes dados mostram uma má gestão quanto a este tipo de resíduo, pois representam grande parte dos resíduos gerados pela população.

Com relação à reciclagem, a qual tem um grande potencial de redução das emissões dos gases de efeito estufa, do consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; MENIKPURA; SANG-ARUN; BENGTTSSON, 2013; ZAMAN, 2014), a quantidade de RSU no Brasil destinados a unidades de triagem para reciclagem passou de 1,5% em 2000 para 1,4% em 2008, embora no mesmo período a quantidade de municípios que utilizam este sistema tenha passado de 4,5% para 11,6% (MASSUKADO et al., 2013).

Outro fato importante no contexto brasileiro é que embora tenha aumentado a disposição final ambientalmente adequada, que é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros segundo as normas operacionais, ainda há muitos municípios que utilizam os vazadouros a céu aberto, conhecidos como lixões, e os aterros controlados. Os municípios que mais sofrem com este problema são os de pequeno porte (Tabela 1). Por isso a PNRS estimula a gestão consorciada, ou seja, a cooperação intermunicipal, a qual pode possibilitar a implementação de ações conjuntas, articulação de pressão e a capacidade de visão de planejamento e intervenção (MATOS; DIAS, 2011).

Tabela 1. Número de unidades de destino de resíduos e rejeitos urbanos considerando somente disposição no solo em lixão, aterro controlado e aterro sanitário.

Unidade de análise	Unidades de destino de resíduos e rejeitos urbanos considerando somente disposição no solo em lixão, aterro controlado e aterro sanitário					
	Lixão		Aterro Controlado		Aterro sanitário	
PNSB	2000	2008	2000	2008	2000	2008
Brasil	4.642	2.906	1.231	1.310	931	1.723
	Estrato Populacional					
Municípios pequenos	4.507	2.863	1096	1.226	773	1.483
Municípios médios	133	42	130	78	125	207
Municípios grandes	2	1	5	6	33	33

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2012).

Através do Consórcio é possível viabilizar o destino ambientalmente correto e tratamento dos resíduos sólidos, erradicar os lixões e incentivar cooperativas de catadores, além de envolver a educação ambiental para melhorar a coleta seletiva (MATOS; DIAS, 2011).

2.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada através o decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispõe “sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis” (BRASIL, 2010).

A princípio, como apresentado na Figura 8, um projeto de Lei começou a ser tramitado no Congresso em 2001 e após uma longa jornada, em agosto de 2010 a PNRS foi sancionada e decretada. A Lei define de vários termos, como destinação final ambientalmente adequada e gestão integrada, também expõem 11 princípios e 15 objetivos principais. Em seguida a PNRS aborda os instrumentos utilizados para alcançar as metas e um destes é a cooperação intermunicipal:

“XIX - o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados, com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos” (BRASIL, 2010).

O Art. 45 enfatiza a importância dos consórcios públicos para a PNRS, pois permite a descentralização gerencial e administrativa, além de terem prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal.

Após algumas considerações, a PNRS finaliza com a estipulação de alguns prazos como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos em quatro anos após a publicação da lei, ou seja, em agosto de 2014 – um desafio grande, principalmente para os pequenos municípios, os quais têm recursos tanto financeiros quanto humanos limitados, tendo, portanto, menor capacidade intelectual para desenvolver projetos eficazes, além de aplicá-los, comparando com municípios de médio ou grande porte.

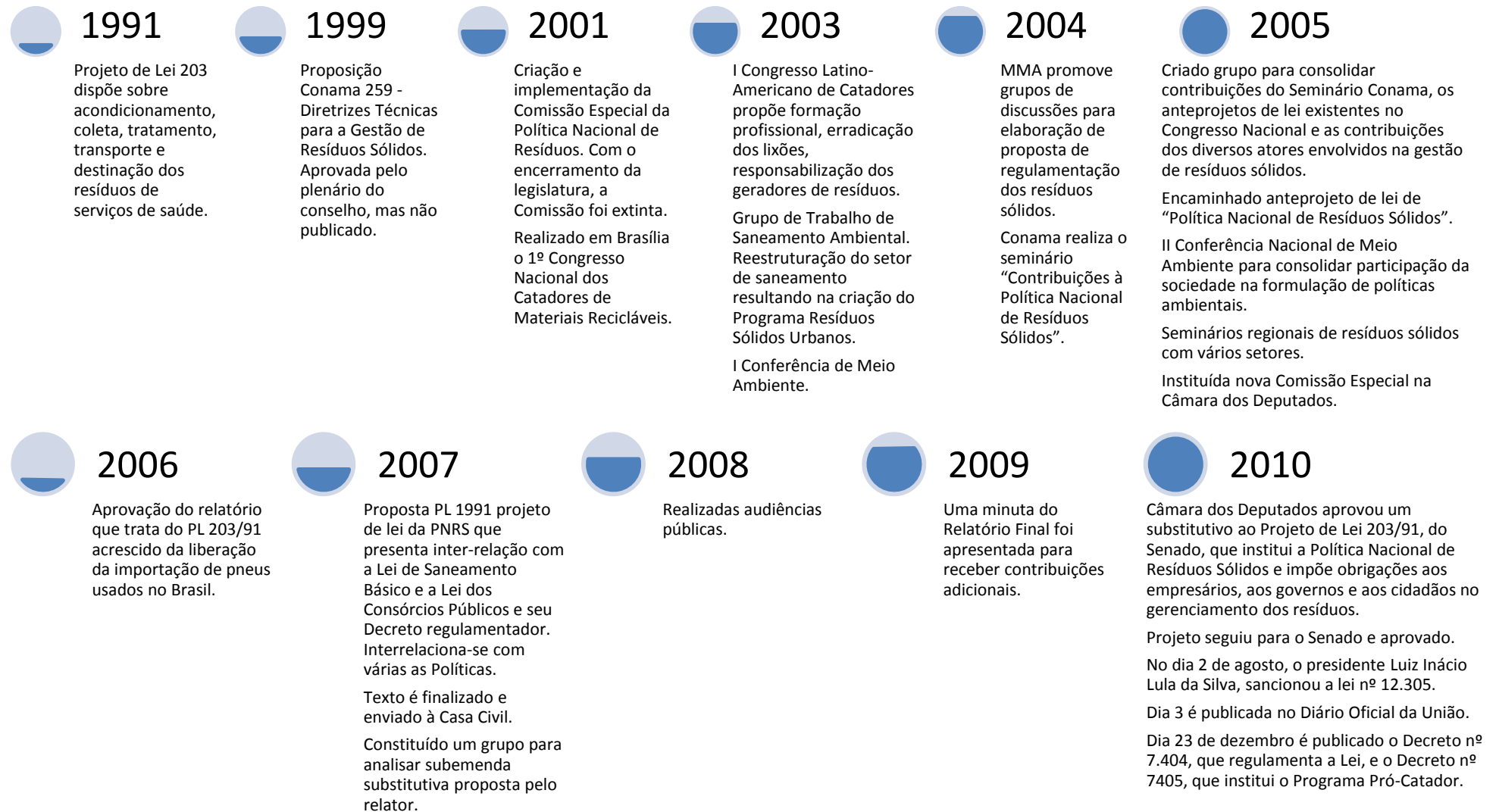


Figura 8. Linha de Tempo da Criação da PNRS.
Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2014)

O Art. 19 cita os conteúdos mínimos que os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos devem ter, como meta de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, para reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final, ações preventivas e corretivas, entre outros.

Vale ressaltar que esta nova política de regulamentação de resíduos sólidos tem implicações para uma grande variedade de *stakeholders*, além de dar novas oportunidades e lições (JABBOUR et al., 2014).

Os principais tópicos da PNRS envolvem boas práticas recomendadas por Massoud; El-Fadel; Abdel Malak (2003), tais como:

- Aumento da cobertura do serviço de coleta;
- Encerramento de lixões existentes;
- Introdução de aterros sanitários;
- Integração de sistemas como reciclagem, compostagem e/ou incineração;
- Introdução de taxas de serviço;
- Envolvimento do setor privado;
- Avaliação deliberada das responsabilidades dos vários atores, incluindo: famílias e outros usuários dos serviços, autoridades governamentais locais e nacionais, ONGs, empresas formais e informais, bem como as agências externas – o que resulta na responsabilidade compartilhada, conforme a PNRS.

2.3 Política Nacional de Mudanças Climáticas

Primeiramente é claro o fato de o planeta estar passando por alterações nas suas várias composições atmosféricas, terrestres, biomas, entre outros. Alguns estudos afirmam que a maior parte destas alterações são antrópicas, as quais são necessárias mudanças em todas as esferas da sociedade, além de criação de políticas específicas dos governos visando a sustentabilidade, alterando assim, o percurso atual (IPCC, 2014a, 2014b, 2014c).

Essas mudanças climáticas têm impactado os ecossistemas naturais, a biodiversidade, agricultura, os recursos hídricos, etc. A própria distribuição de biomas

na América do Sul, assim como os índices de precipitação, pode ser mais afetada pela mudança climática adicionado à mudança no uso da terra (NOBRE et al., 2007).

Portanto as mudanças climáticas, como um motivador ambiental na sustentabilidade do tratamento dado aos resíduos (ZAMAN, 2013), tem estimulado a criação de políticas. No Brasil, em 2009 foi instituída a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187/2009. A PNMC oficializa o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro da ONU sobre Mudança do Clima de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020 (BRASIL, 2009).

A PNMC foi regulamentada pelo Decreto nº 7.390/2010, que estima os GEE para 2020 em 3,236 GtCO₂-eq. Portanto a redução estabelecida é de 1,168 GtCO₂-eq a 1,259 GtCO₂-eq, ou seja, 36,1% e 38,9% de redução de emissões (BRASIL, 2009).

Em relação à PNMC o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, visando a redução da pressão sobre os recursos naturais e a promoção da conservação de energia, o plano traça um objetivo de aumentar a reciclagem de resíduos sólidos para 20% até o ano de 2015 (BRASIL, 2008), pois no Brasil a taxa de reciclagem ainda é baixa, em 2008 apenas 2,2% dos resíduos domiciliares foram destinados à unidade de Compostagem (0,8%) ou Reciclagem (1,4%) (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2012).

Portanto o setor de resíduos e industriais tem como reciclagem uma oportunidade de mitigação. O plano até define mitigação “mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e as emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e aumentem os sumidouros de carbono” (BRASIL, 2008).

2.4 Indicadores para tomada de decisão

Há duas categorias para o processo de tomada de decisão quanto à forma de gerenciamento mais eficaz: (1) Sistemas de Engenharia, incluindo, por exemplo, a otimização econômica e análises de custo-benefício, e (2) Sistema de Avaliação, incluindo, por exemplo, a avaliação do ciclo de vida (ACV). Uma diferença entre as duas categorias é o tipo de decisão que as ferramentas são projetadas para informar. O primeiro se concentra em apoiar o projeto do sistema, enquanto que o segundo

avalia como um sistema se executa (CHANG; PIRES; MARTINHO, 2011). Vale ressaltar quanto ao ciclo de vida do produto, a Lei 12.305/2010 institui a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o que faz parte de um dos objetivos gerais da PNRS. Um exemplo dado na lei é o estímulo ao “desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis” (BRASIL, 2010).

Em relação aos indicadores, sua utilização pode criar uma medida que possibilite a mensuração de um sistema, no caso desta pesquisa, a gestão dos resíduos (GHAURI; GRØNHAUG, 2005), pois são ferramentas essenciais para tomadas de decisão baseada no desempenho, podendo direcionar à criação de políticas inovadoras de desenvolvimento e novas tecnologias (GREENE; TONJES, 2014).

Há vários indicadores na literatura que pode ser utilizada para análises de desempenho, comparação entre municípios ou tecnologias e tomadas de decisão. Greene; Tonjes (2014) classifica os indicadores em quatro camadas: absolutos indexados, relativos e agregados (Quadro 2).

Quadro 2. Classificação e definição das camadas de indicadores segundo Greene; Tonjes (2014).

Classificação do Indicador	Camada	Definição
Indicador Absoluto	1	Dados retirados diretamente de análises entrada-saída
Indicador Indexado	2	Dados expressados em porcentagem em relação ao total
Indicador Relativo	3	Dados expressados como referência a outras variáveis
Representações Agregadas	4	Dados com mesma unidade somada sobre os ciclos de vida

Greene; Tonjes (2014) analisaram os indicadores de desempenho mais comuns para determinar a correlação e se há concordância entre eles. As análises mostraram que a classificação difere substancialmente quando diferentes indicadores são utilizados. Eles concluem que se deve ter cuidado com as avaliações de comparação com base em indicadores, especialmente as que se destinam a avaliar o impacto ambiental. Entretanto apesar das insuficiências de indicadores para avaliação comparativa, eles fornecem informações importantes para gestores de resíduos e podem auxiliar na avaliação do desempenho e na melhoria contínua.

Em detalhes as camadas possuem os seguintes indicadores e suas definições:

- Camada 1: tonelagens
 - Tons reciclados: toneladas de RSU reciclados;
 - Tons destinados ao aterro: toneladas de RSU aterradas;
 - Tons desviados: toneladas de RSU desviados para a incineração ou aterro;

- Camada 2: porcentagens
 - Proporção de reciclagem: razão de RSU reciclado pela quantidade total de RSU coletada, expressa em porcentagem;
 - Proporção disposta no aterro: razão de RSU aterrado pela quantidade total de RSU coletada, expressa em porcentagem;
 - Proporção de desvio: razão de RSU desviado para incineração ou aterro pela quantidade total de RSU coletada, expressa em porcentagem;

- Camada 3: razões per capita
 - Reciclagem per capita: toneladas de reciclados per capita;
 - Disposto no aterro per capita: toneladas dispostos no aterro per capita;
 - Desvio per capita: desvio per capita;

- Camada 4: análises de saídas – ACV (Análise do Ciclo de Vida)
 - Energia economizada: energia economizada da geração e gestão dos RSU;
 - Redução da emissão de gases de efeito estufa: redução dos gases de efeito estufa da geração e gestão dos RSU.

Koushki; Al-Duaij; Al-Ghimlas (2004) divide os índices em eficiência e eficácia, os quais analisam o desempenho do sistema. O primeiro relaciona os

recursos de entrada de um sistema e de produtos ou serviços de saída, enquanto o segundo avalia a capacidade de um sistema para atender seus objetivos.

Os indicadores de eficiência envolvem os seguintes fatores: custo por caminhão, custo por tonelada de resíduos sólidos, custo de tonelada por distância (km) e, finalmente, custo de tonelada por área (km²) de serviço. Os indicadores de eficácia são: população que recebe o serviço (pessoas por custo) e área de cobertura (quilômetro quadrado por custo) (KOUSHKI; AL-DUAIJ; AL-GHIMLAS, 2004). Estes indicadores envolvem custos-benefícios, possibilitando comparações de custos entre o serviço público e privado (JACOBSEN; BUYSSE; GELLYNCK, 2013) enquanto que os indicadores retratados nas camadas de Greene; Tonjes (2014) não envolvem custos.

Wilson et al. (2012) avaliaram 20 cidades ao redor do mundo, de todos os continentes, e de várias rendas, por meio de indicadores de referência, os quais são divididos em direcionadores para a gestão de resíduos sólidos e estratégias de governança. O primeiro envolve a camada 2 da divisão de Greene; Tonjes (2014), que são: porcentagem de cobertura de coleta, porcentagem de disposição final controlada e porcentagem de materiais reciclados ou recuperado; o segundo aborda questões como: grau de inclusividade do usuário, grau de inclusividade do fornecedor; porcentagem da população que utiliza e paga pela coleta e o grau de coerência institucional. Eles concluem que independente da renda é possível haver progresso na modernização e melhoramento da gestão dos resíduos sólidos, além disso a cada tonelada de resíduo reduzido, reutilizado ou reciclado, menos o município pagará para coletar e realizar a disposição correta, portanto gerando uma situação “ganha-ganha”.

Massoud; El-Fadel; Abdel Malak (2003) analisaram alguns indicadores e modelos para avaliar o desempenho da gestão pública e privada para a gestão de resíduos sólidos. Os indicadores são classificados em entradas e saídas, o primeiro envolve coleta, limpeza, transferência e disposição final, enquanto o segundo, custo/pessoa/ano, custo/tonelada e custo como porcentagem da renda média. Os típicos indicadores que possibilitam a avaliação da eficácia da parceria público-privada estão dispostos no Quadro 3, por meio destas avaliações econômicas dos indicadores é possível melhorar os planos estratégicos e de investimento na gestão dos resíduos sólidos resultando num desenvolvimento da eficiência no desempenho, além de melhoramentos na proteção ambiental.

Quadro 3. Indicadores para avaliação da eficácia da parceria público-privada, segundo Massoud; El-Fadel; Abdel Malak (2003).

Indicador	Descrição	Exemplo
Entradas	Quantidade de recursos usados no serviço	Investimento Equipamentos para a equipe
Resultados	Unidades medidas dos serviços realizados num determinado tempo	Toneladas de resíduos sólidos coletados
Eficácia	Indicador que reflete a oportunidade, observância ou satisfação com os serviços	Taxa de erro
Eficiência	Custo por unidade da saída	Tempo de resposta Volume de reclamações Custo por tonelada de resíduos sólidos coletados Custo por inspeção realizada
Produtividade	Quantidade de tempo gasto para produzir uma unidade de saída	Tempo médio para realizar uma inspeção
Demanda de serviço	Fatores que podem auxiliar a explicar os diferentes desempenhos	População total servida Idade média dos veículos em vigência

Os indicadores não apenas mostram o desempenho do sistema, mas também dos fatores governamentais chaves. Assim se os municípios não demonstram indicadores satisfatórios para cobrir pelo menos os custos, como serão mais sustentáveis? Os indicadores permitem monitorar os serviços prestados para a população, assim como suas necessidades e preferências (WILSON et al., 2012).

A avaliação de desempenho segundo o Manual de Gerenciamento Integrado da Associação Cempre envolve quatro processos (VILHENA, 2010):

- 1) Medidas de Produtividade:
 - a. Toneladas coletadas/(veículo x turno)
 - b. Km coleta/ (veículo x turno)

- 2) Indicadores de Eficiência Operacional
 - a. Utilização de veículos:
 - i. Velocidade média de coleta
 - ii. Km coleta/(km de coleta e transporte)
 - iii. Km coleta/km total
 - iv. Tonelagem coletada/capacidade
 - b. Mão-de-obra:
 - i. Coletores/(população atendida x 1000)
 - ii. Tonelagem coletada/(turno x coletor)
 - iii. Mão-de-obra direta/mão-de-obra indireta
 - c. Manutenção
 - i. Quilometragem média entre quebras
 - ii. Veículos disponíveis/frota
- 3) Indicadores de qualidade:
 - a. População atendida/população total
 - b. Regularidade
 - c. Frequência
- 4) Nível de segurança
 - a. Quilometragem média entre acidentes com veículos
 - b. Tempo médio entre acidentes com pessoal
 - c. Roupas com sinalização adequada

Como observado na literatura nacional e internacional os indicadores giram em torno da avaliação do desempenho, eficiência e eficácia dos serviços públicos ou privados na gestão dos resíduos sólidos. Estes métodos permitem uma avaliação de baixo custo, além de mostrar dados qualitativos e comparativos, permitindo traçar a evolução e o desenvolvimento dos serviços (PRADO FILHO; SOBREIRA, 2007).

Outro ponto importante sobre indicadores é que de acordo com o Decreto 7.404, de 2010, as informações e indicadores sobre Resíduos Sólidos Urbanos disponibilizadas no SINIR (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos) são aquelas disponibilizadas pelo SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento, sob a responsabilidade da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA do Ministério das Cidades.

2.5 Técnica de cenários

Há várias técnicas e ferramentas que analisam sistemas de gestão de resíduos sólidos (PIRES; MARTINHO; CHANG, 2011), uma delas é a construção de cenários, que lida com sistemas complexos e dinâmicos, além de fazer parte do processo de planejamento para fornecer orientações viáveis para a tomada de decisão. A técnica de cenários, como um estudo prospectivo, visa descrever futuros alternativos como apoio na decisão e escolha da melhor alternativa. Assim, esta técnica trata da descrição de um futuro possível ou desejável, além de todo o processo ou trajetória que liga com a situação inicial (BUARQUE, 2003). Portanto os cenários podem contribuir para opções reais em três níveis fundamentais: 1) ajudar na identificação das opções futuras; 2) ajudar no tempo de decisão de execução da opção; 3) fornecer informações importantes no processo de avaliação das opções reais (CORNELIUS; VAN DE PUTTE; ROMANI, 2005).

A utilização de cenários é abrangente e aplicável a várias áreas e finalidades (BRADFIELD et al., 2005):

- Gestão de crises, como defesa civil;
- Comunidade científica para aumentar o grau de complexidade dos modelos científicos e de teorias, como os cenários de mudanças climáticas;
- Políticas públicas, que utiliza de cenários para envolver os *stakeholders* e vários órgãos para decisões políticas;
- Profissionais de instituto futurista, os quais discutem sobre tendências e pesquisas futuras;
- Instituições de ensino, que promovem e desenvolvem estudos futuros de métodos e teorias;
- Empresas que utilizam cenários para o planejamento estratégico de longo prazo.

Portanto o uso de cenários ajuda a abrir novas possibilidades estratégicas para análise gerencial, além de permitir a avaliação do que pode dar de errado em seguir uma estratégia e um planejamento específico. Além disso, a técnica de cenários permite uma abordagem de identificação de problemas potenciais que

podem ser tratados posteriormente por soluções em potenciais (POLLARD; HOTH, 2006).

Alguns autores dividem a técnica de cenários em dois grandes grupos: exploratórios e desejado ou normativo (BUARQUE, 2003; GODET, 2000).

O cenário desejado reflete a melhor previsão possível, com descrição plausível e viável. Pode-se dizer que este cenário é uma utopia plausível, ou seja, possui as melhores características e é técnica e logicamente viável. Como apresentado na Figura 9, o cenário desejado é a síntese da realidade atual, o presente (antítese) e as ideias e utopias de uma sociedade em relação ao seu futuro (BUARQUE, 2003). Este cenário além de construir visões alternativas do futuro desejadas, pode construir a mais temida também (GODET, 2000).

Cenário normativo (desejado)

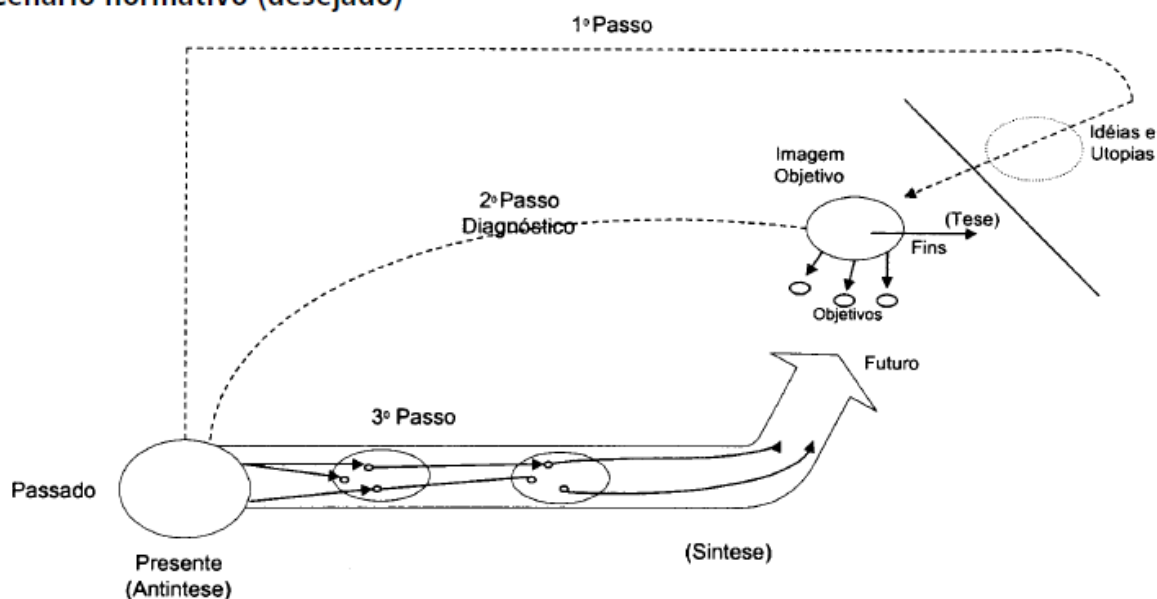


Figura 9. Cenário normativo (desejado).
Fonte: Macroplan (1996) apud Buarque (2003)

O cenário exploratório a partir de tendências passadas e presentes leva a futuros possíveis (GODET, 2000), além disso, varia conforme o grau de importância, dividindo-se em: extrapolativo, que reproduz no futuro o comportamento do passado; e alternativo, que explora mudanças que mostram realidades diferentes das do passado e do presente. O primeiro ainda pode ser dividido em futuro livre de surpresas, que é um futuro único conforme o passado; e cenário com variações canônicas, que introduzem pequenas mudanças num futuro livre de surpresas

(BUARQUE, 2003). Na Figura 10 está apresentado a visão geral e as diferenças dos cenários alternativos e extrapolativos.

Os cenários, segundo Börjeson et al. (2006), podem também ser divididos de acordo com o uso, resultando em três principais categorias baseadas nas seguintes questões: O que vai acontecer? O que pode acontecer? e Como um alvo específico pode ser alcançado? Assim as três categorias são: preditivo, exploratório e normativo, todos têm dois tipos, conforme apresentado na Figura 11.

Cenários alternativos

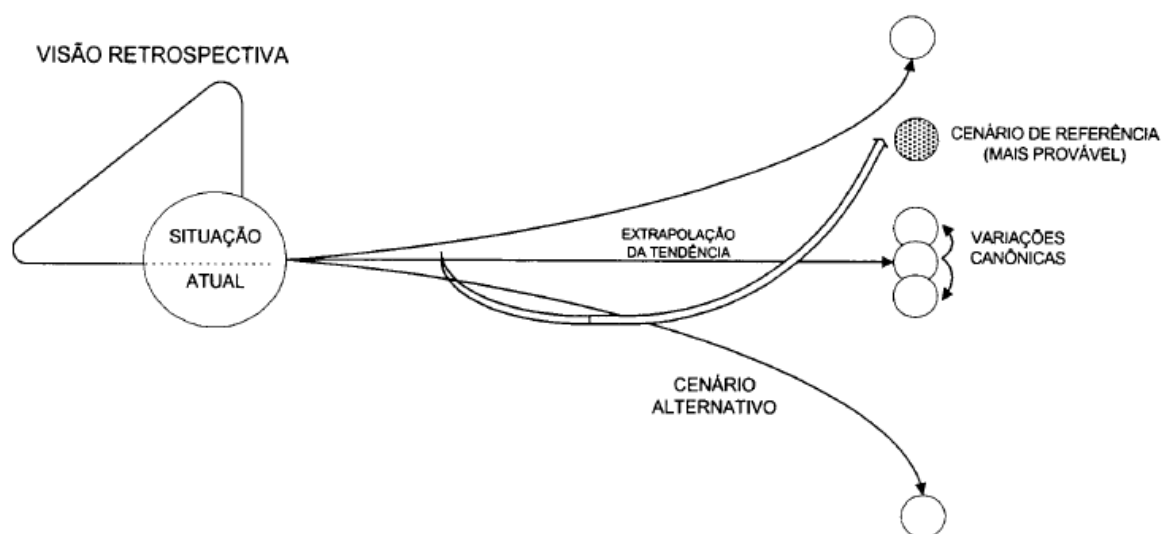


Figura 10. Visão geral dos tipos de cenários.
Fonte: Macroplan (1996) *apud* Buarque (2003)

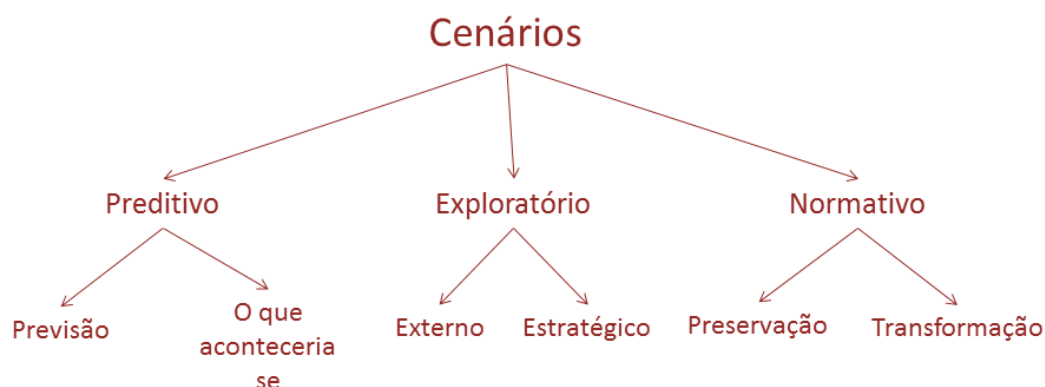


Figura 11. Categorias e tipos de cenários, segundo Börjeson et al. (2006).

Os cenários *preditivos* tentam dizer o que vai acontecer no futuro, assim os conceitos de probabilidade são extremamente importantes. São úteis para os

planejadores que precisam lidar com os desafios previsíveis e aproveitar as oportunidades previsíveis. O tipo *previsão* é condicionado pelo que vai acontecer se o desenvolvimento mais provável se desenrolar. O tipo *o que aconteceria* se investiga o que vai acontecer com a condição de alguns eventos importantes para o desenvolvimento futuro (BÖRJESON et al., 2006).

Os cenários *exploratórios* analisam situações possíveis de acontecer, geralmente a partir de várias perspectivas. Os cenários *externos* se concentram em fatores fora do controle dos atores relevantes. Enquanto que os cenários *estratégicos* incorporam medidas políticas para lidar com a questão em jogo, descrevendo uma gama de consequências possíveis das decisões (BÖRJESON et al., 2006).

Os cenários *normativos* iniciam num ponto normativo e apontam o foco de interesse em uma determinada situação futura e como esta pode ser desenvolvida. No tipo *preservação*, o objetivo é traçar um alvo que pode ser alcançado com custo-eficiência. Enquanto que no tipo *transformação* o ponto de partida é de alto nível e prioritário (BÖRJESON et al., 2006).

Quanto ao desenvolvimento do método de cenários, segundo Godet (2000), as principais etapas são: (1) identificar as principais variáveis do objetivo da análise estrutural; (2) analisar os jogos dos atores com questões importantes para o futuro, e (3) reduzir as incertezas e escolher os cenários mais prováveis.

Conforme apresentado na Figura 12, a Fase 1 tenta analisar o problema e definir a forma de análise. A Fase 2 faz um diagnóstico da organização e cria uma árvore de competências. A fase 3 identifica as principais variáveis por meio de análise estrutural. A Fase 4 tenta compreender a dinâmica da organização em seu ambiente, envolvendo seu passado e pontos fortes e fracos. A Fase 5 tenta reduzir as incertezas através de métodos que destaquem as megatendências, cartas curingas (alternativas), para tecer os cenários mais prováveis. A Fase 6 destaca visões e projetos coerentes com a organização e os cenários prováveis. A Fase 7 avalia as opções estratégicas. A Fase 8 enfatiza a escolha estratégica para a tomada de decisão por meio de um comitê. A Fase 9 se concentra totalmente na implementação do plano de ação e criação de um sistema de coordenação e acompanhamento (GODET, 2000, 2006).

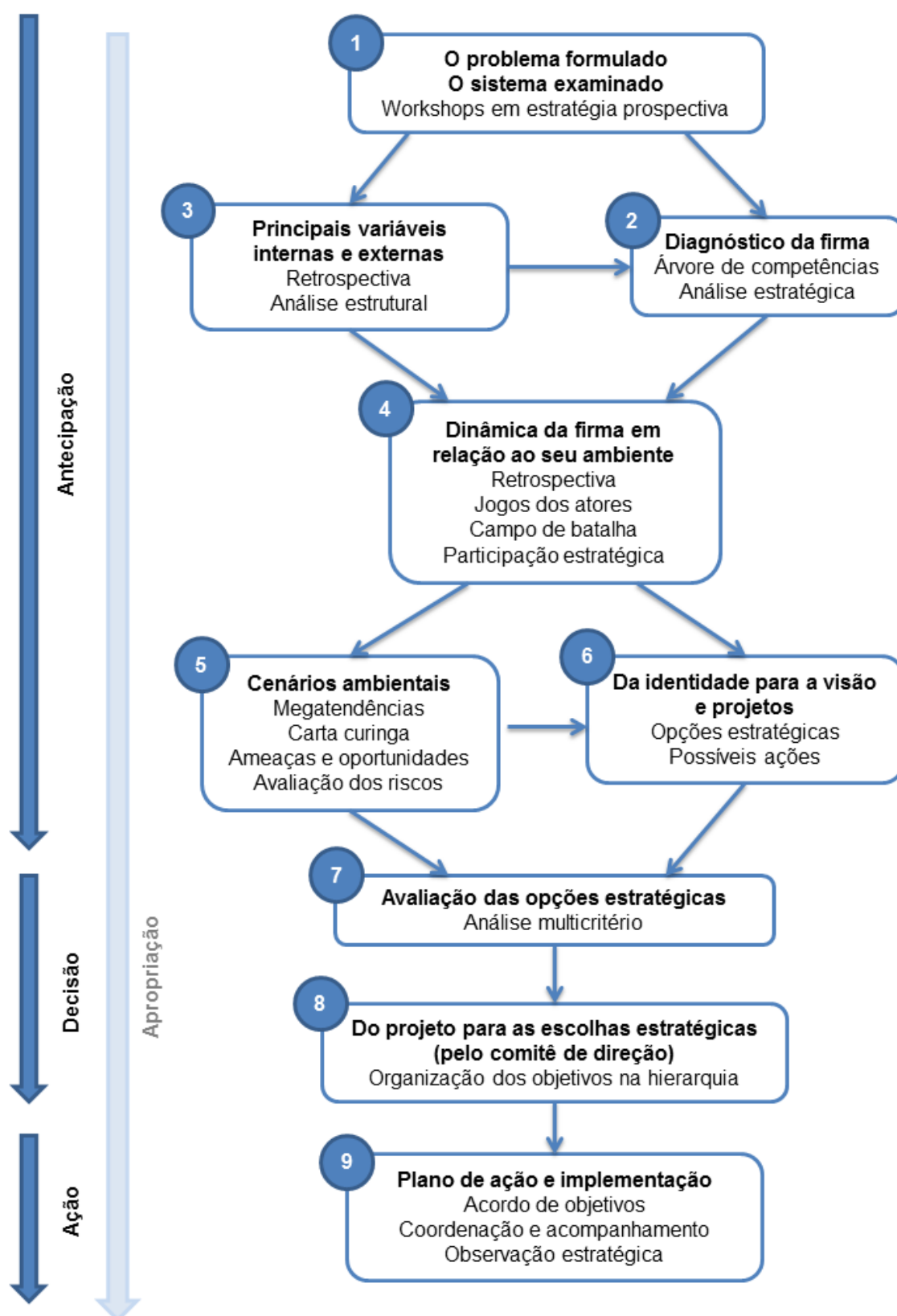


Figura 12. Planejamento de cenário: processo completo.
Fonte: Godet (2000)

O processo geral de trabalho, segundo Buarque (2003), segue uma sequência lógica que vai da identificação dos eventos e processos até a combinação de hipóteses sobre o futuro, que tendem a responder cinco perguntas fundamentais:

1. Que fatores atuais indicam tendência de futuro?
2. Quais são os fatores mais relevantes e as principais incertezas?
3. Que hipóteses são mais plausíveis para prováveis comportamentos futuros?
4. Como as diferentes hipóteses combinam para as diversas incertezas?
5. Que combinações de hipóteses das incertezas podem ser consideradas consistentes?

Na Figura 13 está apresentado o processo de construção de cenários alternativos, que se inicia com uma análise teórica para identificar as variáveis determinantes. Em seguida procura-se estudar a realidade atual para entender as tendências futuras (condicionantes). Esta etapa responde a questão 1 das perguntas acima, ou seja, identifica os processos para descobrir tendências e os principais fatores que antecipam o futuro (BUARQUE, 2003).

Para responder a segunda pergunta, selecionam-se os condicionantes de maior relevância (influenciam fortemente o futuro) e de maior incerteza. Depois se classificam os condicionantes, quanto ao grau de incerteza que podem ser: elementos constantes (continuarão no futuro), mudanças predeterminadas (comportamento futuro diferentes do presente que pode ser antecipado) e mudanças incertas (comportamento futuro diferentes do presente que não pode ser antecipado). Os dois primeiros estarão presentes em qualquer descrição do futuro, já as mudanças incertas são os processos mais relevantes e determinantes do sistema e são estas que fazem a diferença na construção das alternativas de futuro, conforme as hipóteses formuladas, portanto constituem a base para os cenários. Assim a combinação de hipóteses das várias incertezas cria várias alternativas e pode levar a resultados que não constituem um conjunto consistente.

Processo de construção de cenários alternativos

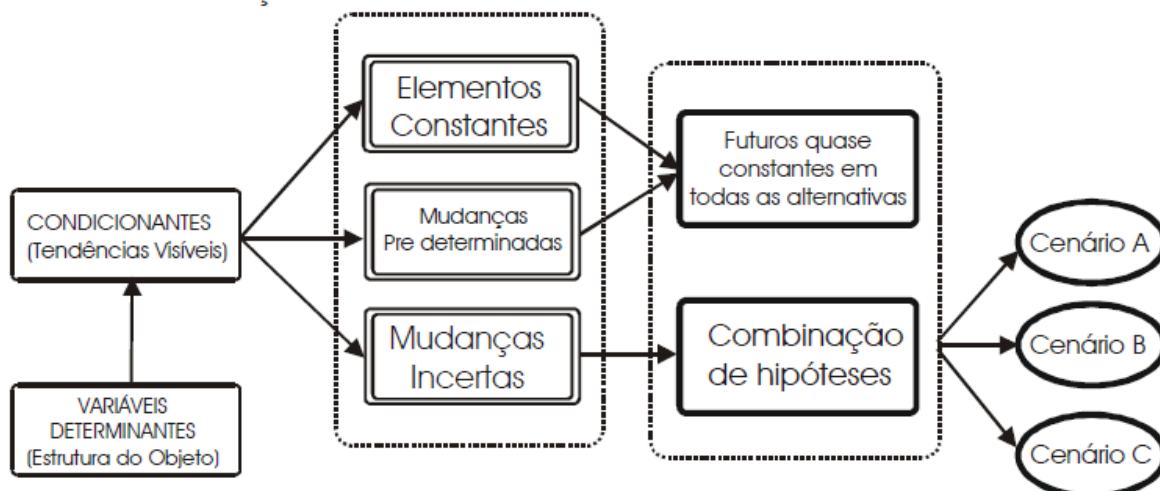


Figura 13. Processo de construção de cenários alternativos.
Fonte: Buarque (2003).

Neste presente estudo será abordado o cenário normativo (Figura 14) do tipo preservação para a máxima eficiência ambiental. O cenário compõe de um jogo de hipóteses plausíveis que convergem nos desejos da sociedade e do governo para o futuro, portanto o processo se inicia com a construção de um futuro desejado, que servirá como referencial. Através de um parâmetro desejável (com ou sem indicadores) ou consulta à sociedade, elabora-se o futuro desejado, depois se constrói o cenário normativo, confrontando os desejos com a realidade estudada (BUARQUE, 2003).

Outro ponto importante para este estudo é o objetivo do trabalho e sua abrangência, assim, não se aplicará a ambientes de negócios como estratégia empresarial e sim como planejamento governamental (plano regional), permitindo assim orientar as políticas e programas do governo. A estratégia governamental permite a criação de cenários prováveis com o propósito de construir um futuro desejado pela sociedade, desta forma os planos governamentais devem se orientar através dos cenários em direção ao cenário desejado (Figura 15).

Processo de construção do cenário normativo

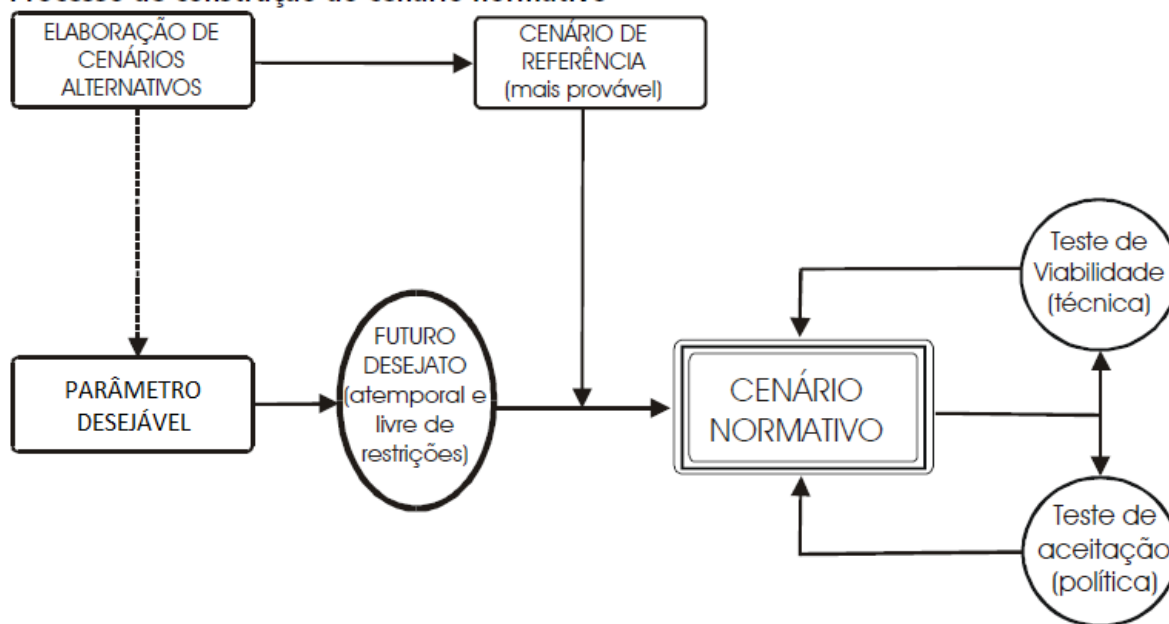


Figura 14. Processo de construção de cenário normativo.
Fonte: Adaptado de Buarque (2003).

Cenários no planejamento governamental

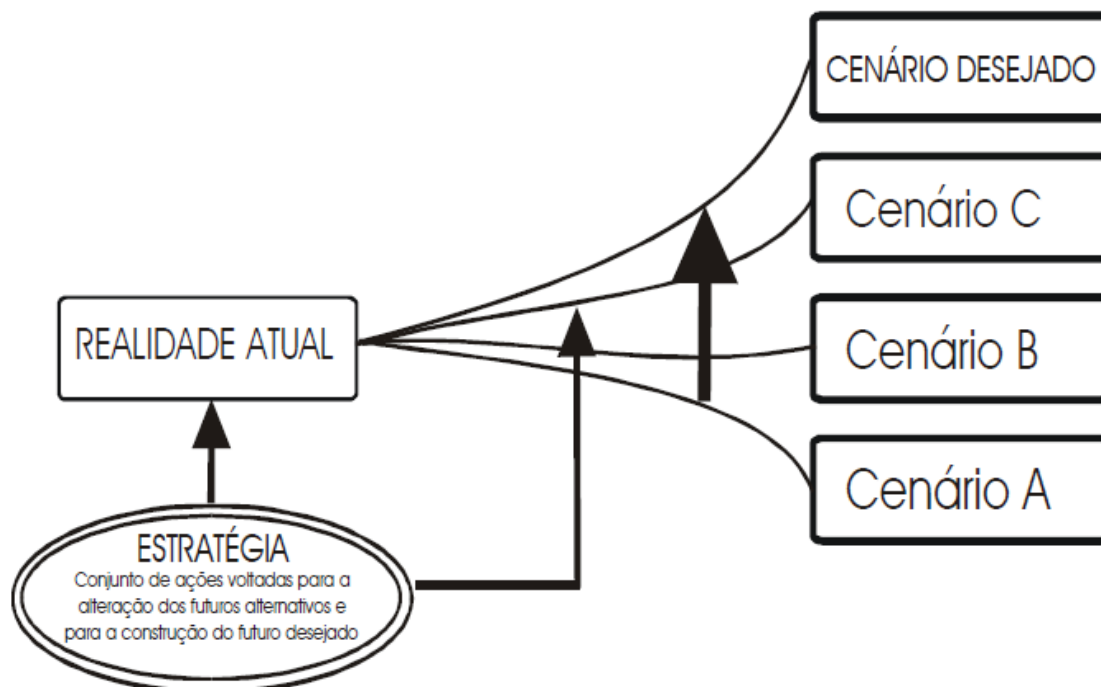


Figura 15. Processo de construção de cenários no planejamento governamental.
Fonte: Adaptado de Buarque (2003).



OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é exploratório e explicativo, pois visa:

- Criar cenários alternativos de gestão de resíduos sólidos para os municípios de Arapeí, Areias, Bananal, Cachoeira Paulista, Cruzeiro, Lavrinhas, Queluz, São José do Barreiro e Silveiras na região norte do Vale do Paraíba/SP;
- Propor e analisar o cenário mais adequado de disposição final dos resíduos sólidos que fundamente a tomada de decisão;
- Analisar e comparar a melhor forma da gestão dos resíduos domiciliares nestes municípios por meio de avaliações ambientais;



**MATERIAL E
MÉTODOS**

4. MATERIAL E MÉTODOS

Esta é uma pesquisa retrospectiva e prospectiva com dados quantitativos, pois abordará dados disponibilizados nas bases de dados governamentais que foram submetidos a simulações ambientais para verificar o melhor cenário futuro dos municípios envolvidos do norte do Vale do Paraíba, estado de São Paulo. Vale ressaltar que o método de simulação é um modelo poderoso e amplamente utilizado para analisar sistemas complexos, imitando as operações do sistema real (LINDGREN; BANDHOLD, 2003; MORABITO NETO; PUREZA, 2012)

4.1 *Background da pesquisa*

O Vale do Paraíba é uma região socioeconômica que abrange parte do estado de São Paulo e do estado do Rio de Janeiro (Figura 16). Esta região se insere na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que na parte paulista é composta por 34 municípios pertencentes à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRH-2 (Figura 17): Aparecida; Arapeí; Areias; Bananal; Caçapava; Cachoeira Paulista; Canas; Cruzeiro; Cunha; Guararema; Guaratinguetá; Igaratá; Jacareí; Jambeiro; Lagoinha; Lavrinhas; Lorena; Monteiro Lobato; Natividade da Serra; Paraibuna; Pindamonhangaba; Piquete; Potim; Queluz; Redenção da Serra; Roseira; Santa Branca; Santa Isabel; São José do Barreiro; São José dos Campos; São Luiz do Paraitinga; Silveiras; Taubaté; Tremembé.

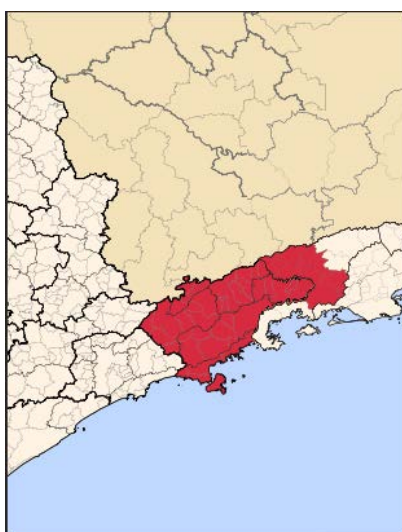


Figura 16. Mapa destacando o Vale do Paraíba.
Fonte: Wikipédia



Figura 17. Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado de São Paulo.

Fonte: Conselho Estadual de Recursos Hídricos do estado de São Paulo.

Este estudo se concentra nos seguintes municípios: Arapeí, Areias, Bananal, Cachoeira Paulista, Cruzeiro, Lavrinhas, Queluz, São José do Barreiro e Silveiras (Tabela 2 e Figura 18).

Tabela 2. Municípios envolvidos neste estudo e suas respectivas populações e IDH-M (Índice de Desenvolvimento Humano – Municipal).

Municípios	População (2010)	IDH-M (2010)
Arapeí	2.493	0,680
Areias	3.696	0,697
Bananal	10.223	0,733
Cachoeira Paulista*	30.091	0,764
Cruzeiro	77.039	0,788
Lavrinhas	6.590	0,729
Queluz	11.309	0,722
São José do Barreiro	4.077	0,684
Silveiras	5.792	0,678

Fonte: IBGE (2010); Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2013)

*possui um aterro privado que recebe resíduos dos municípios: Cachoeira Paulista, Canas, Guaratinguetá, Lavrinhas e Lorena.



Figura 18. Mapa da região norte do Vale do Paraíba, destacando os municípios desta pesquisa.

Vale ressaltar que os municípios envolvidos não estão certificados no programa Município VerdeAzul do estado de São Paulo, por terem notas baixas (Tabela 3), a maior deles é de Cachoeira Paulista (34,66 pontos), longe dos 80 pontos mínimos exigidos dos municípios certificados. Este programa é importante, pois visa estimular e capacitar as prefeituras na implementação e desenvolvimento de uma agenda ambiental estratégica, dentro de 10 diretivas, sendo uma delas os resíduos sólidos (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, 2014).

Tabela 3. Classificação e notas de 2014 dos municípios deste estudo no programa Município VerdeAzul.

Município	Nota	Classificação
Arapeí	7,56	559
Areias	0	601
Bananal	31,73	400
Cachoeira Paulista	34,66	389
Cruzeiro	37,38	370
Lavrinhas	1,39	589
Queluz	1,07	593
São José do Barreiro	9,25	548
Silveiras	13,88	466

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente (2014)

4.2 Desenvolvimento do Método, Coleta de dados e análises

A princípio a escolha e desenvolvimento do método envolveu as seguintes fases:

- 1) Análise da literatura;
- 2) Identificação de métodos:
 - a. Localização do aterro;
 - b. Métodos de decisão;
 - c. Indicadores;
 - d. Modelos de simulação.
- 3) Aplicação dos métodos sobre os dados secundários;
- 4) Verificação e concepção de cenários:
 - a. Cenário base;
 - b. Cenários alternativos futuros;
- 5) Verificação dos resultados.

4.3 Cenários projetados

Os cenários escolhidos para esta pesquisa envolvem a projeção do estado atual da gestão de resíduos sólidos para o futuro, de 2015 a 2030. Assim foram identificadas as seguintes perguntas:

- 1) Quais são os custos ambientais se for utilizado um aterro regional, mas não houver alteração na tendência de geração de resíduos sólidos urbanos?
- 2) Quais são os custos ambientais se houver um aumento ou redução de 10% na geração de resíduos sólidos, utilizando o aterro regional?
- 3) Quais são os custos ambientais se houver 20% de reciclagem, ou compostagem, ou ambos, utilizando o aterro regional?

Por meio destas perguntas, as seguintes hipóteses foram feitas:

- 1) Os custos ambientais aumentam se for criado um aterro regional, mas não houver alteração na tendência de aumento da geração de resíduos sólidos urbanos.

- 2) Os custos ambientais é o maior entre os comparados se houver um aumento de 10% na geração de resíduos sólidos, mas não é o menor se houver uma redução de 10%, utilizando o aterro regional.
- 3) Os custos ambientais são menores se houver 20% de reciclagem ou compostagem, e é o menor se houver ambos procedimentos, utilizando o aterro regional.

Após estas perguntas e hipóteses, seis cenários comparativos (Figura 20) de aterro regional particular e seis por consórcio foram elaborados para responder as perguntas e concluir as hipóteses:

1. 1 aterro regional
2. 1 aterro regional – 10% da geração total de resíduos
3. 1 aterro regional + 10% da geração total de resíduos
4. 1 aterro regional + reciclagem de 20%
5. 1 aterro regional + compostagem de 20%
6. 1 aterro regional + reciclagem de 20% + compostagem de 20%

Vale ressaltar que o cenário normativo, ideal e utópico (Figura 19) é a reciclagem e compostagem de o mais próximo de 100%, o que está de acordo com a PNRS, pois somente o que realmente não pode ser tratado, ou seja, os rejeitos, é que são destinados ao aterro (BRASIL, 2010). Como exemplo de busca pelo ideal está a cidade de Graz, na Áustria, em que através de um programa, em 2004 o índice de reciclagem de resíduos alcançou 69%, de recuperação 17% e o destino final dos rejeitos ao aterro de 14% (MOCZYGEMBA; SMAKA-KINCL, 2007). Outro ponto é que o Parlamento Europeu traçou como meta para o ano de 2030 a reciclagem de 70% dos resíduos urbanos e 80% dos resíduos de embalagens, além de proibir o destino de resíduos recicláveis em aterros a partir de 2025 (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

Neste estudo foi instituída a meta de 20% do total de 15 anos, iniciando com 5% e finalizando com 35%, com objetivo anual de incrementação de 2%. Esta meta foi traçada devido à baixa capacidade atual dos municípios brasileiros de gerenciamento de compostagem e reciclagem (5,44%), o que os municípios em estudos não possuem, e foi tomada a meta base do Plano Nacional sobre a Mudança do Clima de 20% até 2015 (BRASIL, 2008)

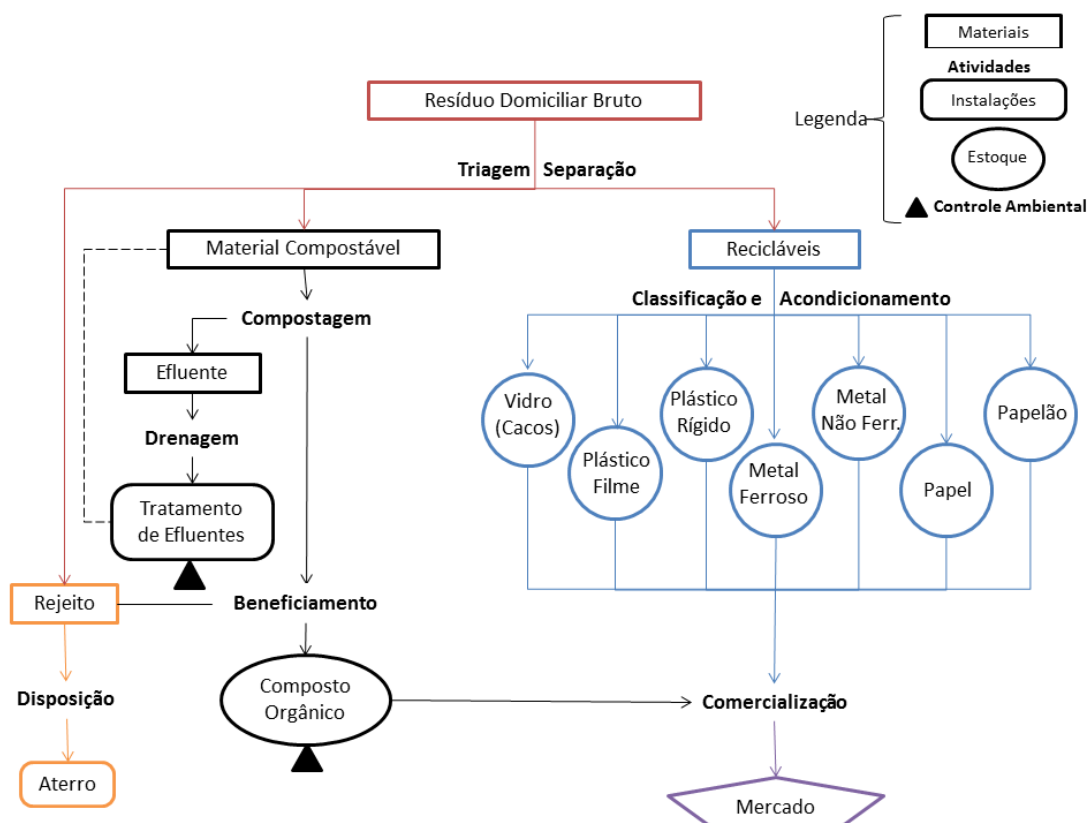


Figura 19. Fluxograma para o cenário ideal conforme a PNRS.
Fonte: Vilhena (2010)

Este estudo não incrementou a recuperação energética nos aterros, mesmo que seja importante ambientalmente, pois é necessário que haja viabilidade técnica e ambiental (BRASIL, 2010), além de ser recomendado financeira e economicamente para populações acima de 200.000 habitantes, sendo que para inferiores a isto a necessidade de mudanças de políticas públicas (BARROS; TIAGO FILHO; SILVA, 2014).

Quanto à implementação de unidades de incineração para RSU, mesmo que esta seja pontuada como uma ótima alternativa principalmente quando há recuperação energética (LARSEN et al., 2009; TAN et al., 2014), não foi incluída nas simulações, pois este tratamento não é recomendado para os países em desenvolvimento ou não membros da OCDE (APRILIA; TEZUKA; SPAARGAREN, 2012). No Brasil as unidades de incineração em 2000, representavam 0,3% dos destinos finais dos resíduos e em 2008 menos de 0,1%, entretanto apenas para resíduos especiais e não resíduos sólidos urbanos em geral (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

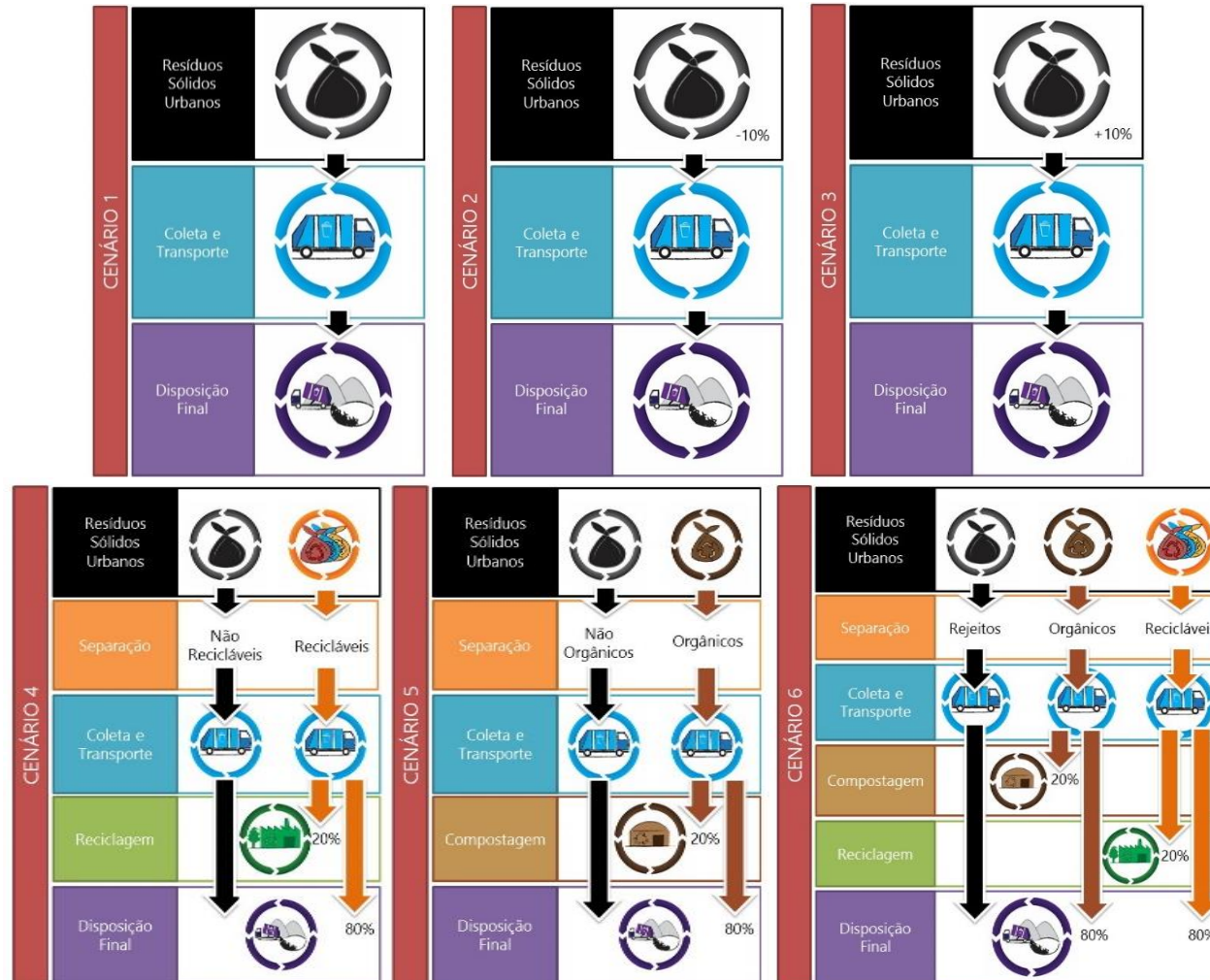


Figura 20. O cenário 1 representa a implementação do aterro regional. O cenário 2 representa a implementação do aterro regional com redução de 10% de RD. O cenário 3 representa a implementação do aterro regional com redução de 10% da geração total de RD. O cenário 4 representa a implementação do aterro regional com reciclagem de 20% dos resíduos recicláveis. O cenário 5 representa a implementação do aterro regional com compostagem de 20% dos resíduos orgânicos. O cenário 6 representa a implementação do aterro regional com reciclagem de 20% dos resíduos recicláveis e compostagem de 20% dos resíduos orgânicos.

4.4 Análises entre os cenários

Uma forma de comparar os cenários é analisar os custos-benefícios econômico e ambientais entre eles, como fizeram Aprilia; Tezuka; Spaargaren (2012), os quais criaram cinco cenários distintos para análises de custos-benefícios econômico e ambientais em Jakarta. O primeiro foca nos custos financeiros e seus benefícios e o segundo no benefício da redução da emissão do gás de efeito estufa, desenvolvimento de coprodutos, como os compostos, e a geração de energia. Esta pesquisa focará no segundo tipo de análise, a ambiental, conforme os cenários propostos.

4.4.1 Emissão de gases de efeito estufa, coprodutos e gasto de energia

Foi escolhido como indicador, baseado nas camadas de Greene; Tonjes (2014), a Camada 4, a qual faz análise de saídas dos sistemas, portanto realiza análises mais complexas com modelos matemáticos. Estas análises geram resultados sobre energia economizada e redução da emissão de gases de efeito estufa.

Com base neste indicador, há vários modelos na literatura que determinam as melhores opções de redução da emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE) e gasto de energia. Para este estudo foi utilizado o modelo *Waste Reduction Model* (WARM), criado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, que tem sido amplamente utilizado em vários contextos e trabalhos acadêmicos (BARROS et al., 2013; GREENE; TONJES, 2014; LAI et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; MORRISSEY; BROWNE, 2004; VERGARA; DAMGAARD; HORVATH, 2011). Os dados das emissões de GEE foram desenvolvidos conforme a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), utilizando técnicas de estimacão produzidos por inventários de emissões de GEE, conforme a 4 (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006).

Tabela 4. Fatores de GEE em MTCO₂E por tonelada (toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente).

Material	Redução na Fonte	Reciclagem	Destinação ao Aterro (média)	Compostagem
Latas de Alumínio	-4.48	-8.06	0.04	N/A
Lingotes de Alumínio	-6.60	-6.32	0.04	N/A
Aço	-2.88	-1.63	0.04	N/A

Continua Pág. 65

Material	Redução na Fonte	Reciclagem	Destinação ao Aterro (média)	Compostagem
Fio de Cobre	-6.59	-4.44	0.04	N/A
Vidro	-0.48	-0.25	0.04	N/A
HDPE	-1.33	-0.78	0.04	N/A
LDPE	-1.62	N/A	0.04	N/A
PET	-2.01	-1.01	0.04	N/A
LLDPE	-1.42	N/A	0.04	N/A
PP	-1.41	N/A	0.04	N/A
PS	-2.27	N/A	0.04	N/A
PVC	-1.80	N/A	0.04	N/A
PLA	-1.98	N/A	-1.47	-0.18
Papelão Ondulado	-5.07	-2.82	-0.05	N/A
Revistas	-7.84	-2.79	-0.43	N/A
Jornais	-4.40	-2.52	-0.92	N/A
Papeis de Escritório	-7.25	-2.59	1.06	N/A
Listas telefônicas	-5.69	-2.40	-0.92	N/A
Livros	-8.26	-2.82	1.06	N/A
Madeira	-1.83	-2.23	-0.66	N/A
Painel de Fibra (média densidade)	-2.01	-2.24	-0.66	N/A
Restos de comida	N/A	N/A	0.63	-0.18
Restos de jardim	N/A	N/A	-0.15	-0.18
Gramma	N/A	N/A	0.24	-0.18
Folhas	N/A	N/A	-0.51	-0.18
Galhos	N/A	N/A	-0.66	-0.18
Papéis misturado (geral)	N/A	-3.19	-0.06	N/A
Papéis misturado (residencial)	N/A	-3.19	-0.13	N/A
Papéis misturado (escritório)	N/A	-3.26	0.05	N/A
Metais misturados	N/A	-3.60	0.04	N/A
Plásticos misturados	N/A	-0.89	0.04	N/A
Recicláveis misturados	N/A	-2.54	-0.12	N/A
Orgânicos misturados	N/A	N/A	0.25	-0.18
RSU misturados	N/A	N/A	0.89	N/A
Carpete	-3.59	-2.15	0.04	N/A
Computadores	-49.12	-2.13	0.04	N/A
Tijolo	-0.25	N/A	0.04	N/A
Concreto	N/A	-0.01	0.04	N/A
Cinzas	N/A	-0.79	0.04	N/A
Pneus	-3.92	-0.35	0.04	N/A
Asfalto	-0.10	-0.07	0.04	N/A
Telhas (asfalto)	-0.18	-0.08	0.04	N/A
<i>Drywall</i>	-0.20	0.03	0.12	N/A
Isolamento de fibra de vidro	-0.35	N/A	0.04	N/A
Piso de vinil	-0.56	N/A	0.04	N/A
Piso de madeira	-3.68	N/A	0.06	N/A

N/A: Não se aplica.

Fonte: Adaptado de Environmental Protection Agency (2006)

Para as projeções dos cenários e análises no sistema WARM, utilizou-se a composição gravimétrica disponível na Tabela 5, conforme indicados nos planos municipais de saneamento dos municípios envolvidos:

Tabela 5. Composição Gravimétrica dos Resíduos Domiciliares.

Componentes	Composição Gravimétrica (%)
Papel/Papelão	9,60
Embalagens Longa Vida	1,00
Plástico Rígido	6,30
Plástico Mole	6,70
Embalagens PET	0,60
Metal Ferroso	1,40
Metal Não Ferroso	0,40
Vidros	1,70
Isopor	0,20
Trapos/Panos	2,20
Borracha	0,20
Subtotal	30,30
Matéria Orgânica	62,90
Madeira	1,20
Terra/Pedras	2,10
Pilhas/Baterias	0,00
Diversos	2,00
Perdas	1,50
Subtotal	69,70
Total	100,00

Fonte: Prefeitura Municipal de Arapeí (2010); Prefeitura Municipal de Areias (2010); Prefeitura Municipal de Bananal (2010); Prefeitura Municipal de Cachoeira Paulista (2010); Prefeitura Municipal de Queluz (2010); Prefeitura Municipal de São José do Barreiro (2010); Prefeitura Municipal de Silveiras (2010).

4.5 Distâncias Aterro/Reciclagem/Compostagem

Para definir o município para receber os materiais para reciclagem, compostagem e localização do aterro consorciado, conforme os cenários, utilizou-se aquele situado no centro de gravidade e em caso de empate, aquele com menor média de distância, conforme a Tabela 6.

O Método do centro de gravidade permite um vislumbre da melhor localização em relação à quantidade de resíduos produzidos. A princípio é localizado num *grid* simplificado as unidades geradoras de resíduos a fim de estabelecer as distâncias dos locais, conforme mostrado na Figura 21 (CORRÊA; CORRÊA, 2009).

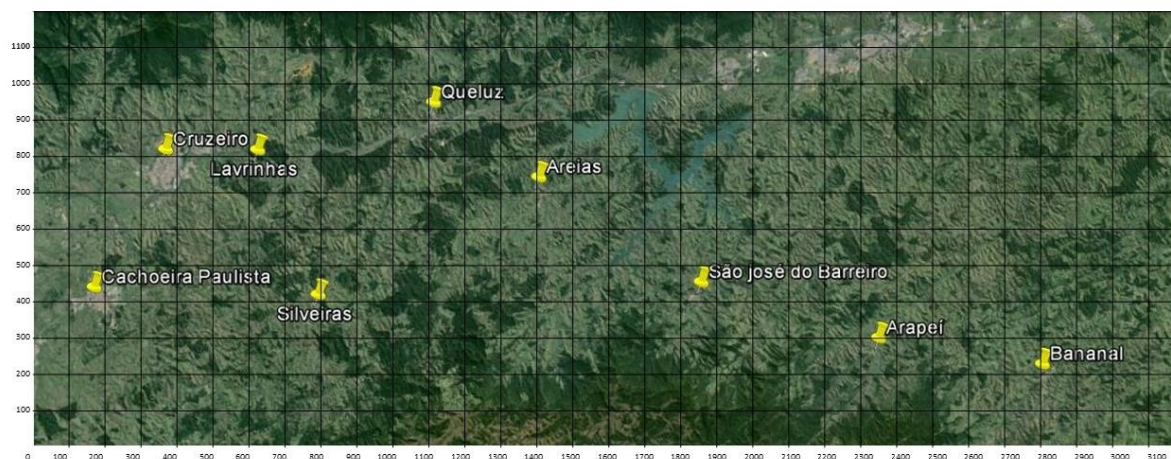


Figura 21. Uso de um grid no mapa enfatizando os municípios em estudo.

Este método procura encontrar o centro de gravidade das localidades por meio das coordenadas x e y , da seguinte forma:

$$Cx = \frac{\sum dixVi}{\sum Vi} \text{ e } Cy = \frac{\sum diyVi}{\sum Vi} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Cx = coordenada x (eixo horizontal) do centro de gravidade;

Cy = coordenada y (eixo vertical) do centro de gravidade;

dix = coordenada x do i ésimo local;

diy = coordenada y do i ésimo local;

Vi = volume de resíduos gerados do i ésimo local.

Resultando nas coordenadas do *grid* de aproximadamente 731 (Cx) e 629 (Cy), significa que o centro de gravidade está entre os municípios de Lavrinhas e Silveiras.

Neste caso o município selecionado foi o de Lavrinhas, com média de 45,9 km (Tabela 6). Vale ressaltar que a minimização de gases emitidos pelos veículos ao diminuir a distância é um aspecto significativo para reduzir o potencial de impacto ambiental (LARSEN et al., 2009; SANTOS et al., 2014).

O município responsável pelo aterro sanitário particular é Cachoeira Paulista, no qual já opera um aterro intermunicipal particular com IQR (Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos) com nota em 2012 de 9,4 (CETESB, 2013).

Portanto as distâncias entre os municípios em estudo e o aterro selecionado para receber os resíduos da região estão disponíveis na Tabela 7.

Tabela 6. Distância em km entre os municípios.

Município	Arapeí (km)	Areias (km)	Bananal (km)	Cachoeira Paulista (km)	Cruzeiro (Km)	Lavrinhas (Km)	Queluz (km)	São José do Barreiro (km)	Silveiras (km)
Arapeí	0,0	51,4	18,4	101,0	90,0	81,9	66,6	29,6	77,4
Areias	51,4	0,0	69,1	48,4	39,2	45,0	15,5	22,3	26,4
Bananal	18,4	69,1	0,0	119,0	108,0	99,5	84,6	47,7	95,5
Cachoeira Paulista	101,0	48,4	119,0	0,0	21,3	24,3	35,9	70,5	23,8
Cruzeiro	90,0	39,2	108,0	21,3	0,0	8,6	31,8	61,1	27,5
Lavrinhas	81,9	45,0	99,5	24,3	8,6	0,0	23,6	52,9	31,6
Queluz	66,6	15,5	84,6	35,9	31,8	23,6	0,0	37,5	37,9
São José do Barreiro	29,6	22,3	47,7	70,5	61,1	52,9	37,5	0,0	48,3
Silveiras	77,4	26,4	95,5	23,8	27,5	31,6	37,9	48,3	0,0
Média	64,5	39,7	80,2	55,5	48,4	45,9	41,7	46,2	46,1

Tabela 7. Distância média em km entre os municípios e o aterro sanitário em Cachoeira Paulista.

Municípios	Distância ao Aterro Sanitário (km)
Arapeí	104
Areias	53
Bananal	122
Cachoeira Paulista*	4
Cruzeiro	20,7
Lavrinhas	27,3
Queluz	39,4
São José do Barreiro	74,9
Silveiras	28,1

*Município onde se encontra o aterro particular

4.6 Projeção populacional e de geração de RSU

Para a projeção populacional (Figura 22), foi utilizado os dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) do Governo do Estado de São Paulo. Estes dados estão projetados até o ano de 2030, por isso dos cenários serem projetados até este ano.

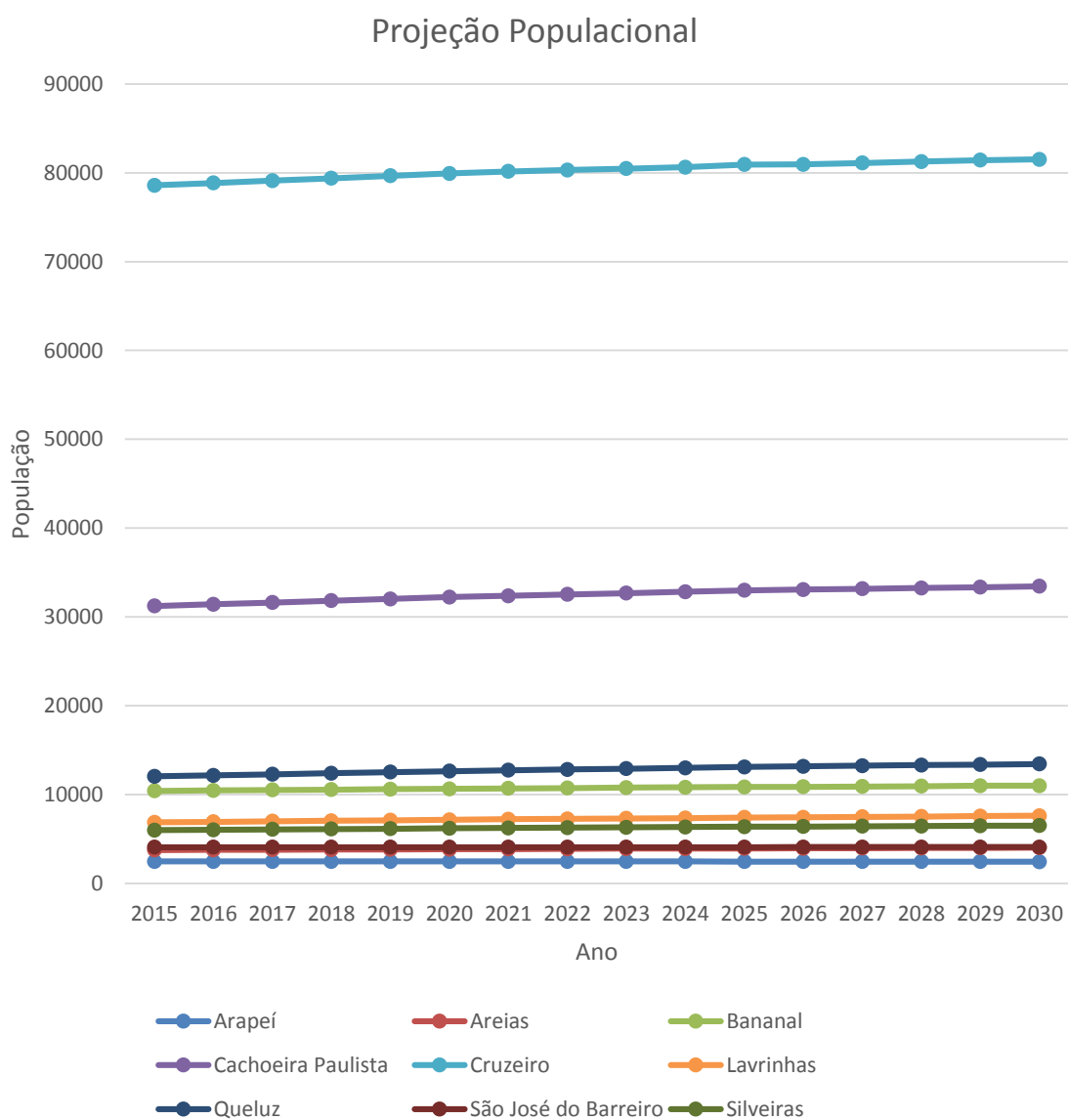


Figura 22. Projeção populacional até 2030.
Fonte: Fundação SEADE (2014)

A projeção de geração de resíduos sólidos foi retirada dos Planos Municipais Integrados de Saneamento Básico de cada município (Figura 23).

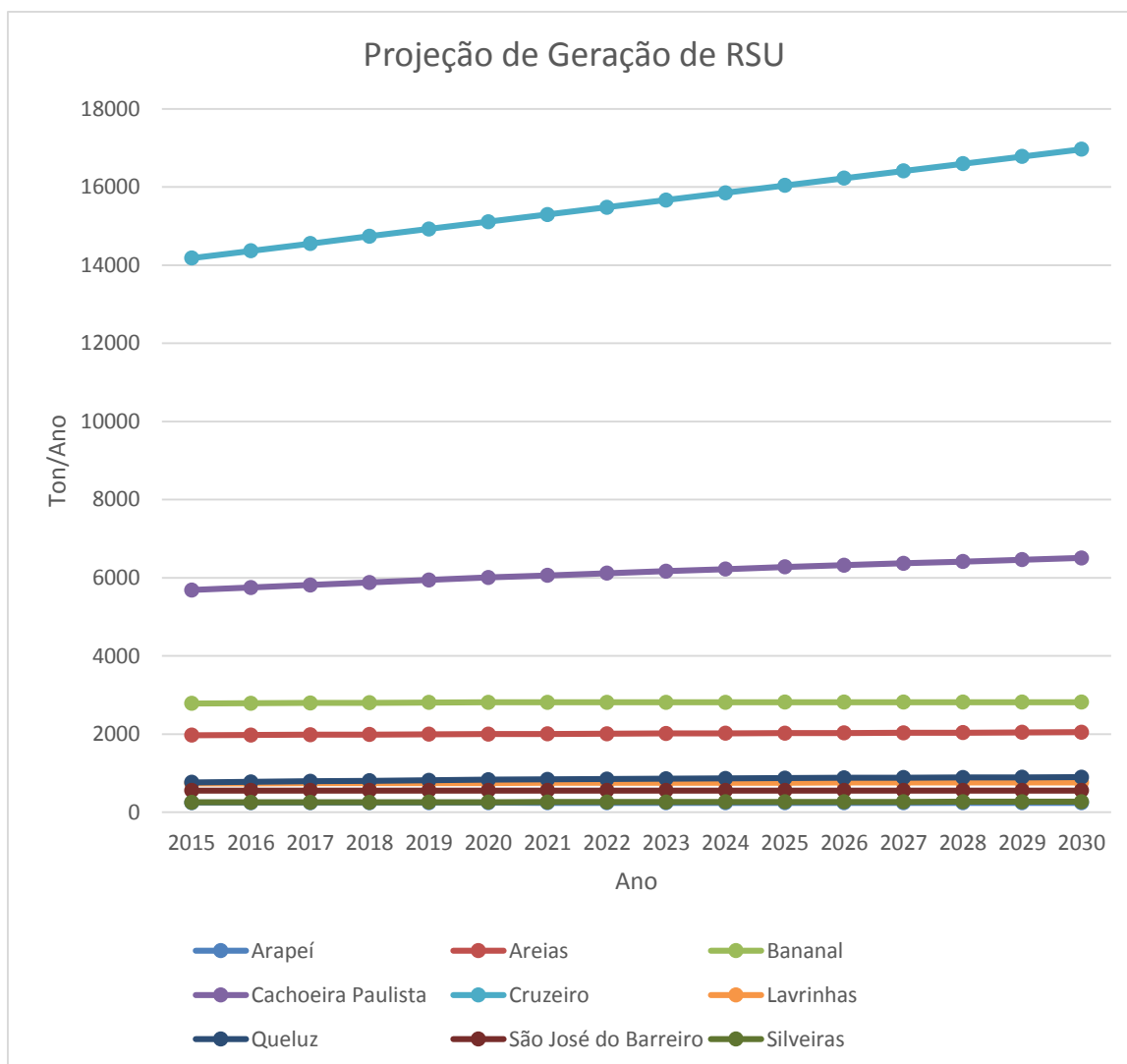


Figura 23. Projeção de geração de RSU em ton/ano até 2030.

Fonte: Prefeitura Municipal de Arapeí (2010); Prefeitura Municipal de Areias (2010); Prefeitura Municipal de Bananal (2010); Prefeitura Municipal de Cachoeira Paulista (2010); Prefeitura Municipal de Queluz (2010); Prefeitura Municipal de São José do Barreiro (2010); Prefeitura Municipal de Silveiras (2010).

Vale ressaltar que alguns estudos utilizam outros modelos com variáveis diferentes para projeção da geração dos resíduos, como Melo; Sautter; Janissek (2009) para projetar cenários alternativos de gestão dos RSU para a cidade de Curitiba, calcularam a variável RSU em função da população e do PIB da cidade. Beigl; Lebersorger; Salhofer, (2008) revisaram 45 modelos que utilizam dados econômicos, sociais e demográficos para a prospecção de geração de resíduos sólidos. Um ponto importante é função que a população flutuante exerce sobre a variação da geração de RSU para cidades turísticas (MATEU-SBERT et al., 2013).

Assim neste estudo foi escolhido as projeções já realizadas pelos planos de saneamentos da Prefeitura Municipal de Arapeí (2010); Prefeitura Municipal de

Areias (2010); Prefeitura Municipal de Bananal (2010); Prefeitura Municipal de Cachoeira Paulista (2010); Prefeitura Municipal de Queluz (2010); Prefeitura Municipal de São José do Barreiro (2010); Prefeitura Municipal de Silveiras (2010), conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Geração RSU} = (\text{População} / 2.990,32)^{(1,258)} \quad \text{Equação 2}$$

A partir desta fórmula foi elaborada uma curva de produção ajustada pelo seguinte fator:

$$fa = \frac{Pr - Pc}{Pr} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

fa: Fator de Ajuste (para ajustar os pontos à curva resultante)

Pr: Produção real de resíduos sólidos em 2010

Pc: Produção calculada para a população de 2010

A projeção de resíduos sólidos urbanos foi calculada aplicando a seguinte equação e o fator de ajuste:

$$Pp = Pc + (Pc \cdot fa) \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Pp: Produção projetada de resíduos sólidos

Pc: Produção calculada

fa: Fator de Ajuste

A circular graphic with a blue border containing three white arrows forming a clockwise cycle. Inside the circle is a photograph of several blue plastic bags filled with waste, with some green plants visible in the background.

**RESULTADOS E
DISCUSSÃO**

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As descrições a seguir dos dados socioeconômicos e descrição do manejo dos resíduos sólidos de cada município servem para contextualizar e permitir uma visão geral da situação, entretanto, neste estudo o modelo é aplicado apenas nos Resíduos Domiciliares.

5.1 Arapeí

5.1.1 Dados socioeconômicos

O Município de Arapeí possui 2.493 habitantes, área de 156,902 km², com densidade de 15,89 hab./km². A população que vive na cidade é de 75,20% com taxa de crescimento de -0,49% a.a., como apresentado na Tabela 8 (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010).

Tabela 8. Retrato do município de Arapeí.

Caracterização	Ano	Unidade	Arapeí	Estado de São Paulo
Demografia				
População	2010	hab	2.493	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	75,20	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	-0,49	1,09
Área	2010	Km ²	156,902	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab/km ²	15,89	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

O IDH mede o grau de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida oferecida à população, baseado em dados econômicos e sociais, pode variar de 0 a 1. Em Arapeí, o IDH-M de 2010 foi de 0,680, posicionando o município em 621^a no *ranking* do Estado de São Paulo. O município se encontra abaixo do IDH estadual, que é 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013).

A economia baseia-se na Agropecuária e no Comércio, e em pequena escala, no Turismo Rural, Ecoturismo e também no Artesanato em barbante. (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ, 2010).

O Produto Interno Bruto e a renda *per capita* em 2011 foram

respectivamente de R\$ 30,97 milhões e R\$ 12.442,80. O Valor Adicionado em 2011 alcançou os maiores números no setor de Serviços, seguido pela Agropecuária e depois pela Indústria (Tabela 9).

Tabela 9. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e *per capita* em 2011.

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB <i>per capita</i> (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
Arapeí	2,81	5,40	9,39	20,72	28,93	30,97	12.442,80
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.1.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

Conforme o Plano Municipal Integrado do município de Arapeí (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ, 2010), a divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos apresenta a configuração disponível no Quadro 4. Nota-se que a Prefeitura Municipal executa a maioria das atividades.

Quadro 4. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

Grupo	Atividade	Executor
Limpeza Urbana	Varição de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Prefeitura Municipal
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal
Resíduos Domiciliares	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Transbordo e transporte	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento Destinação final	Não há o serviço Aterro Controlado Municipal
Resíduos da Construção Civil	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Prefeitura Municipal
	Destinação final	Bota-fora Municipal
Resíduos de Serviços de Saúde	Coleta e transporte	Empresa ATHOS
	Tratamento	Empresa Terceirizada
	Destinação final	Empresa Terceirizada

Fonte: Prefeitura Municipal de Arapeí (2010).

5.1.2.1. Limpeza Pública

A varrição de passeios e vias é realizada manualmente por 5 funcionários e em períodos variáveis. Os sacos coletados são conduzidos ao aterro controlado do

município. A varrição de passeios e vias públicas, as manutenções de áreas verdes e das bocas de lobo são executadas por uma equipe padrão da Prefeitura em períodos variáveis. De acordo com o Plano Municipal, não há um local específico para destinação destes resíduos, o que acaba resultando na disposição informal e irregular (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ, 2010).

5.1.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

Arapeí gera de resíduos sólidos urbanos entre 0,7 a 1,0 t/dia, o que equivale a uma média de 21 t/mês. Por ser baixa a geração, há uma dificuldade de mobilização para minimização da geração pelo município (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ, 2010).

A coleta destes resíduos, realizada pelo único veículo coletor (Figura 24), é do tipo convencional e atende 100% das áreas do perímetro urbano. Sua frequência é diária, de segunda a sábado, e é composta por uma equipe padrão de funcionários municipais: motorista do veículo coletor e três coletores (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ, 2010).



Figura 24. Veículo coletor de resíduos sólidos urbanos no município de Arapeí.
Fonte: Prefeitura Municipal de Arapeí (2010).

Os resíduos sólidos urbanos são transportados pelo veículo coletor compactador (Figura 24) e encaminhados ao aterro controlado municipal. De acordo com o Plano Municipal não há a promoção do reaproveitamento e/ou tratamento dos resíduos sólidos urbanos gerados em Arapeí, também não há coleta seletiva oficial. Quanto à destinação final dos resíduos, estes são encaminhados para o Aterro Controlado de Arapeí (Figura 25), a 16 km do centro da cidade numa área particular

e alugada pela Prefeitura Municipal (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ, 2010).



Figura 25. Aterro Controlado de Arapeí
Fonte: Prefeitura Municipal de Arapeí (2010).

5.1.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil, gerados pela construção civil e/ou demolições, são coletados pela Prefeitura separadamente e reaproveitados cerca de 80% em estradas rurais, enquanto os 20% do volume restante são destinados a locais irregulares (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ, 2010).

5.1.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

Estes resíduos de classe 1, são coletados, transportados, tratados e destinados por empresas terceirizadas. Em Arapeí a empresa ATHO Assistência Técnica Transportes e Serviços Ltda. tem a responsabilidade do manejo, desde a coleta até a destinação final, a um custo de R\$ 4,50/kg. Vale ressaltar que a geração de resíduos da Unidade Básica de Saúde atinge uma média de 200kg/mês (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ, 2010).

5.1.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Como apresentado na Tabela 10, em relação aos impactos ambientais, o cenário base de Arapeí tem melhor resultado em todos os aspectos analisados que o cenário 1, o qual envolve a mudança do local do aterro, devido à maior distância dos

mesmos, pois o transporte é um grande sistema poluidor e gerador de impactos ambientais (SANTOS et al., 2014). Mas vale ressaltar que no cenário base está implantado um aterro irregular, portanto não é ambientalmente adequado.

Para os totais de $MTCO_2E$ e $MTCE$ há uma pequena mudança quando há redução de geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2, entretanto o total de energia continua acima do cenário base, provavelmente devido ao consumo energético do transporte (LARSEN et al., 2009). Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários. Entre os cenários analisados por Melo; Sautter; Janissek (2009), aquele que apresentou maior custo e produção de metano foi o cenário com aumento de 5% na geração total de resíduos, mostrando o impacto do aumento da geração de resíduos.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Tabela 10), principalmente no total de energia, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base, há redução nas emissões de $MTCO_2E$ e $MTCE$, entretanto o gasto de energia é cerca 5,06% e 5,89% a mais que o cenário 1, e de 36,57% e 30,60% a mais que o cenário base, respectivamente em Cachoeira Paulista e Lavrinhas. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

O Cenário 6 (Tabela 10) apresenta o melhor resultado para os totais de $MTCO_2E$ e $MTCE$, e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e Cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de Arapeí a opção com menor emissão de GEE e gasto de energia é o Cenário 6 no consórcio em Lavrinhas, pois a distância é menor e há gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

Tabela 10. Comparação entre os cenários do município de Arapeí quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	948	976	879	1.074	515	744	283
Total de Energia (Milhões de BTU)	1.307	1.699	1.529	1.869	-5.115	1.785	-5.028
Total de MTCE	258	266	240	293	140	203	77
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	948	970	873	1.067	509	738	277
Total de Energia (Milhões de BTU)	1.307	1.612	1.450	1.773	-5.196	1.707	-5.101
Total de MTCE	258	265	238	291	139	201	76

MTCO₂E: toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente
 MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente

5.2 Areias

5.2.1 Dados socioeconômicos

O Município de Areias tem 3.696 habitantes, área de 305,227 km² e densidade de 12,11 hab./km². 67,10% da população vivem em área urbana, como apresentado na Tabela 11 (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010).

Tabela 11. Retrato do município de Areias

Caracterização	Ano	Unidade	Areias	Estado de São Paulo
População	2010	hab	3.696	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	67,10	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	0,26	1,09
Área	2010	km ²	305,227	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab./km ²	12,11	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

O IDH-M em 2010 foi de 0,697, superior às medições anteriores de 1980 e 1991, configurando em 590^a na posição do *ranking* do Estado de São Paulo. O município se encontra abaixo do IDH estadual, que é 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013).

A economia se baseia na Agricultura, Pecuária e Indústrias de pequeno porte como olarias, alambiques e laticínios (PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS, 2010). O PIB e a renda *per capita* em 2011 são, respectivamente em reais, 40 milhões e 10.973,11. O Valor Adicionado alcançou os maiores números no setor de Serviços, seguido pela Indústria e a Agropecuária (Tabela 12).

Tabela 12. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e *per capita* a Preços Correntes em 2011

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB <i>per</i> <i>Capita</i> (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
Areias	7,27	5,53	11,63	25,51	38,31	40,00	10.793,11
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.2.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

No município de Areias, conforme o Plano Integrado, a divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos apresenta no Quadro 5.

Quadro 5. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

Grupo	Atividade	Executor
Limpeza Pública	Varição de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Prefeitura Municipal
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal
Resíduos Domiciliares	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Transbordo e/ou transporte	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento Destinação final	--- Empresa Anaconda
Resíduos da Construção Civil	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Coletores Autônomos
	Destinação final	Prefeitura Municipal
Resíduos de Serviços de Saúde	Coleta e transporte	Empresa ATHO
	Tratamento	Não fornecido
	Destinação final	Não fornecido

Fonte: Prefeitura Municipal de Areias (2010)

5.2.2.1. Limpeza Pública

A varrição de passeios e vias é realizada diariamente, de forma manual, com periodicidades variáveis; há 4 funcionários municipais e 1 caminhão coletor compactador para este serviço. Os detritos e restos vegetais são encaminhados para locais irregulares. As manutenções dos passeios e vias, das áreas verdes e das bocas de lobo são executadas com periodicidades variáveis e os detritos e restos vegetais são encaminhados para locais irregulares. A limpeza de locais após a realização de feiras livres é realizada através da varrição e os resíduos sólidos são encaminhados para o Aterro de Areias (PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS, 2010).

5.2.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

Areias gera em média 5,33 ton/dia de resíduos sólidos, possui 2 caminhões coletores compactadores, e a coleta ocorre duas vezes por semana, às segundas e às sextas-feiras, em 100% da área urbana (PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS, 2010).

Os resíduos sólidos urbanos recolhidos são coletados e destinados ao Aterro em Areias (Figura 26), localizado a 1.500 m do centro da cidade. Vale ressaltar que, de acordo com o Plano Integrado o único tipo de promoção do reaproveitamento e/ou tratamento dos resíduos sólidos urbanos está vinculado à atividade de catação no aterro (PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS, 2010).



Figura 26. Resíduos Descartados na Vala do Aterro
Fonte: Prefeitura Municipal de Areias (2010)

Portanto a separação dos materiais passíveis de serem reciclados é realizada irregularmente por catadores não cadastrados e não legalizados pela Prefeitura (PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS, 2010).



Figura 27. Sacos com Materiais Triados para Reciclagem
Fonte: Prefeitura Municipal de Areias (2010)

5.2.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil são coletados pela Prefeitura Municipal e descartados em frente ao Aterro de Areias, juntamente com resíduos de podas. E os entulhos selecionados, às vezes, são utilizados na pavimentação e/ou manutenção de estradas rurais (PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS, 2010).

5.2.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

Os resíduos de serviços de saúde atingem uma média de 110 kg/mês e são coletados e transportados pela empresa terceirizada ATHO Assistência Técnica Transportes e Serviços Ltda., que cobra R\$4,50/kg (PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS, 2010).

5.2.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Como apresentado na Tabela 13, o cenário base de Areias, comparado com o cenário 1, tem melhor resultado em todos os aspectos analisados, provavelmente devido à maior distância dos mesmos, pois o transporte é um grande sistema poluidor e gerador de impactos ambientais (SANTOS et al., 2014). Mas vale ressaltar que no cenário base de Areias está implantado um aterro irregular, o que não é ambientalmente adequado.

Para os totais de $MTCO_2E$ e $MTCE$ há uma pequena mudança quando há redução de 10% geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2, entretanto o total de energia continua acima do cenário base, provavelmente devido ao consumo energético do transporte para o aterro (LARSEN et al., 2009). Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Tabela 13), principalmente no total de energia, que é a que apresenta o melhor valor, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base, há redução nas emissões de $MTCO_2E$ e $MTCE$, entretanto o gasto de energia é o segundo maior, à frente apenas do cenário 3. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

O Cenário 6 (Tabela 13) apresenta o melhor resultado para os totais de $MTCO_2E$ e $MTCE$, e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o

Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de Areias a opção com menor emissão de GEE e gasto de energia é o Cenário 6 no consórcio em Lavrinhas, pois a distância é menor e há gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

Tabela 13. Comparação entre os cenários do município de Areias quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	7.802	7.947	7.152	8.742	4.121	6.010	2.184
Total de Energia (Milhões de BTU)	10.263	12.228	11.005	13.451	-44.263	12.775	-43.716
Total de MTCE	2.128	2.167	1.951	2.384	1.124	1.639	596
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	7.802	7.925	7.132	8.717	4.107	6.006	2.188
Total de Energia (Milhões de BTU)	10.263	11.927	10.735	13.120	-44.450	12.721	-43.656
Total de MTCE	2.128	2.161	1.945	2.377	1.120	1.638	597

MTCO₂E: toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente
 MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente

5.3 Bananal

5.3.1 Dados socioeconômicos

O Município de Bananal, como apresentado na Tabela 14, tem 10.680 habitantes, área territorial de 616,428 km² e densidade de 16,58 hab./km². 79,80% dos habitantes vivem na zona urbana (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010).

Em Bananal, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal em 2010 foi de 0,733, posicionando o município em 362º no Estado de São Paulo. O município se encontra abaixo do IDH estadual, que é de 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013).

A economia do município baseia-se no turismo histórico e ambiental, e conseqüentemente, nos serviços que giram em torno destes (PREFEITURA MUNICIPAL DE BANANAL, 2010). O PIB em 2011 foi de R\$ 113,00 milhões e a renda

per capita de R\$ 11.013,57. O Valor Adicionado para o setor de Serviços foi o maior, seguido pela Indústria e, por último, a Agropecuária (Tabela 15) (FUNDAÇÃO SEADE, 2011).

Tabela 14. Retrato do município de Bananal.

Caracterização	Ano	Unidade	Bananal	Estado de São Paulo
População	2010	hab	10.680	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	79,80	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	0,51	1,09
Área	2010	km ²	616,428	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab/km ²	16,58	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

Tabela 15. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e *Per Capita* a Preços Correntes em 2011

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB per capita (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
Bananal	7,96	23,23	26,22	75,91	107,11	113,00	11.013,57
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.3.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

A divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, segundo o plano integrado de Bananal, apresenta a configuração descrita no Quadro 6.

5.3.2.1. Limpeza Pública

A varrição de passeios e vias é realizada manualmente por 12 funcionários da Prefeitura Municipal. A varrição manual e a manutenção dos passeios e vias são executadas com periodicidades variáveis, por equipes padrão formadas por duplas e o destino final é o aterro controlado operado pela Prefeitura Municipal. A manutenção de áreas verdes é executada com periodicidade variável e os restos vegetais são utilizados em terrenos particulares ou encaminhados para o aterro municipal

(PREFEITURA MUNICIPAL DE BANANAL, 2010).

Os resíduos recolhidos da limpeza dos locais após a realização de feiras livres e da manutenção das bocas-de-lobo são conduzidos para o aterro controlado municipal (PREFEITURA MUNICIPAL DE BANANAL, 2010).

Quadro 6. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

Grupo	Atividade	Executor
Limpeza Pública	Varição de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Prefeitura Municipal
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal
Resíduos Domiciliares	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Transbordo e transporte	---
	Reaproveitamento e/ou tratamento	---
	Destinação final	Prefeitura Municipal
Resíduos da Construção Civil	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Prefeitura Municipal
	Destinação final	Prefeitura Municipal
Resíduos de Serviços de Saúde	Coleta e transporte	Empresa Terceirizada
	Tratamento	Empresa Terceirizada
	Destinação final	Empresa Terceirizada

Fonte: Prefeitura Municipal de Bananal (2010)

5.3.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

Bananal gera por volta de 7 t/dia de resíduos sólidos em dia de semana e 10 t/dia em finais de semana, e de acordo com o plano integrado de saneamento, há uma dificuldade de mobilização para minimização da geração de resíduos (PREFEITURA MUNICIPAL DE BANANAL, 2010).

A coleta dos resíduos sólidos urbanos é do tipo convencional e com frequência diária na área urbana e semanalmente nas zonas rurais. O serviço de coleta conta com uma equipe de 12 funcionários e 3 caminhões coletores compactadores. Os resíduos são transportados para o aterro controlado operado pela Prefeitura Municipal. Vale ressaltar que não há processos de reaproveitamento, além da catação que ocorre no próprio aterro. A destinação final dos resíduos sólidos urbanos é o aterro controlado (Figura 28) do próprio município, operado a 12 anos

pelo método de valas (PREFEITURA MUNICIPAL DE BANANAL, 2010)



Figura 28. Vista Geral do Aterro Controlado do Município de Bananal.
Fonte: Prefeitura Municipal de Bananal (2010)

5.3.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil são, geralmente, empregados como matéria prima na manutenção das estradas rurais do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE BANANAL, 2010).

5.3.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

Os resíduos de serviços de saúde, de acordo com os poucos dados disponíveis no plano integrado de saneamento, são coletados, transportados para fora do município e tratados em unidade licenciada de empresa terceirizada (PREFEITURA MUNICIPAL DE BANANAL, 2010).

5.3.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Como apresentado na Tabela 16, o cenário base de Bananal, comparado com o cenário 1, tem melhor resultado em todos os aspectos analisados, provavelmente devido à maior distância dos mesmos, pois o transporte é um grande sistema poluidor e gerador de impactos ambientais (SANTOS et al., 2014). Mas vale

ressaltar que no cenário base de Areias está implantado um aterro irregular, o que não é ambientalmente adequado.

Para os totais de $MTCO_2E$ e $MTCE$ há uma pequena mudança quando há redução de 10% geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2, entretanto o total de energia continua acima do cenário base, provavelmente devido ao consumo energético do transporte para o aterro (LARSEN et al., 2009). Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Tabela 16), principalmente no total de energia, que é a que apresenta o melhor valor, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base, há redução nas emissões de $MTCO_2E$ e $MTCE$, entretanto o gasto de energia é o segundo maior, à frente apenas do cenário 3. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

O Cenário 6 (Tabela 16) apresenta o melhor resultado para os totais de $MTCO_2E$ e $MTCE$, e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de Bananal a opção com menor emissão de GEE e gasto de energia é o Cenário 6 no consórcio em Lavrinhas, pois a distância é menor e há gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

Tabela 16. Comparação entre os cenários do município de Bananal quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	10.897	11.370	10.233	12.507	6.026	8.664	3.320
Total de Energia (Milhões de BTU)	14.334	20.759	18.683	22.835	-58.192	21.513	-57.389
Total de MTCE	2.972	3.101	2.791	3.411	1.644	2.363	906

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	10.897	11.283	10.155	12.411	5.951	8.603	3.271
Total de Energia (Milhões de BTU)	14.334	19.575	17.618	21.533	-59.164	21.584	-58.055
Total de MTCE	2.972	3.077	2.769	3.385	1.623	2.346	892

MTCO₂E: toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente

MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente

5.4 Cachoeira Paulista

5.4.1 Dados socioeconômicos

O Município de Cachoeira Paulista, como apresentado na Tabela 17, tem 30.091 habitantes, área de 287,990 km² e densidade de 104,49 hab./km². 81,7% da população vive em área urbana (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010). O IDH-M apontado para o ano de 2010 foi de 0,764, posicionando o município na 142^a posição no Estado de São Paulo. O município se encontra abaixo do IDH estadual, que é de 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013).

Tabela 17. Retrato do município de Cachoeira Paulista.

Caracterização	Ano	Unidade	Cachoeira Paulista	Estado de São Paulo
População	2010	hab	30.091	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	81,7	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	1,01	1,09
Área	2010	km ²	287,990	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab/km ²	104,49	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

A economia baseia-se na Pecuária e Agricultura, Funcionalismo público municipal, estadual e, principalmente, federal, além do Ecoturismo e Turismo religioso (PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA PAULISTA, 2010). O PIB e a renda *per*

capita em 2011 foram de R\$ 414,73 milhões e R\$ 13.689,58, respectivamente (Tabela 18). O Valor Adicionado em 2011 foi maior para o setor de Serviços, em seguida para a Indústria e depois a Agropecuária (FUNDAÇÃO SEADE, 2011).

Tabela 18. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e per capita a Preços Correntes / 2011

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB <i>per capita</i> (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
Cachoeira Paulista	10,52	47,43	63,38	326,33	384,28	414,73	13.689,58
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.4.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

A divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos apresenta a configuração apresentada no Quadro 7.

Quadro 7. Serviços de Limpeza Pública e Manejo de Resíduos Sólidos de Cachoeira Paulista.

Grupo	Atividade	Executor
Limpeza Pública	Varição de passeios e vias	Prog. Nova Geração
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Prefeitura Municipal
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal
Resíduos Domiciliares	Coleta e traslado	Empresa VSA
	Transbordo e/ou transporte	Empresa VSA
	Reaproveitamento e/ou tratamento	-
	Destinação final	Empresa VSA
Resíduos da Construção Civil	Coleta e traslado	Pref. Municipal/Terceiros
	Reaproveitamento e/ou tratamento	-
	Destinação final	Não fornecido
Resíduos de Serviços de Saúde	Coleta e transporte	Empresa ATHO
	Tratamento	Empresa ATT
	Destinação final	ATS Jacareí

Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira Paulista (2010)

5.4.2.1. Limpeza Pública

De acordo com o plano integrado de saneamento, os serviços de limpeza pública realizados no município são: varrição de passeios e vias; e manutenção de

áreas verdes, incluindo corte de grama e poda de árvores. O primeiro mobiliza 20 jovens com o Programa Nova Geração e os resíduos são destinados ao Aterro Sanitário no município, o segundo é realizado por uma equipe da prefeitura e os resíduos orgânicos são encaminhados para área de compostagem da Prefeitura (PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA PAULISTA, 2010).

5.4.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

A geração de resíduos sólidos urbanos, em 2009, se aproxima de 14,67 t/dia. Os serviços de coleta são efetuados pela empresa VSA Vale Soluções Ambientais Ltda., diariamente (a cada dois dias para os residentes) em 100% da área urbana. Os resíduos são transportados até o Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista, a 4 km da cidade. Conforme o plano integrado de saneamento os resíduos passíveis de reaproveitamento são destinados ao Aterro Sanitário (PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA PAULISTA, 2010).

O aterro sanitário é de propriedade da Prefeitura Municipal, que terceirizou sua operação, para a empresa privada VSA – Vale Soluções Ambientais Ltda. A licença abrange os resíduos sólidos urbanos de classe IIA, seu padrão é bastante satisfatório, com pontuação de 9,4 para o Índice de Qualidade de Aterro (CETESB, 2013; PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA PAULISTA, 2010).



Figura 29. Vista Aérea do Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista
Fonte: Prefeitura Municipal de Cachoeira Paulista (2010)

5.4.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil são coletados e parte reaproveitável é triturada e empregada na pavimentação e manutenção de estradas (PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA PAULISTA, 2010).

5.4.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

A geração de Resíduos de Serviços de Saúde varia de 450 a 500 kg/mês, que é coletada e transportada pela empresa terceirizada ATHO Assistência Técnica Transportes e Serviços Ltda. O tratamento é realizado pela empresa ATT Ambiental Tecnologia e Tratamento Ltda. no município de Jacareí/SP (PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA PAULISTA, 2010).

5.4.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Em Cacheira Paulista só há diferença entre o cenário base e cenário 1, quando este é em Lavrinhas (Tabela 19), no entanto neste caso o consórcio não se torna vantajoso. Um aspecto importante é que o aterro presente é ideal e ambientalmente correto.

Para os totais de MTCO₂E, MTCE e total de energia há uma mudança para melhor quando há redução de 10% geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2. Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, o destaque se dá em todos os aspectos analisados (Tabela 19), principalmente no total de energia, que apresenta o melhor valor, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base, há redução nas emissões de MTCO_2E e MTCE , entretanto o gasto de energia é o segundo maior, à frente apenas do cenário 3. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

O Cenário 6 (Tabela 19) apresenta o melhor resultado para os totais de MTCO_2E e MTCE , e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de Cachoeira Paulista a opção com menor emissão de GEE e gasto de energia é o Cenário 6 para o aterro particular no próprio município de Cachoeira Paulista, pois neste cenário há gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

Tabela 19. Comparação entre os cenários do município de Cachoeira Paulista quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO_2E	23.779	23.779	21.401	26.157	12.178	17.984	6.384
Total de Energia (Milhões de BTU)	31.544	31.544	28.390	34.699	-154.708	34.609	-136.732
Total de MTCE	6.485	6.485	5.837	7.134	3.321	4.905	1.741
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO_2E	23.779	23.952	21.557	26.348	12.330	18.110	6.488
Total de Energia (Milhões de BTU)	31.544	33.905	30.514	37.295	-137.735	36.319	-135.321
Total de MTCE	6.485	6.532	5.879	7.186	3.363	4.939	1.769

MTCO_2E : toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente

MTCE : toneladas métricas de carbono equivalente

5.5 Cruzeiro

5.5.1 Dados socioeconômicos

O Município de Cruzeiro, como apresentado na Tabela 20, tem 77.039 habitantes, área de 305,699 km² e densidade de 252,01 hab./km², 97,45 % da população vive em área urbana (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010). O IDH-M apontado para o ano de 2010 foi de 0,788, posicionando o município na 40^a posição no Estado de São Paulo. O município se encontra pouco acima do IDH estadual, que é de 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013).

Tabela 20. Retrato do município de Cruzeiro.

Caracterização	Ano	Unidade	Cruzeiro	Estado de São Paulo
População	2010	hab	77.039	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	97,45	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	0,48	1,09
Área	2010	km ²	305,699	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab/km ²	252,01	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

A economia baseia-se na indústria de transformação, comércio, pecuária leiteira e agricultura (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO, 2010). O PIB e a renda *per capita* em 2011 foram de R\$ 1.343,76 milhões e R\$ 17.378,94, respectivamente (Tabela 21). O Valor Adicionado em 2011 foi maior para o setor de Serviços, em seguida para a Indústria e depois a Agropecuária (FUNDAÇÃO SEADE, 2011).

Tabela 21. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e per capita a Preços Correntes / 2011

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB <i>per capita</i> (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
Cruzeiro	9,09	391,09	185,51	767,57	1.167,75	1.343,76	17.378,94
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.5.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

A divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos apresenta a configuração apresentada no Quadro 8.

Quadro 8. Serviços de Limpeza Pública e Manejo de Resíduos Sólidos de Cruzeiro.

Grupo	Atividade	Executor
Limpeza Pública	Varição de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Prefeitura Municipal
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal
Resíduos Domiciliares	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Transbordo e/ou transporte	Empresa VSA
	Reaproveitamento e/ou tratamento	-
Resíduos da Construção Civil	Destinação final	Empresa VSA
	Coleta e traslado	Empresas Privadas
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Prefeitura Municipal
Resíduos de Serviços de Saúde	Destinação final	Empresa Privada
	Coleta e transporte	Empresa ATHO
	Tratamento	Empresa ATT
	Destinação final	Empresa Anaconda

Fonte: Prefeitura Municipal de Cruzeiro (2010)

5.5.2.1. Limpeza Pública

De acordo com o plano integrado de saneamento, os serviços de limpeza pública realizados no município são: varrição de passeios e vias; e manutenção de áreas verdes, incluindo corte de grama e poda de árvores. O primeiro é realizado por funcionários municipais em média mensal de 450 km de vias, coletando 20 t/mês de resíduos que são destinados ao Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista, o segundo é realizado por uma equipe de 7 funcionários da prefeitura (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO, 2010).

5.5.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

A geração de resíduos sólidos urbanos é na ordem de 1.080 t/mês, equivalente a 36 t/dia. O serviço de coleta é do tipo convencional com 4 caminhões coletores compactadores em 100% da área urbana e não há coleta seletiva. Os

resíduos são transportados até o antigo aterro para pré-triagem, apenas os resíduos não aproveitáveis são encaminhados ao Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista a um custo de R\$ 35,00/t, e numa escala de 1.041,78 t/mês (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO, 2010).

5.5.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil, cerca de 3.000 m³/mês são coletados por empresas privadas e cerca de 10% do material é reaproveitado pelo município na pavimentação e manutenção de estradas rurais e o restante é disposto numa área particular (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO, 2010).

5.5.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

A geração de Resíduos de Serviços de Saúde é cerca de 5.200 kg/mês, que é coletada e transportada pela empresa terceirizada ATHO Assistência Técnica Transportes e Serviços Ltda. por um valor de R\$ 4,50/Kg. O tratamento é realizado pela empresa ATT Ambiental Tecnologia e Tratamento Ltda. no município de Jacareí/SP (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO, 2010).

5.5.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Como apresentado na Tabela 22, só há diferença entre o cenário base e cenário 1, quando o aterro é em Lavrinhas, portanto neste caso o consórcio se torna vantajoso. Vale ressaltar que no cenário base a gestão utiliza um aterro adequado, segundo as normas da CETESB.

Para os totais de MTCO₂E, MTCE e total de energia há uma mudança para melhor quando há redução de 10% geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2. Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Tabela 22), principalmente no total de energia, que é a que apresenta o melhor valor, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base há redução nas emissões de MTCO₂E e MTCE, entretanto o gasto de energia é o segundo maior, à frente apenas do cenário 3. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

O Cenário 6 (Tabela 22) apresenta o melhor resultado para os totais de MTCO₂E e MTCE, e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Tabela 22. Comparação entre os cenários do município de Cruzeiro quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO₂E	60.831	60.831	54.747	66.905	31.257	45.934	16.369
Total de Energia (Milhões de BTU)	85.309	85.309	76.766	93.720	-351.400	90.866	-345.733
Total de MTCE	16.590	16.590	14.931	18.247	8.525	12.527	4.464
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO₂E	60.831	60.543	54.488	66.608	30.993	45.689	16.140
Total de Energia (Milhões de BTU)	85.309	81.396	73.257	89.693	-354.984	87.541	-348.839
Total de MTCE	16.590	16.512	14.860	18.166	8.453	12.461	4.402

MTCO₂E: toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente
 MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de Cruzeiro a opção com menor impacto ambiental é o cenário 6 no consórcio em Lavrinhas, numa diferença menor que 2% ao de Cachoeira Paulista, devido à distância menor e a gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

5.6 Lavrinhas

5.6.1 Dados socioeconômicos

O Município de Lavrinhas, como apresentado na Tabela 23, tem 7.002 habitantes, área de 167,069 km² e densidade de 39,45 hab./km², 91,78 % da população vive em área urbana (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010). O IDH-M apontado para o ano de 2010 foi de 0,729, posicionando o município na 400^a posição no Estado de São Paulo. O município se encontra abaixo do IDH estadual, que é de 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013).

Tabela 23. Retrato do município de Lavrinhas.

Caracterização	Ano	Unidade	Lavrinhas	Estado de São Paulo
População	2010	hab	7.002	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	91,78	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	0,94	1,09
Área	2010	km ²	167,069	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab/km ²	39,45	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

A economia baseia-se na pecuária leiteira, gado de corte, extração de minérios, indústrias de transformação de minérios, fábricas de gesso, turismo e lazer (PREFEITURA MUNICIPAL DE LAVRINAS, 2010). O PIB e a renda *per capita* em 2011 foram de R\$ 67,52 milhões e R\$ 10.164,13, respectivamente (Tabela 24). O Valor Adicionado em 2011 foi maior para o setor de Serviços, em seguida para a Indústria e depois a Agropecuária (FUNDAÇÃO SEADE, 2011).

Tabela 24. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e per capita a Preços Correntes / 2011

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB <i>per capita</i> (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
Lavrinhas	3,48	14,82	17,17	41,46	59,76	67,52	10.164,13
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.6.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

A divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos apresenta a configuração apresentada no Quadro 9.

Quadro 9. Serviços de Limpeza Pública e Manejo de Resíduos Sólidos de Lavrinhas.

Grupo	Atividade	Executor
Limpeza Pública	Varrição de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Prefeitura Municipal
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal
Resíduos Domiciliares	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Transbordo e/ou transporte	Empresa VSA
	Reaproveitamento e/ou tratamento	-
	Destinação final	Empresa VSA
Resíduos da Construção Civil	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Prefeitura Municipal
	Destinação final	Prefeitura Municipal
Resíduos de Serviços de Saúde	Coleta e transporte	Empresa ATHO
	Tratamento	Empresa ATT
	Destinação final	Empresa ATT

Fonte: Prefeitura Municipal de Lavrinhas (2010)

5.6.2.1. Limpeza Pública

De acordo com o plano integrado de saneamento, os serviços de limpeza pública realizados no município são: varrição de passeios e vias; e manutenção de passeios e vias. O primeiro é realizado por 14 funcionários municipais, coletando 60 t/mês de resíduos numa extensão de 12 km/mês, que são destinados ao Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista, o segundo é realizado por uma equipe de funcionários da prefeitura recolhendo 0,3 ton/mês (PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO, 2010).

5.6.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

A geração de resíduos sólidos urbanos é na ordem de 60 t/mês, equivalente a 2,0 t/dia. O serviço de coleta é do tipo convencional em 100% do município. Segundo o Plano Municipal, não há coleta seletiva e nem promoção ao reaproveitamento de resíduos recicláveis, sendo estes destinados ao aterro. Os resíduos são encaminhados ao Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista a um custo de R\$ 65,00/t (PREFEITURA MUNICIPAL DE LAVRINAS, 2010).

5.6.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil são coletados pelo município, a madeira é utilizada na padaria municipal e os demais são reaproveitados na pavimentação e manutenção de estradas rurais (PREFEITURA MUNICIPAL DE LAVRINAS, 2010).

5.6.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

A geração de Resíduos de Serviços de Saúde é cerca de 300 kg/mês, que é coletada e transportada pela empresa terceirizada ATHO Assistência Técnica Transportes e Serviços Ltda. por um valor de R\$ 4,50/Kg. O tratamento é realizado pela empresa ATT Ambiental Tecnologia e Tratamento Ltda. no município de Jacareí/SP (PREFEITURA MUNICIPAL DE LAVRINAS, 2010).

5.6.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Como apresentado na Tabela 25, só há diferença entre o cenário base e cenário 1, quando o aterro é em Lavrinhas, portanto neste caso o consórcio se torna vantajoso. Vale ressaltar que no cenário base a gestão utiliza um aterro adequado, segundo as normas da CETESB.

Para os totais de MTCO₂E, MTCE e total de energia há uma mudança para melhor quando há redução de 10% geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2. Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma

correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Tabela 25), principalmente no total de energia, que é a que apresenta o melhor valor, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base, há redução nas emissões de MTCO₂E e MTCE, entretanto o gasto de energia é o segundo maior, à frente apenas do cenário 3. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

Tabela 25. Comparação entre os cenários do município de Lavrinhas quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO₂E	2.947	2.947	2.652	3.242	1.516	2.225	794
Total de Energia (Milhões de BTU)	4.169	4.169	3.752	4.586	-16.964	4.426	-16.707
Total de MTCE	804	804	723	884	413	607	217
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO₂E	2.947	2.923	2.631	3.215	1.493	2.204	775
Total de Energia (Milhões de BTU)	4.169	3.847	3.462	4.232	-17.268	4.144	-16.970
Total de MTCE	804	797	717	877	407	601	211

MTCO₂E: toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente

MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente

O Cenário 6 (Tabela 25) apresenta o melhor resultado para os totais de MTCO₂E e MTCE, e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o

Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de Lavrinhas a opção com menor emissão de GEE e gasto de energia é o Cenário 6 no consórcio do mesmo município, devido à vantagem da distância acrescentado da gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

5.7 Queluz

5.7.1 Dados socioeconômicos

Como apresentado na Tabela 26, o Município de Queluz tem 11.309 habitantes, área de 249,829 km² e densidade de 45,27hab/km². 81,7% da população vive na zona urbana (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010).

Tabela 26. Retrato do município de Queluz.

Caracterização	Ano	Unidade	Queluz	Estado de São Paulo
População	2010	hab	11.309	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	81,7	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	1,01	1,09
Área	2010	km ²	249,829	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab/km ²	45,27	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

O IDH-M para o ano de 2010 foi de 0,722, colocando o município em 452º no *ranking* do Estado em 2010. O município encontra-se abaixo do IDH estadual que é de 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013).

Segundo o plano integrado, a economia de Queluz baseia-se na Agricultura, Pecuária, Serviços e Produção de brinquedos em madeira, couro, bordado e crochê (PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ, 2010). Conforme apresentado na Tabela 27, o PIB e a renda *per capita* em 2011 foram, respectivamente R\$ 104,93 milhões e R\$ 9.173,84. O Valor adicionado em 2011 alcançou valores maiores para o setor de Serviços (FUNDAÇÃO SEADE, 2011).

Tabela 27. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e Per capita a Preços Correntes em 2011.

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB <i>per</i> <i>capita</i> (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
Queluz	3,59	15,84	26,90	76,45	95,88	104,93	9.173,84
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.7.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

5.7.2.1. Limpeza Pública

A varrição de passeios e vias e a manutenção das áreas verdes, de feiras livres e das bocas-de-lobo são realizadas com periodicidades variáveis e por funcionários municipais. A destinação final destes resíduos segue junto com dos resíduos urbanos ao aterro sanitário de Cachoeira Paulista – SP, a 35 km do município de Queluz. Os resíduos da manutenção dos passeios e vias não são conduzidos para o aterro sanitário e sim para um bota-fora municipal (PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ, 2010).

5.7.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

O serviço de coleta dos resíduos sólidos urbanos é do tipo convencional, em 100% da área urbana, realizado pela Prefeitura Municipal com frequência diária, de 2ª a 6ª feiras. A destinação final dos resíduos é o Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista (Figura 29), operado pela empresa VSA – Vales Soluções Ambientais Ltda., que cobra o valor de R\$65,00/t. Além disso, de acordo com o plano integrado de saneamento não há reaproveitamento e/ou tratamento prévio dos resíduos antes de sua disposição final (PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ, 2010).

5.7.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil não têm destinação adequada, que deveriam ser coletados separadamente dos demais resíduos (PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ, 2010).

5.7.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

Há uma baixa geração de resíduos de serviços de saúde, que são coletados e transportados pela empresa terceirizada ATHO Assistência Técnica Transportes e Serviços Ltda. O tratamento é realizado na empresa ATT Ambiental Tecnologia e Tratamento Ltda., em Jacareí/SP (PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ, 2010).

5.7.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Como apresentado na Tabela 28, só há diferença entre o cenário base e cenário 1, quando o aterro é em Lavrinhas, portanto neste caso o consórcio se torna vantajoso. Vale ressaltar que no cenário base a gestão utiliza um aterro adequado, segundo as normas da CETESB.

Para os totais de $MTCO_2E$, $MTCE$ e total de energia há uma mudança para melhor quando há redução de 10% geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2. Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Tabela 28), principalmente no total de energia, que é a que apresenta o melhor valor, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base, há redução nas emissões de $MTCO_2E$ e $MTCE$, entretanto o gasto de energia é o segundo maior, à frente apenas do cenário

3. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

O Cenário 6 (Tabela 28) apresenta o melhor resultado para os totais de MTCO_2E e MTCE , e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de Queluz a opção com menor emissão de GEE e gasto de energia é o Cenário 6 no consórcio do mesmo município, devido à vantagem da distância acrescentado da gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

Tabela 28. Comparação entre os cenários do município de Queluz quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO_2E	3.325	3.325	2.993	3.658	1.719	2.515	909
Total de Energia (Milhões de BTU)	4.924	4.924	4.431	5.416	-18.793	5.209	-18.507
Total de MTCE	907	907	816	998	469	686	248
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO_2E	3.325	3.307	2.976	3.637	1.702	2.500	896
Total de Energia (Milhões de BTU)	4.924	4.671	4.204	5.138	-19.023	5.006	-18.682
Total de MTCE	907	902	812	992	464	682	244

MTCO_2E : toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente
 MTCE : toneladas métricas de carbono equivalente

5.8 São José do Barreiro

5.8.1 Dados socioeconômicos

O Município de São José do Barreiro, como apresentado na Tabela 29, tem 4.077 habitantes, área de 570,686 km^2 e densidade de 7,18 hab./ km^2 . 70,40% da

população reside em área urbana. A taxa de crescimento populacional é de -0,16 % a.a. (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010).

Tabela 29. Retrato do município de São José do Barreiro.

Caracterização	Ano	Unidade	São José do Barreiro	Estado de São Paulo
População	2010	hab	4.077	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	70,40	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	-0,16	1,09
Área	2010	km ²	570,686	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab/km ²	7,14	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

O IDH-M para o ano de 2010 foi de 0,684, colocando o município no *ranking* estadual em 617^a no Estado de São Paulo. O município se encontra abaixo do IDH estadual que é 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013). A economia baseia-se na agricultura, pecuária leiteira e no turismo ecológico e histórico (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO BARREIRO, 2010).

Como apresentado na Tabela 30, o PIB e a renda *per capita* em 2011 fora, respectivamente, R\$ 48,39 milhões e R\$ 11.871,08. O Valor Adicionado para setor de Serviços em 2011 foi maior que da indústria e agropecuária (FUNDAÇÃO SEADE, 2011).

Tabela 30. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e *per capita* a Preços Correntes / 2011

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB per Capita (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
São José do Barreiro	12,78	3,79	12,18	30,24	46,81	48,39	11.871,08
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.8.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

No Quadro 10 está disposto divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Quadro 10. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos de São José do Barreiro.

Grupo	Atividade	Executor
Limpeza Pública	Varição de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Não há feiras no município
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal
Resíduos Domiciliares	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Transbordo e transporte	Vale Soluções Ambientais Ltda.
	Reaproveitamento e/ou tratamento	-
	Destinação final	Vale Soluções Ambientais Ltda.
Resíduos da Construção Civil	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Prefeitura Municipal
	Destinação final	Prefeitura Municipal
Resíduos de Serviços de Saúde	Coleta e transporte	Empresa ATHO
	Tratamento	-
	Destinação final	-

Fonte: Prefeitura Municipal de São José Do Barreiro (2010)

5.8.2.1. Limpeza Pública

A varrição de passeios e vias é realizada manualmente com periodicidades variáveis por cinco varredores, os sacos plásticos depois de cheios são transportados para o aterro em Cachoeira Paulista. A manutenção dos passeios e vias, manutenção das áreas verdes e manutenção das bocas-de-lobo são realizadas por funcionários municipais executadas com periodicidade variável (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO BARREIRO, 2010).

5.8.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

A coleta dos resíduos sólidos, do tipo convencional, é realizada três vezes por semana, recolhendo um total de 1,54 toneladas/dia, ao custo de R\$ 70,00 por tonelada. A empresa Vale Soluções Ambientais Ltda. é responsável pelo recebimento e destinação final em aterro sanitário licenciado a 4 km da cidade de Cachoeira Paulista (Figura 29). Vale ressaltar que de acordo com plano integrado de saneamento, os resíduos domiciliares não são tratados e nem reaproveitados

(PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO BARREIRO, 2010).

5.8.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil são reaproveitados na manutenção de estradas rurais (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO BARREIRO, 2010).

5.8.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

O município gera 67 kg/mês de resíduos de serviços de saúde que são coletados e transportados por uma empresa terceirizada ATHO Assistência Técnica Transportes e Serviços Ltda., pelo valor de R\$ 4,50/kg. O tratamento é realizado na unidade da empresa ATT Ambiental Tecnologia e Tratamento Ltda. Em Jacareí/SP (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO BARREIRO, 2010).

5.8.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Como apresentado na Tabela 31, só há diferença entre o cenário base e cenário 1, quando o aterro é em Lavrinhas, neste caso o consórcio é vantajoso. Vale ressaltar que no cenário base a gestão utiliza um aterro adequado, segundo as normas da CETESB.

Para os totais de MTCO₂E, MTCE e total de energia há uma mudança para melhor quando há redução de 10% da geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2. Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Tabela 31), principalmente no total de energia, que é a que apresenta o melhor valor, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens

(FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base, há redução nas emissões de MTCO₂E e MTCE, entretanto o gasto de energia é o segundo maior para o aterro em Cachoeira Paulista, à frente apenas do cenário 3, e para o aterro em Lavrinhas se torna o terceiro maior, à frente dos cenários atual e 3. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

O Cenário 6 (Tabela 31) apresenta o melhor resultado para os totais de MTCO₂E e MTCE, e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de São José do Barreiro a opção com menor emissão de GEE e gasto de energia é o Cenário 6 no consórcio em Lavrinhas, embora a diferença seja menor de 2% que em Cachoeira Paulista, devido à vantagem da distância acrescentado da gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

Tabela 31. Comparação entre os cenários do município de São José do Barreiro quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO₂E	2.210	2.210	1.986	2.431	1.154	1.675	620
Total de Energia (Milhões de BTU)	3.605	3.605	3.206	3.966	-11.980	3.754	-11.831
Total de MTCE	603	603	542	663	315	457	169
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO₂E	2.210	2.193	1.974	2.412	1.140	1.663	610
Total de Energia (Milhões de BTU)	3.605	3.376	3.038	3.713	-12.177	3.595	-11.958
Total de MTCE	603	598	538	658	311	454	166

MTCO₂E: toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente

MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente

5.9 Silveiras

5.9.1 Dados socioeconômicos

O Município de Silveiras, como apresentado na Tabela 32, tem 5.792 habitantes, área de 414,782 km² e densidade de 13,96 hab./km². Pouco mais da metade da população vive em área rural, e 49,70% vivem na cidade (FUNDAÇÃO SEADE, 2014; IBGE, 2010).

Tabela 32. Retrato do município de Silveiras.

Caracterização	Ano	Unidade	Silveiras	Estado de São Paulo
População	2010	hab	5.792	41.262.199
Taxa de Urbanização	2010	%	49,70	95,90
Taxa de Crescimento Anual	2010	% a a	0,74	1,09
Área	2010	km ²	414,782	248.222,801
Densidade demográfica	2010	hab/km ²	13,96	166,23

Fonte: Fundação SEADE (2014); IBGE (2010)

O IDH-M apontado em 2010 foi de 0,678, colocando o município em 625º lugar no *ranking* estadual. O município se encontra abaixo do IDH estadual, que é 0,783 (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2013).

Segundo o plano integrado de saneamento, a economia de Silveiras baseia-se na Pecuária leiteira, Agricultura e Artesanato, além de se dedicar ao Turismo Ecológico e Cultural (PREFEITURA MUNICIPAL DE SILVEIRAS, 2010).

Como apresentado na Tabela 33, o PIB e a renda *per capita* em 2011 foram de, respectivamente, R\$ 61,73 milhões e R\$ 10.588,32. O maior Valor Adicionado em 2011 foi para o setor de Serviços, em seguida a Agropecuária, e depois a Indústria (FUNDAÇÃO SEADE, 2011).

Tabela 33. Valor Adicionado Total, por Setores de Atividade Econômica, Produto Interno Bruto Total e per capita a Preços Correntes em 2011

Município/ Estado	Valor Adicionado				Total (em milhões de reais)	PIB (em milhões de reais)	PIB <i>per</i> <i>capita</i> (em reais)
	Agropecuária (em milhões de reais)	Indústria (em milhões de reais)	Serviços (em milhões de reais)				
			Administração Pública	Total			
Silveiras	11,98	7,41	14,31	39,27	58,66	61,73	10.588,32
Estado de São Paulo	23.399,29	304.129,31	102.352,79	781.297,37	1.108.825,96	1.349.465,14	32.454,91

Fonte: Fundação SEADE (2011)

5.9.2 Descrição atual do manejo de resíduos sólidos

A divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, segundo o plano integrado de saneamento, apresenta a configuração apresentada no Quadro 11.

Quadro 11. Divisão dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos de Silveiras.

Grupo	Atividade	Executor
Limpeza Pública	Varição de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Prefeitura Municipal
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal
Resíduos Domiciliares	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Transporte	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Prefeitura Municipal e Associação local
	Destinação final	Aterro Municipal
Resíduos da Construção Civil	Coleta e traslado	Prefeitura Municipal
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Prefeitura Municipal
	Destinação final	Aterro de inertes (bota-fora)
Resíduos de Serviços de Saúde	Coleta e transporte	Serviço privado
	Tratamento	Serviço privado
	Destinação final	Serviço privado

Fonte: Prefeitura Municipal de Silveiras (2010)

5.9.2.1. Limpeza Pública

A varrição de passeios e vias é realizada manualmente por 4 funcionários da Prefeitura Municipal e a destinação final dos resíduos é o aterro operado pela Prefeitura Municipal. A manutenção dos passeios e vias, a manutenção de áreas verdes e a limpeza dos locais após a realização de feiras livres são realizadas por funcionários municipais e são executadas com periodicidades variáveis, o destino final também é o aterro municipal (PREFEITURA MUNICIPAL DE SILVEIRAS, 2010).

5.9.2.2. Resíduos Sólidos Urbanos

O município gera cerca de 20 t/mês, uma média 0,7 t/dia. A coleta dos

resíduos domiciliares é do tipo convencional realizada pela Prefeitura em 100% do município com frequência alternada: segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras na área urbana. Os resíduos sólidos são transportados até o aterro a 7 km do centro da cidade. Os resíduos são separados por catadores na própria frente de descarga, por uma associação local (Figura 30) (PREFEITURA MUNICIPAL DE SILVEIRAS, 2010).



Figura 30. Vista Geral da Frente de Descarga com Triagem de Materiais.
Fonte: Prefeitura Municipal de Silveiras (2010)

5.9.2.3. Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil são recolhidos e empregados como matéria prima na manutenção das estradas rurais (PREFEITURA MUNICIPAL DE SILVEIRAS, 2010).

5.9.2.4. Resíduos de Serviços de Saúde

O município gera 80 kg/mês de resíduos de serviços da saúde, que são coletados e transportados por equipe da empresa terceirizada ATHO Assistência Técnica Transportes e Serviços Ltda., pelo valor unitário de R\$ 4,50/kg, incluindo coleta, transporte, tratamento e disposição final. O tratamento final é realizado pela empresa ATT Ambiental Tecnologia e Tratamento Ltda. em Jacareí/SP.

5.9.3 Emissão de GEE e total de energia em cada cenário

Como apresentado na Tabela 34, em relação aos impactos ambientais, o cenário base de Silveiras tem melhor resultado em todos os aspectos analisados que o cenário 1, o qual envolve a mudança do local do aterro, devido à maior distância dos mesmos, pois o transporte é um grande sistema poluidor e gerador de impactos ambientais (SANTOS et al., 2014). Mas vale ressaltar que no cenário base está implantado um aterro irregular, portanto não é ambientalmente adequado.

Para os totais de MTCO₂E, MTCE e total de energia há uma mudança para melhor quando há redução de 10% da geração de resíduos, que é do cenário base e 1 para o cenário 2. Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo resultando até mesmo do aumento do PIB da cidade, por apresentarem uma correlação positiva (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Tabela 34), principalmente no total de energia, que é a que apresenta o melhor valor, pois a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; ZAMAN, 2014).

Quanto ao cenário 5, que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, em relação ao cenário base, há redução nas emissões de MTCO₂E e MTCE, entretanto o gasto de energia é o segundo maior, à frente apenas do cenário 3. Vale ressaltar que a produção de composto, principalmente com melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

O Cenário 6 (Tabela 34) apresenta o melhor resultado para os totais de MTCO₂E e MTCE, e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base e cenário 1. O total de energia também diminui, sendo negativa, ou seja, evitando o uso de energia, mas pouco menos que o Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, isto ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

Portanto, comparando os cenários dependentes da localização do aterro, para o município de Silveiras a opção com menor emissão de GEE e gasto de energia é o Cenário 6 no consórcio em Lavrinhas, embora haja uma diferença menor de 0,5% apenas em MTCO₂E e total de energia comparado com Cachoeira Paulista. Ressaltando que a vantagem do cenário 6 é a gestão integrada dos resíduos: aterro, compostagem e reciclagem.

Tabela 34. Comparação entre os cenários do município de Silveiras quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	1.019	1.026	924	1.129	529	776	279
Total de Energia (Milhões de BTU)	1.365	1.470	1.323	1.617	-5.878	1.572	-5.776
Total de MTCE	278	280	252	308	144	212	76
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	1.019	1.028	925	1.130	530	778	280
Total de Energia (Milhões de BTU)	1.365	1.490	1.341	1.639	-5.857	1.593	-5.754
Total de MTCE	278	280	252	308	145	212	76

MTCO₂E: toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente
 MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente

5.10 Análise geral de emissão de GEE e total de energia

Esta seção relata e analisa a soma dos valores referentes aos GEE e energia analisados nos cenários dos municípios deste estudo. Os dados estão apresentados na Tabela 35.

Como apresentado na Tabela 35 e na Figura 31, o cenário base dos municípios ao longo dos 15 anos analisados emite 113.758 de MTCO₂E, 31.025 de MTCE e consome 156.820 M BTU. Este cenário tem melhor resultado em todos os aspectos analisados que o cenário 1 (Figura 32) para o aterro particular Cachoeira Paulista, o qual emite 114.411 de MTCO₂E, 31.203 de MTCE e consome 165.707 M BTU de energia, e o cenário 1 para o consórcio em Lavrinhas, o qual emite 114.124 de MTCO₂E, 31.124 de MTCE e consome 161.799 M BTU de energia. Entretanto estas diferenças não são tão expressivas quando observado nas Figuras 34, 35 e 36,

nas quais são possíveis verificar uma baixa diferença, a qual envolve a mudança do local do aterro para alguns municípios.

Tabela 35. Comparação entre os cenários de todos os municípios quanto ao total de resíduos dispostos no aterro, de 2015 a 2030: emissão de Gases de Efeito Estufa e gasto de Energia.

	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Cachoeira Paulista (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	113.758	114.411	102.967	125.845	59.015	86.527	31.142
Total de Energia (Milhões de BTU)	156.820	165.707	149.085	182.159	-667.293	176.509	-641.419
Total de MTCE	31.025	31.203	28.083	34.322	16.095	23.599	8.494
	CENÁRIO BASE	CENÁRIOS Lavrinhas (Total de 2015 a 2030)					
		1	2	3	4	5	6
Total de MTCO ₂ E	113.758	114.124	102.711	125.545	58.755	86.291	30.925
Total de Energia (Milhões de BTU)	156.820	161.799	145.619	178.136	-655.854	174.210	-644.336
Total de MTCE	31.025	31.124	28.010	34.240	16.025	23.534	8.433

MTCO₂E: toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente
 MTCE: toneladas métricas de carbono equivalente

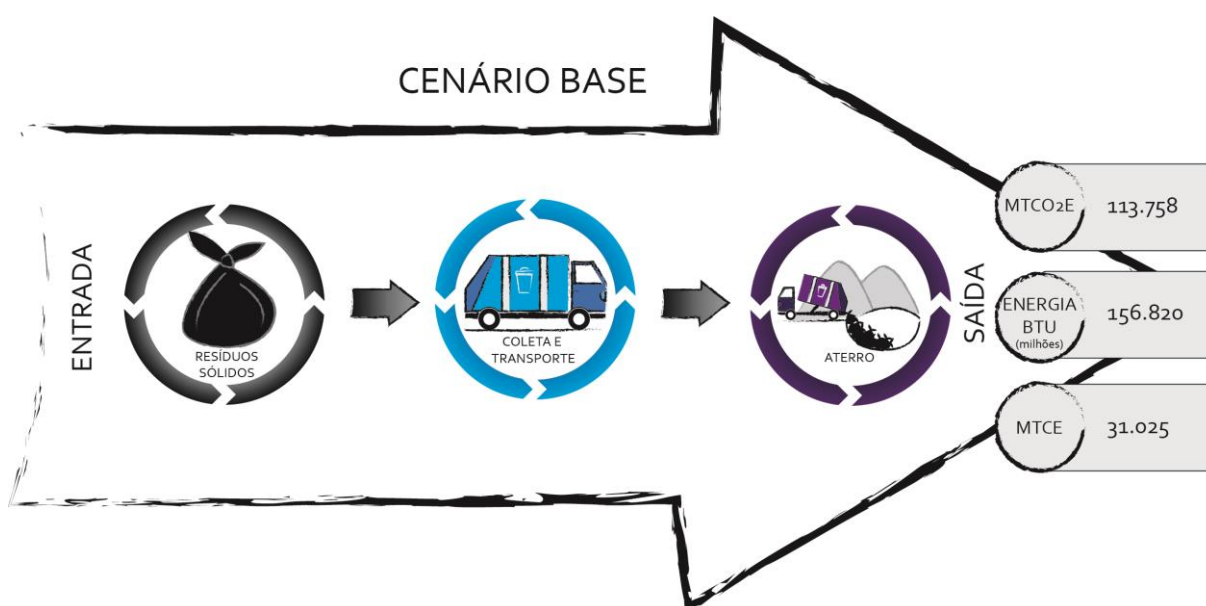


Figura 31. Resumo do fluxo esquemático do Cenário Base.

A mudança do local do aterro no cenário 1 comparado com o cenário base reforça a importância do transporte no sistema gestão dos resíduos. Por que, o transporte é mundialmente responsável por cerca de 26% da emissão de CO₂ (CHAPMAN, 2007), portanto é um grande sistema poluidor e, conseqüentemente, gerador de impactos ambientais (SANTOS et al., 2014), possui um alto consumo

energético (LARSEN et al., 2009) e vários estudos de ACV identificam a distância percorrida como um ponto fundamental para os impactos ambientais (SANTOS et al., 2014; YANG et al., 2014).

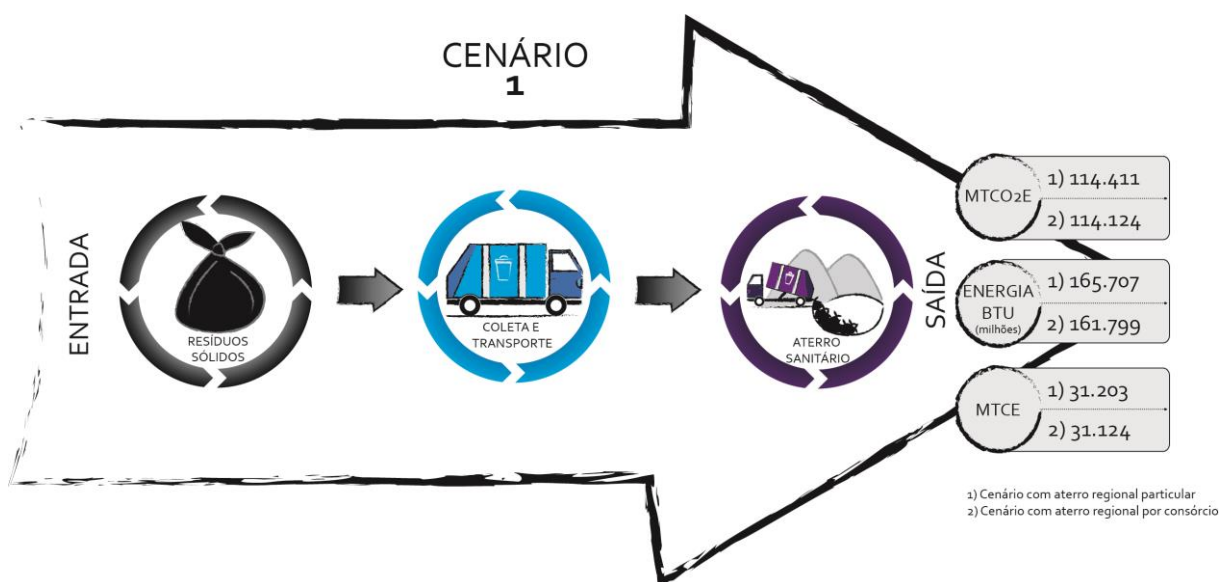


Figura 32. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 1.

O cenário 2 (Figura 33 e Tabela 35), no qual é implementado um plano de redução de 10% dos resíduos na fonte, há um incremento em relação ao cenário base e cenário 1 (Figuras 34, 35 e 36). O cenário 2 para o aterro em Cachoeira Paulista emite 102.967 de MTCO₂E, 28.083 de MTCE e consome 149.085 M BTU de energia, o que representa uma redução em relação ao cenário base de, respectivamente, 9,49%, 9,48% e 4,93%. Para o consórcio em Lavrinhas há emissão de 102.711 de MTCO₂E, 28.010 de MTCE e consumo energético de 145.619 M BTU, o que representa uma redução em relação ao cenário base de, respectivamente, 9,71%, 9,72% e 7,14%.

Esta redução verificada para o cenário 2 ocorre, principalmente pela redução de geração de resíduos, e não devido à alteração do local de disposição final, que no caso para a maioria dos municípios ficou mais distante. Lembrando que alguns possuem aterros irregulares. Por isso a redução para o total de energia (Figura 35) não seja tão expressiva, provavelmente devido ao consumo energético do transporte (LARSEN et al., 2009). Nota-se também que para o consórcio a redução é 2,21% M BTU a mais que para o aterro particular, pois o método utilizado para a escolha do

local do aterro do consórcio leva em conta a distância e a quantidade de resíduos, portanto seria a distância ideal do aterro para a cooperação intermunicipal.

Um aspecto importante do cenário 2 é o primeiro princípio dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), pois como Gentil; Gallo; Christensen (2011) mostram, é importante a prevenção de entrada de resíduos no sistema, pois este fator tem um efeito positivo em várias categorias de impacto, como a redução de até 12% do potencial de aquecimento global. Um exemplo da aplicação do princípio de redução é a cidade de Cebu, nas Filipinas, que alcançou uma taxa de redução de 30% dos RSU em três anos, devido a um alto grau de compromisso político, planejamento e desenvolvimento estratégico, nos quais envolviam parcerias dos *stakeholders* (PREMAKUMARA et al., 2014).

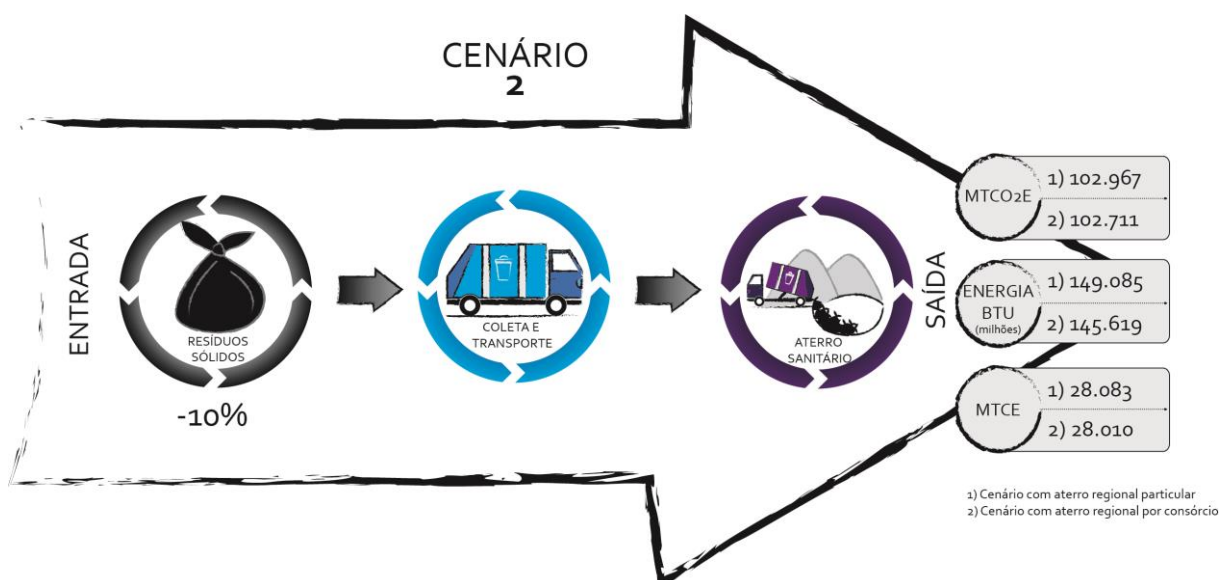


Figura 33. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 2.

Ao contrário do cenário 2, o cenário 3 (Figura 37 e Tabela 35) simula o crescimento de 10% dos resíduos ao longo do tempo além da tendência atual, devido, por exemplo, a alterações no padrão de consumo, resultado, por exemplo, devido à correlação positiva com o aumento do PIB das cidades (ADHIKARI; BARRINGTON; MARTINEZ, 2006), e como esperado, possui o pior resultado entre todos os cenários (Figuras 34, 35 e 36). Para o aterro em Cachoeira Paulista, o cenário 3 emite 125.845 de MTCO₂E, 34.322 de MTCE e consome 182.159 M BTU de energia, o que representa um aumento em relação ao cenário base de, respectivamente, 10,63%, 10,63% e 16,16%. Para o consórcio em Lavrinhas há emissão de 125.545 de

MTCO₂E, 34.240 de MTCE e consumo energético de 178.136 M BTU, o que representa um aumento em relação ao cenário base de, respectivamente, 10,36%, 10,36% e 13,59%. Novamente observa-se a diferença, principalmente no que se diz ao consumo energético (2,57%), quando se compara as simulações realizadas entre os locais de escolha de destino final.

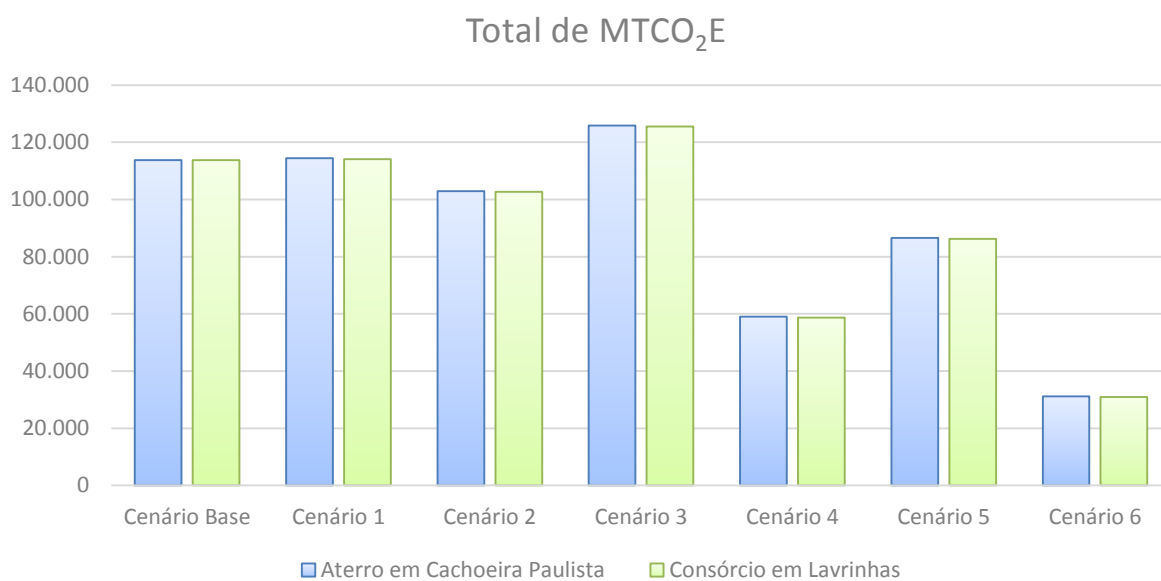


Figura 34. Comparação da emissão de MTCO₂E entre os cenários.

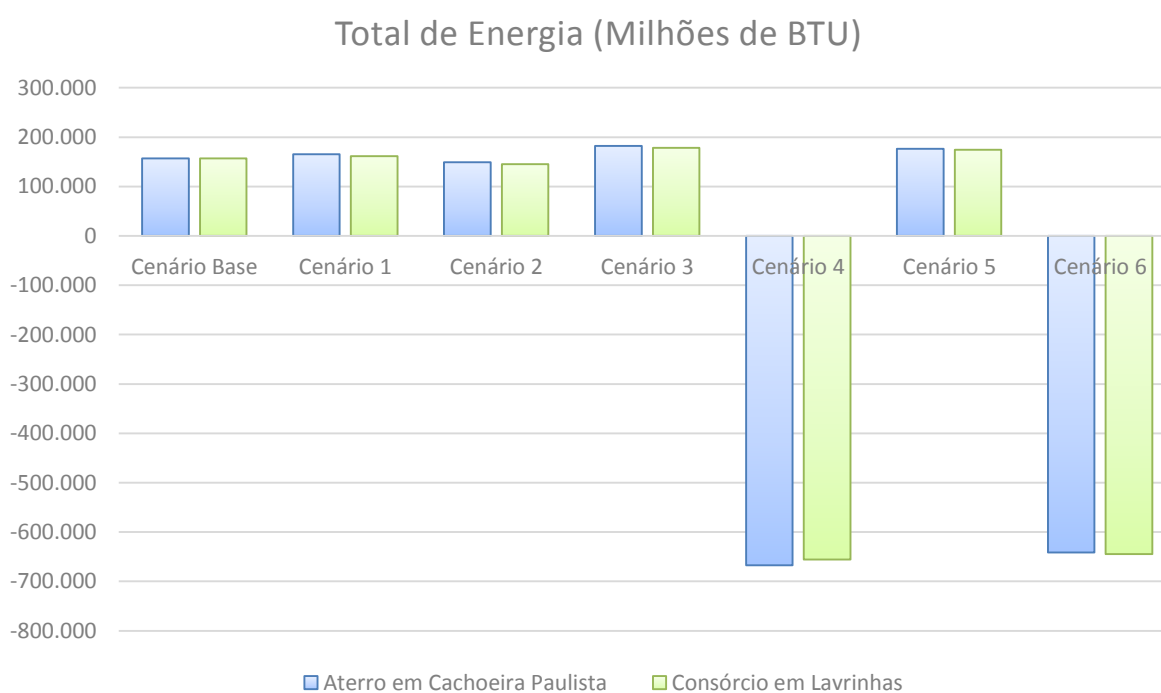


Figura 35. Comparação do total de energia em milhões BTU entre os cenários.

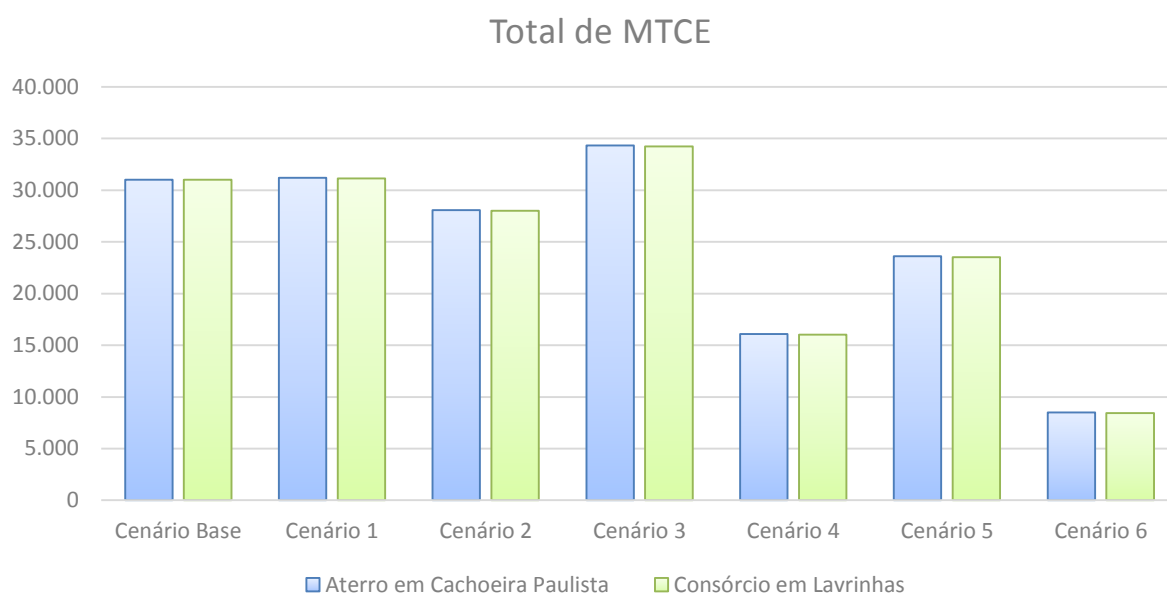


Figura 36. Comparação da emissão de MTCE entre os cenários.

Semelhante ao cenário 3 deste estudo, Melo; Sautter; Janissek (2009) observaram que o cenário que apresentou maior custo financeiro e produção de metano, entre aqueles de seus estudos, foi o cenário com aumento de 5% na geração total de resíduos, mostrando o impacto do aumento da geração de resíduos.

Vale ressaltar que se a população mundial não tiver o desenvolvimento socioeconômico necessário e não houver um aumento da consciência ambiental, a tendência de crescimento da geração de resíduos continuará (HOORNWEG; BHADATATA; KENNEDY, 2013).

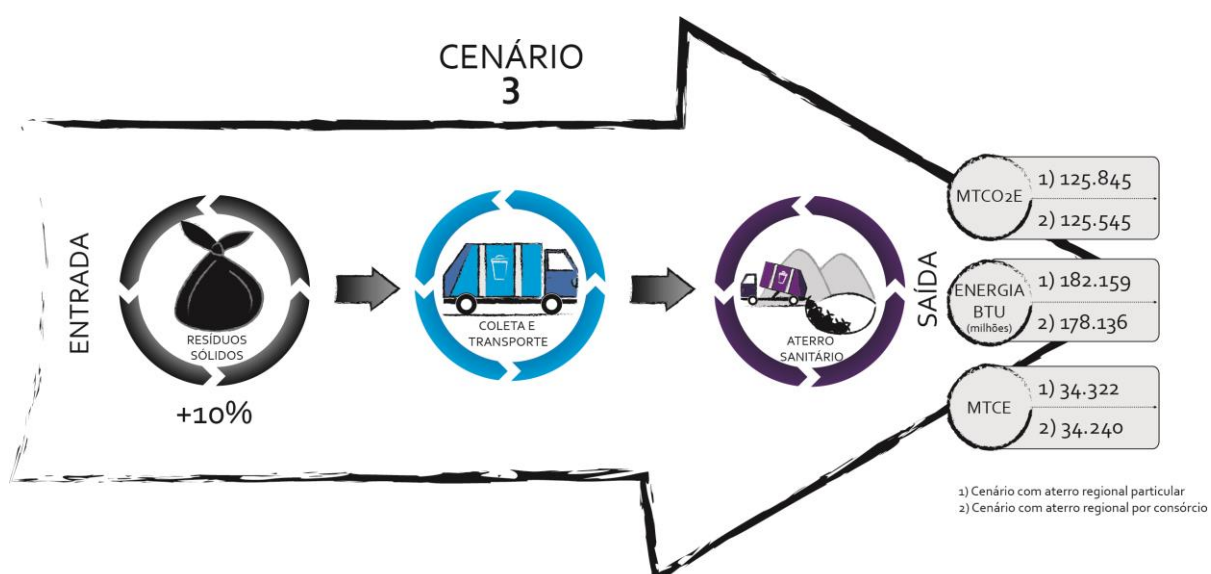


Figura 37. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 3.

O cenário 4, no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis, tem destaque em todos os aspectos analisados (Figura 38 e Tabela 35), principalmente no total de energia (Figura 35). Assim como encontrado na literatura, a reciclagem tem um grande potencial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; MENIKPURA; SANG-ARUN; BENGTTSSON, 2013; ZAMAN, 2014).

Portanto no aterro em Cachoeira Paulista, o cenário 4 emite 59.015 de MTCO₂E, 16.095 de MTCE e evita o consumo de 667.293 M BTU de energia, o que representa uma diferença imensa em relação ao cenário base de, respectivamente, 48,12%, 48,12% e 425,52%. Para o consórcio em Lavrinhas há emissão de 58.755 de MTCO₂E, 16.025 de MTCE e evita o consumo energético de 655.854 M BTU, o que representa uma diferença em relação ao cenário base de, respectivamente, 48,35%, 48,35% e 418,22%. Observa-se a diferença significativa em todos os aspectos analisados, principalmente no que se diz ao consumo energético, o qual é o melhor resultado comparado a todos os demais cenários (Figura 35).

Quando se compara as simulações realizadas entre os locais de escolha de destino final (Figura 38), a diferença é de 7,3% em relação ao cenário base para o total de energia.

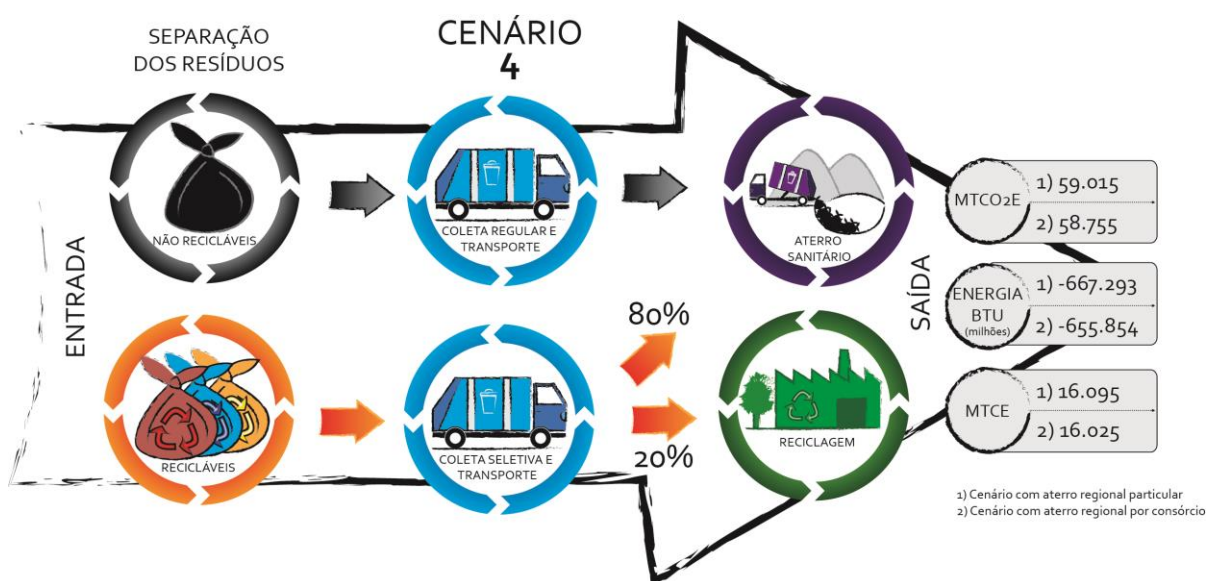


Figura 38. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 4.

Quanto ao cenário 5 (Figura 39), que envolve a compostagem de 20% dos materiais orgânicos, no aterro em Cachoeira Paulista, há emissão de 86.527 de MTCO₂E e 23.599 de MTCE, o que representa uma redução em relação ao cenário base de 23,94% para ambos, e consumo energético de 176.509 M BTU, o que representa um aumento em relação ao cenário base de 12,56%. Para o consórcio em Lavrinhas há emissão de 86.291 de MTCO₂E e 23.534 de MTCE, o que representa uma redução em relação ao cenário base de 24,15% para ambos, e consumo energético de 174.210 M BTU, o que representa um aumento em relação ao cenário base de 11,09%. Comparando as diferenças entre a localização do aterro, as diferenças são pequenas: 0,21% para MTCO₂E e MTCE, e 1,47% para o total de energia.

A maior vantagem do cenário 5 é a menor emissão de MTCO₂E e MTCE (Figuras 34 e 36) comparado aos cenários base e de 1 a 3. Lou; Nair, (2009) afirmam que a decomposição anaeróbica que ocorre comumente nos aterros produzindo CH₄ tem um potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o CO₂. Taheri et al., (2014) utilizou a Matriz de Rápida Avaliação de Impactos Ambientais e recomendam a compostagem em conjunto com o aterro sanitário. Entretanto a ACV de Abduli et al., (2011) para Teerã mostram que o cenário de compostagem mais aterro tem um impacto ambiental maior do que cenário de aterro apenas. Estes autores concluem que o cenário aterro é a opção mais viável nos aspectos ambientais e econômicos para o município em estudo.

A desvantagem do cenário 5 é o consumo energético (Figura 35), que fica apenas à frente do cenário 3 com vantagem, em relação ao cenário base, de 3,6% quando o cenário é em Cachoeira Paulista e 2,5% em Lavrinhas. Isto se deve pelo fato de que a produção de compostos, principalmente de melhor qualidade, requer energia (LOU; NAIR, 2009).

Aye; Widjaya (2006) compararam cenários para diversos tratamentos, como compostagem centralizada, aterro com produção de eletricidade, utilização do biogás geração de eletricidade e o cenário base que é o aterro. Os autores concluíram que a compostagem centralizada tem a maior potencial de sucesso no tratamento de resíduos para os mercados tradicionais, que é o segundo maior gerador de resíduos após os RSU na Indonésia. A compostagem teve a melhor relação de custo-benefício, além de ter impactos ambientais moderados.

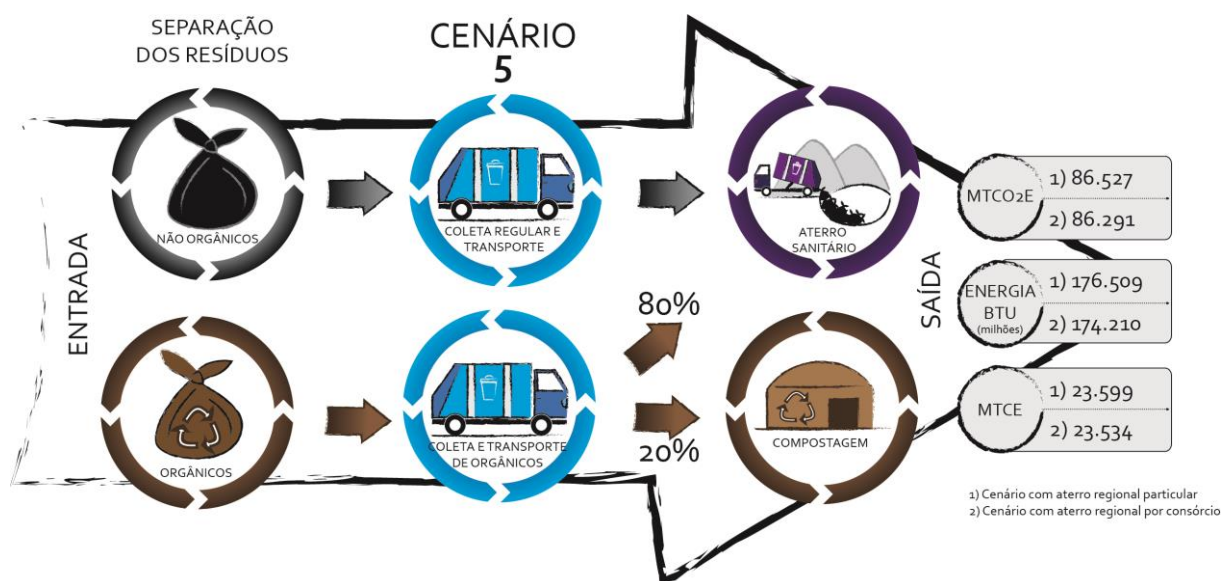


Figura 39. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 5.

O Cenário 6 (Figura 40 e Tabela 35), no qual há a reciclagem total de 20% dos resíduos recicláveis e compostagem de 20% dos compostos orgânicos, tem destaque em todos os aspectos analisados, principalmente na menor emissão de MTCO₂E e MTCE (Figuras 34 e 36). Pois há um grande potencial da reciclagem em reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, o consumo energético e até mesmo o consumo de água, devido à substituição de matérias-primas virgens (FUJII et al., 2014; MAHMOUDKHANI; VALIZADEH; KHASTOO, 2014; MENIKPURA; SANGARUN; BENGTTSSON, 2013; ZAMAN, 2014). E a menor emissão dos GEE ocorre devido à integração da compostagem e reciclagem no sistema, semelhante ao estudo de Mahmoudkhani; Valizadeh; Khastoo (2014), a compostagem e a reciclagem têm grande viabilidade de redução de emissão de GEE e consumo energética.

Portanto no aterro em Cachoeira Paulista, o cenário 6 emite 31.142 de MTCO₂E, 8.494 de MTCE e evita o consumo de 641.419 M BTU de energia, o que representa uma diferença imensa em relação ao cenário base de, respectivamente, 72,62%, 72,62% e 409,02%. Para o consórcio em Lavrinhas há emissão de 30.925 de MTCO₂E, 8.433 de MTCE e evita o consumo energético de 644.336 M BTU, o que representa uma diferença em relação ao cenário base de, respectivamente, 72,82%, 72,82% e 410,88%.

O cenário 6 tem a menor emissão de MTCO₂E e MTCE e o segundo melhor resultado para o total de energia, pois com a integração da reciclagem e compostagem as emissões de GEE diminuem grandemente em comparação ao cenário base. O total

de energia (Figura 35) é negativo, pois evita o consumo, mas pouco menos que o Cenário 4, no qual há somente a reciclagem, cerca de 16,5% para o aterro particular e 7,34% para o consórcio. Esta diferença ocorre devido à utilização de energia na compostagem.

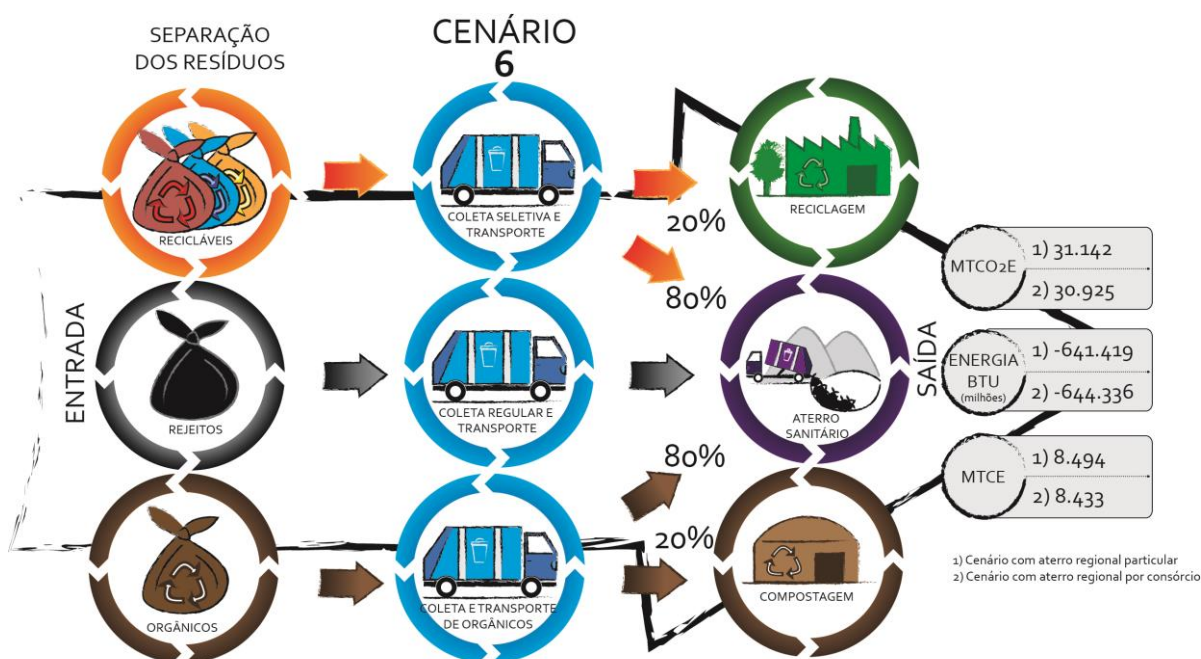


Figura 40. Resumo do fluxo esquemático do Cenário 6.

Portanto o cenário mais vantajoso, ao analisar os dados das tabelas e gráficos, é o cenário 6. Em relação às emissões de MTCO₂E e MTCE o cenário 6 em Cachoeira Paulista tem vantagem de 24,5% para ambos GEE sobre o cenário 4 e em Lavrinhas de 24,47%. Entretanto o cenário 4 tem vantagem sobre o cenário 6, no total de energia, de 16,5% em Cachoeira Paulista e de 7,34% em Lavrinhas.

No cenário 6, as diferenças entre o aterro particular e o consórcio são baixas. Em Lavrinhas há a vantagem de 0,2% das emissões de MTCO₂E e MTCE, em relação ao cenário base, e de 1,86% para o total de energia.

Os ótimos resultados do cenário 6 confirmam a importância da gestão integrada (ANTONOPOULOS et al., 2013; HERVA; NETO; ROCA, 2014; MENIKPURA; SANG-ARUN; BENGTSOON, 2013; SONG; WANG; LI, 2013), a qual envolve várias técnicas, tecnologias, estratégias e programas para atingir determinados objetivos (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2002; WORRELL; VESILIND, 2011).

Vale ressaltar que a compostagem, como uma tecnologia para a gestão integrada, apresenta como Força a presença de um processo biológico com a possibilidade de obtenção de nutrientes ricos em fertilizantes orgânicos, enquanto que sua Fraqueza é que apenas resíduos biodegradáveis podem ser utilizados além da dificuldade de controle de emissões. Esta técnica tem a Oportunidade de recuperar materiais e transformá-los em adubo, além da possibilidade da geração de biogás. As maiores Ameaças deste processo são as contaminações do ar, solo e água caso haja uma gestão inadequada (ZAMAN, 2013).

O aterro sanitário tem como Força a utilização do processo de decomposição natural com um grande volume e em um ambiente controlado. Entretanto como Fraqueza há a necessidade de grandes áreas por um longo tempo, além de ser difícil e custoso o controle de emissão. Como Oportunidade há o reaproveitamento de biogás e a utilização dos aterros sanitários. Sua grande Ameaça é o potencial de contaminação ambiental do ar, água e solo devido a uma gestão inadequada (ZAMAN, 2013).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos cenários desenvolvidos e construídos neste estudo confirmam todas as hipóteses levantadas no capítulo Material e Métodos (4.3).

Os municípios de pequeno porte que não possuem aterros sanitários compatíveis com as normas reguladoras precisam alterar este panorama buscando cooperação intermunicipal com a criação de consórcios públicos ou a privatização do sistema de disposição final dos resíduos em aterro particular.

O aumento de resíduos devido ao crescimento do PIB e desenvolvimento econômico, sem uma gestão integrada, aumenta os impactos ambientais referentes às emissões de GEE e consumo energético.

Um programa municipal para redução na geração de resíduos pode contribuir com os aspectos ambientais da gestão de RD, seguindo a hierarquia dos resíduos sólidos, conforme a PNRS.

O melhor cenário, independente se é por meio de consórcio ou privado, é aquele que integra técnicas, tecnologias, estratégias e programas para atingir a máxima da eficiência com o menor consumo energético e menor emissões de GEE.

O aterro em consórcio só terá vantagem sobre o particular, se a localização for a mais ideal possível, conforme o ponto de equilíbrio, pois a distância percorrida pelo transporte é um ponto importante de impacto ambiental.

As ferramentas de análises de emissão de GEE e consumo energéticos são importantes para tomadas de decisão na gestão de resíduos sólidos.

6.1 Sugestões para estudos futuros

Futuros estudos podem incrementar os aspectos econômicos, como custos, para permitir melhor análise dos resultados, acrescentado às análises sobre potencial energético e emissões de GEE. Estas três avaliações fornecem informações valiosas para decisão política nas práticas de gestão de resíduos sólidos urbanos com o objetivo de ser eficiente e eficaz para alcançar o baixo custo, benefício energético e proteção ambiental (TAN et al., 2014), conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Outros aspectos que também dariam robustez ao estudo e podem ser integradas nas análises são os impactos sociais (APRILIA; TEZUKA, 2013).



REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- ABDULI, M. A. et al. Life cycle assessment (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: landfill and composting plus landfill. **Environmental monitoring and assessment**, v. 178, n. 1-4, p. 487–98, 2011.
- ADHIKARI, B. K.; BARRINGTON, S.; MARTINEZ, J. Predicted growth of world urban food waste and methane production. **Waste Management & Research**, v. 24, n. 5, p. 421–433, 2006.
- ALM, J. Financing urban infrastructure: knowns, unknowns, and a way forward. **Journal of Economic Surveys**, p. 1–33, 2013.
- ANTONOPOULOS, I.-S. et al. Applying waste management scenarios in the Peloponnese Region in Greece: a critical analysis in the frame of life cycle assessment. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 20, n. 4, p. 2499–511, 2013.
- APRILIA, A.; TEZUKA, T. GHG Emissions Estimation from Household Solid Waste Management in Jakarta, Indonesia. **Journal of Energy and Power Engineering**, v. 7, n. 2013, p. 661–668, 2013.
- APRILIA, A.; TEZUKA, T.; SPAARGAREN, G. Household solid waste management in Jakarta, Indonesia: a socio-economic evaluation. In: MARMOLEJO REBELLON, L. F. (Ed.). **Waste Management - An Integrated Vision**. [s.l.] InTech, 2012. p. 71–100.
- AYE, L.; WIDJAYA, E. R. Environmental and economic analyses of waste disposal options for traditional markets in Indonesia. **Waste Management**, v. 26, n. 10, p. 1180–91, 2006.
- BARROS, R. M. et al. Design and implementation study of a Permanent Selective Collection Program (PSCP) on a University campus in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 80, p. 97–106, 2013.
- BARROS, R. M.; TIAGO FILHO, G. L.; SILVA, T. R. DA. The electric energy potential of landfill biogas in Brazil. **Energy Policy**, v. 65, p. 150–164, 2014.
- BEIGL, P.; LEBERSORGER, S.; SALHOFER, S. Modelling municipal solid waste generation: a review. **Waste Management**, v. 28, n. 1, p. 200–14, 2008.
- BÖRJESON, L. et al. Scenario types and techniques: towards a user's guide. **Futures**, v. 38, n. 7, p. 723–739, 2006.
- BRADFIELD, R. et al. The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. **Futures**, v. 37, n. 8, p. 795–812, 2005.
- BRASIL. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC Brasil**. Brasília: Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008. p. 129

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009: Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.** Brasília, Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Brasília, Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>

BUARQUE, S. C. **Metodologia e técnicas de construção de cenários.** Brasília: IPEA, 2003. p. 71

BUENROSTRO, O.; BOCCO, G. Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 39, n. 3, p. 251–263, 2003.

CETESB. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares 2012.** São Paulo: CETESB, 2013. p. 110

CHANG, N.-B.; PIRES, A.; MARTINHO, G. Empowering Systems Analysis for Solid Waste Management: Challenges, Trends, and Perspectives. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 41, n. 16, p. 1449–1530, 2011.

CHAPMAN, L. Transport and climate change: a review. **Journal of Transport Geography**, v. 15, n. 5, p. 354–367, 2007.

CORNELIUS, P.; VAN DE PUTTE, A.; ROMANI, M. Three Decades of Scenario Planning in Shell. **California Management Review**, v. 48, n. 1, p. 92–109, 2005.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** São Paulo: Atlas, 2009. p. 690

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **User's Guide for WARM.** Disponível em: <http://epa.gov/epawaste/conservation/tools/warm/Warm_UsersGuide.html>. Acesso em: 13 abr. 2014.

ERKUT, E. et al. A multicriteria facility location model for municipal solid waste management in North Greece. **European Journal of Operational Research**, v. 187, n. 3, p. 1402–1421, 2008.

EUROPEAN COMMISSION. **Environment: higher recycling targets to drive transition to a circular economy with new jobs and sustainable growth.** Disponível em: <http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-763_en.htm>. Acesso em: 29 jul. 2014.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives,** 19 nov. 2008. Disponível em: <<http://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0098:EN:NOT>. Acesso em: 29 jun. 2014.

FAJERSZTAJN, L. et al. Air pollution: a potentially modifiable risk factor for lung cancer. **Nature Reviews Cancer**, v. 13, n. 9, p. 674–678, 2013.

FLEURY, A. Planejamento do projeto de pesquisa e definição do modelo teórico. In: MIGUEL, P. A. C. (Ed.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier:ABEPRO, 2012. p. 33–46.

FU, H. et al. A bibliometric analysis of solid waste research during the period 1993–2008. **Waste Management**, v. 30, n. 12, p. 2410–2417, 2010a.

FU, H.-Z. et al. A bibliometric analysis of solid waste research during the period 1993-2008. **Waste Management**, v. 30, n. 12, p. 2410–2417, 2010b.

FUJII, M. et al. Regional and temporal simulation of a smart recycling system for municipal organic solid wastes. **Journal of Cleaner Production**, v. 78, p. 208–215, 2014.

FUNDAÇÃO SEADE. **Produto Interno Bruto – PIB Municipal**. 2011. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2014.

FUNDAÇÃO SEADE. **População e estatísticas vitais**. 2014. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2014.

GENTIL, E. C.; GALLO, D.; CHRISTENSEN, T. H. Environmental evaluation of municipal waste prevention. **Waste Management**, v. 31, n. 12, p. 2371–9, 2011.

GHAURI, P.; GRØNHAUG, K. **Research methods in business studies: a practical guide**. 3. ed. Harlow: Pearson Educacion, 2005. p. 256

GODET, M. The art of scenarios and strategic planning. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 65, n. 1, p. 3–22, 2000.

GODET, M. **Creating futures: scenario planning as a strategic management tool**. 2. ed. London: Economica, 2006. p. 349

GOLDING, A. M. B. Sir Edwin Chadwick and inequalities. **Public Health**, v. 120, n. 5, p. 474–476, 2006.

GREENE, K. L.; TONJES, D. J. Quantitative assessments of municipal waste management systems: using different indicators to compare and rank programs in New York State. **Waste Management**, v. 34, n. 4, p. 825–36, 2014.

HERVA, M.; NETO, B.; ROCA, E. Environmental assessment of the integrated municipal solid waste management system in Porto (Portugal). **Journal of Cleaner Production**, v. 70, p. 183–193, 2014.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P.; KENNEDY, C. Environment: Waste production must peak this century. **Nature**, v. 502, n. 7473, p. 615–617, 2013.

IBGE. **Informações sobre os municípios brasileiros**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 13 abr. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos Diagnóstico dos Resíduos**. Brasília: IPEA, 2012. p. 77

IPCC. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014a. p. 1435

IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014b. p. 1132

IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014c. p. 688

JABBOUR, A. B. L. DE S. et al. Brazil's new national policy on solid waste: challenges and opportunities. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 16, n. 1, p. 7–9, 2014.

JACOBSEN, R.; BUYSSE, J.; GELLYNCK, X. Cost comparison between private and public collection of residual household waste: Multiple case studies in the Flemish region of Belgium. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 3–11, 2013.

KOUSHKI, P. A.; AL-DUAIJ, U.; AL-GHIMLAS, W. Collection and transportation cost of household solid waste in Kuwait. **Waste Management**, v. 24, n. 9, p. 957–964, 2004.

LAI, K. et al. **Evaluation of waste reduction and diversion as alternatives to landfill disposal**. 2014 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS). **Anais...IEEE**, abr. 2014.

LARSEN, A. W. et al. Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance. **Waste Management & Research**, v. 27, n. 7, p. 652–9, 2009.

LI'AO, W. et al. Management of municipal solid waste in the Three Gorges region. **Waste Management**, v. 29, p. 2203–2208, 2009.

LINDGREN, M.; BANDHOLD, H. **Scenario planning: the link between future and strategy**. New York: Polgrave Macmillan, 2003. p. 180

LOU, X. F.; NAIR, J. The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions: a review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 16, p. 3792–3798, 2009.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. 134–140, 1998.

MAGRINHO, A.; DIDELET, F.; SEMIAO, V. Municipal solid waste disposal in Portugal. **Waste Management**, v. 26, p. 1477–1489, 2006.

MAHMOUDKHANI, R.; VALIZADEH, B.; KHASTOO, H. Greenhouse Gases Life Cycle Assessment (GHGLCA) as a decision support tool for municipal solid waste management in Iran. **Journal of Environmental Health Science & Engineering**, v. 12, n. 71, p. 1-7, 2014.

MASSOUD, M. ; EL-FADEL, M.; ABDEL MALAK, A. Assessment of public vs private MSW management: a case study. **Journal of Environmental Management**, v. 69, n. 1, p. 15–24, 2003.

MASSUKADO, L. M. et al. Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: uma análise pós PNSB 2008 - ênfase na destinação final e nos resíduos orgânicos. **Revista DAE**, n. 192, p. 22–33, 2013.

MATEU-SBERT, J. et al. The impact of tourism on municipal solid waste generation: the case of Menorca Island (Spain). **Waste Management**, v. 33, n. 12, p. 2589-93 2013.

MATOS, F.; DIAS, R. A gestão de resíduos sólidos e a formação de consórcios intermunicipais. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 4, n. 3, p. 501–519, 2011.

MELO, L. A. DE; SAUTTER, K. D.; JANISSEK, P. R. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 551–558, 2009.

MENIKPURA, S. N. M.; SANG-ARUN, J.; BENGTSSON, M. Integrated Solid Waste Management: an approach for enhancing climate co-benefits through resource recovery. **Journal of Cleaner Production**, v. 58, p. 34–42, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano nacional de resíduos sólidos**. Brasília: MMA, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Linha do Tempo**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/linha-do-tempo>>. Acesso em: 8 dez. 2014.

MOCZYGEMBA, E.; SMAKA-KINCL, V. 69 per cent recycling rate for waste management in Graz, Austria. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 18, n. 2, p. 126–136, 2007.

MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. In: MIGUEL, P. A. C. (Ed.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier:ABEPRO, 2012. p. 169–198.

MORRISSEY, A. J.; BROWNE, J. Waste management models and their application to sustainable waste management. **Waste Management**, v. 24, n. 3, p. 297–308, 2004.

NOBRE, C. A. et al. **Relatório No . 6. Mudanças Climáticas e possíveis alterações nos Biomas da América do Sul**. São Paulo: Ministério da Saúde, 2007.

PICHTEL, J. **Waste management practices: municipal, hazardous, and industrial**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. p. 649

PIRES, A.; MARTINHO, G.; CHANG, N.-B. Solid waste management in European countries: a review of systems analysis techniques. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 4, p. 1033–1050, 2011.

POLLARD, D.; HOTH, S. Crises, scenarios and the strategic management process. **Management Decision**, v. 44, n. 6, p. 721–736, 2006.

POSTMA, T. J. B. M.; LIEBL, F. How to improve scenario analysis as a strategic management tool? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, n. 2, p. 161–173, 2005.

PRADO FILHO, J. F. DO; SOBREIRA, F. G. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 52–61, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPEÍ. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 195

PREFEITURA MUNICIPAL DE AREIAS. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 191

PREFEITURA MUNICIPAL DE BANANAL. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 201

PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA PAULISTA. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 217

PREFEITURA MUNICIPAL DE CRUZEIRO. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 207

PREFEITURA MUNICIPAL DE LAVRINAS. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 205

PREFEITURA MUNICIPAL DE QUELUZ. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 198

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DO BARREIRO. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 205

PREFEITURA MUNICIPAL DE SILVEIRAS. **Plano municipal integrado de saneamento básico**. Pinheiros: PLANSAN, 2010. p. 195

PREMAKUMARA, D. G. J. et al. Policy implementation of the Republic Act (RA) No. 9003 in the Philippines: a case study of Cebu City. **Waste Management**, v. 34, n. 6, p. 971–9, jun. 2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013**. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 13 abr. 2014.

SANTOS, M. F. N. DOS et al. Comparative study of the life cycle assessment of particleboards made of residues from sugarcane bagasse (*Saccharum spp.*) and pine wood shavings (*Pinus elliottii*). **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 345–355, 2014.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Município VerdeAzul**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

SMITH, P. G.; SCOTT, J. S. **Dictionary of water and waste management**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 2005. p. 486

SONG, Q.; WANG, Z.; LI, J. Environmental performance of municipal solid waste strategies based on LCA method: a case study of Macau. **Journal of Cleaner Production**, v. 57, p. 92–100, 2013.

SPOERRI, A. et al. Expert-based scenarios for strategic waste and resource management planning—C&D waste recycling in the Canton of Zurich, Switzerland. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, n. 10, p. 592–600, 2009.

TAGUE-SUTCLIFFE, J. An introduction to informetrics. **Information Processing & Management**, v. 28, n. 1, p. 1–3, 1992.

TAHERI, M. et al. Environmental impact assessment of municipal solid waste disposal site in Tabriz, Iran using rapid impact assessment matrix. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 32, n. 2, p. 162–169, 2014.

TAN, S. T. et al. Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste: analysis of a low carbon scenario in Malaysia. **Applied Energy**, 2014.

TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. **Handbook of solid waste management**. 2. ed. New York: McGraw Hill, 2002. p. 833

UNITED STATE OF AMERICA. **Code of Federal Regulation. Title 40. Protection of environment. Part 240. Guidelines for the thermal processing of solid wastes**. United State of America, 14 ago. 1974. Disponível em: <<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?c=ecfr&SID=e126796a0e1476ded6228364f00aacb1&rgn=div5&view=text&node=40:26.0.1.4.30&idno=40>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

VAN DER HEIJDEN, K. **Scenarios: the art of strategic conversation**. Chichester: John Wiley & Sons, 2002. p. 305

VELLOSO, M. P. Os restos na história: percepções sobre resíduos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 6, p. 1953–1964, 2008.

VERGARA, S. E.; DAMGAARD, A.; HORVATH, A. Boundaries matter: greenhouse gas emission reductions from alternative waste treatment strategies for California's municipal solid waste. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 57, n. 2011, p. 87–97, 2011.

VILHENA, A. (Ed.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 3. ed. São Paulo: CEMPRE, 2010. p. 350

WANG, H.; WANG, C. Municipal solid waste management in Beijing: characteristics and challenges. **Waste Management & Research**, v. 31, n. 1, p. 67–72, 2013.

WILSON, D. C. et al. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 3, p. 237–54, 2012.

WORRELL, W.; VESILIND, P. **Solid waste engineering**. 2. ed. Stamford: Cengage Learning, 2011. p. 432

YANG, L. et al. Global trends of solid waste research from 1997 to 2011 by using bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 96, n. 1, p. 133–146, 2012.

YANG, N. et al. Environmental impact assessment on the construction and operation of municipal solid waste sanitary landfills in developing countries: China case study. **Waste Management**, v. 34, n. 5, p. 929–37, 2014.

ZAMAN, A. U. Identification of waste management development drivers and potential emerging waste treatment technologies. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 10, n. 3, p. 455–464, 2013.

ZAMAN, A. U. Measuring waste management performance using the “Zero Waste Index”: the case of Adelaide, Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 407–419, 2014.