UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLOGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

INDICADOR DE DESEMPENHO TÉCNICO E AMBIENTAL PARA SISTEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

ANDREAS DE LA MARTINIÈRE PETROLL

Florianópolis
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLOGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Andreas de La Martinière Petroll

INDICADOR DE DESEMPENHO TÉCNICO E AMBIENTAL PARA SISTEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Profº. Dr. Sebastião Roberto Soares

FLORIANÓPOLIS
2010

Petroll, Andreas de La Martinière
Indicador de desempenho técnico e ambiental de gestão de resíduos sólidos urbanos
[dissertação]
/ Andreas de La Martinière Petroll ; orientador, Sebastião Roberto Soares - Florianópolis, SC, 2010. 147 f.: il,

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, CentroTecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui bibliografia

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, Avaliação de Desempenho, Avaliação Simplificada de Ciclo de Vida

TERMO DE APROVAÇÃO

Andreas de La Martinière Petroll

Indicador de desempenho técnico e ambiental para sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos

Dissertação aprovada em 06/08/2010, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, pela seguinte banca examinadora

_____

Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares
Orientador

_____

Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli
Coordenador do PPGEA

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Júnior
(Membro – CTC/UFSC)

_____

Prof. Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto
(Membro – CTC/ UFSC)

_____

Prof. Dr. Sérgio Murilo Petri
(Membro – CSE/ UFSC)

Florianópolis, Agosto de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, seus professores e à CAPES pela oportunidade de cursar o mestrado;

Agradeço ao Professor Doutor Sebastião Roberto Soares pela orientação e inúmeras sugestões de melhorias;

Agradeço aos colegas do grupo em avaliação do ciclo de vida, Cristiane e Vamilson pelo auxílio no trabalho, além de Franciele, Rodrigo, Franciele, Camile e Bruno;

Agradeço à engenheira Franciele Bonatto da Fundação Municipal de Meio Ambiente de Biguaçu pelo auxílio no trabalho;

Agradeço à engenheira Fávia Guimarães Orofino da Companhia de Melhoramentos da Capital pelo auxílio no trabalho;

Agradeço ao professor Dr. Leonardo Ensslin pelas aulas sobre Metodologia Multicriteria de Apoio à Decisão – Construtivista;

Agradeço os Membros da Banca – Professor Doutor Armando Borges de Castilhos Júnior, Professora Doutora Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, e ao Professor Doutor Sérgio Murilo Petri, pelas contribuições à melhoria deste trabalho;

Agradeço aos demais colegas e amigos – Lucila, Paola, Vanessa, Fernanda, Maurício, Ângela, João, Cissa, Suhita, Bruno, Cira, Luiz, Álvaro, Schirlene, Heloiza, Rodrigo - do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental pelo companheirismo;

Agradeço à Professora Doutora Rejane de Césaro Oliveski e ao Professor Doutor Carlos Alberto Mendes Moraes pelo auxílio no meu início na área científica;

Agradeço minha família – Roberto, Annemarie, Ingrid, Martin e Christine pelo apoio sempre.

“Vorsprung durch Technik und Kameradschaft”
Ditado alemão adaptado.

RESUMO

PETROLL, Andreas de La Martinière. **Indicador de desempenho técnico e ambiental para sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

A gestão de resíduos sólidos tem encontrado suporte nos avanços tecnológicos e científicos nos diversos segmentos voltados para a minimização dos impactos ambientais. Entretanto, existe necessidade de avaliar as técnicas de gerenciamento mais eficazes e eficientes nesse sistema. A presente pesquisa visou desenvolver um indicador para avaliar o desempenho técnico e ambiental de serviços para resíduos sólidos em municípios e consórcios municipais. Utilizou-se a metodologia multicriterial de apoio à decisão e abordagem de avaliação do ciclo de vida simplificada. O modelo de avaliação proposto divide o sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos em etapas do ciclo de vida (geração, acondicionamento, coleta e transportes, tratamentos, disposição final). Com os modelos realizados conclui-se que a melhor Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos é aquela que possui ações de prevenção à geração de resíduos, serviços de limpeza, coleta e transportes, sistemas de tratamento eficientes e destinação final adequada dos rejeitos. O modelo foi aplicado na cidade de Biguaçu-SC. Estes procedimentos podem ser úteis como instrumento de avaliação de sistemas de resíduos sólidos e estabelecimento de políticas de saneamento estaduais e municipais e de tomada de decisão.

Palavras-chave: Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, Avaliação de Desempenho, Avaliação Simplificada do Ciclo de Vida

ABSTRACT

PETROLL, Andreas de La Martinière. **Technical and Environmental Performance Indicators of the Urban Solid Waste Management.** 2010. Dissertation (Master`s Degree in Environmental Engineering) – Graduation Program in Environmental Engineering, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

The solid waste management has consistently found support in scientific and technological advances in various segments aimed at minimizing environmental impacts. However, there is still a need to assess the techniques of management more effective and efficient in this system. This study aimed to develop an indicator to evaluate the technical and environmental performances of services for solid waste management from municipalities and municipal consortiums. It was used the multicriteria decision assessment methodology and simplified life cycle assessment approach. The proposed research splits the solid waste management system on life cycle stages (generation, packaging, collection and transport, treatment, disposal). The models performed it is concluded that better management of municipal solid waste is one that has actions to prevent the generation of waste, cleaning, collection and transport systems, effective treatment and proper disposal of tailings. The models were applied in Biguaçu-SC, in Brazil. These procedures may be useful as a tool for evaluating solid waste systems, for establishment of sanitation policies and for state and local decision-making

Key-words: Integrated Solid Waste Management (SWM), Performance Evaluation, Streamlined/Simplified Life Cycle Assessment (SLCA).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fatores que afetam a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos 20
Figura 2: A evolução das práticas ambientais 25
Figura 3: Características da etapa de geração de resíduos sólidos urbanos 33
Figura 4: Características da etapa de acondicionamento 39
Figura 5: Características da etapa de coleta e transportes 43
Figura 6: Características da etapa de transferência 45
Figura 7: Características da etapa de tratamento 47
Figura 8: Características da etapa de disposição final 48
Figura 9: Modelo gerencial PDCA para Avaliação de Desempenho Ambiental 53
Figura 10: Indicadores baseados em abordagem Pressão-Estado-Resposta 54
Figura 11: Etapas da construção de avaliação multicriterial 56
Figura 12: Atores do sistema de avaliação 57
Figura 13: Exemplo de mapa de relações meio-fins 58
Figura 14: Representação de estruturação conceitual do modelo de avaliação 59
Figura 15: Fases da ACV 62
Figura 16: Fluxos de materiais e energia avaliados na etapa do ciclo de vida 63
Figura 17: Entradas e saídas de instalações físicas e equipamentos empregados 63
Figura 18: Limites de um sistema de ACV de resíduos sólidos empregado por Mendes 65
Figura 19: Exemplo de limites de um sistema de ACV de resíduos sólidos 66
Figura 20: Etapas da metodologia empregada 69
Figura 21: Representação de entradas e saídas de processos em ACV 70
Figura 22: Estruturação conceitual da avaliação ambiental 71
Figura 23: Estruturação conceitual da avaliação técnica 73
Figura 24: Exemplo de níveis de desempenho de descritores e os níveis de referência 74
Figura 25: Representação do modelo com o perfil de desempenho dos descritores 75
Figura 26: Exemplo de taxas de substituição 76
Figura 27: Alteração um nível acima e um nível abaixo para cada descritor 77
Figura 26: Exemplo de alteração da taxa de substituição 77
Figura 27: Mapa político da região de Biguaçu-SC 79
Figura 28: Etapas do ciclo de vida 81
Figura 29: Níveis básicos de avaliação 81
Figura 30: Escala Ordinal e Cardinal de avaliação dos descritores 82
Figura 31: Gráfico de parte da Escala Cardinal x Escala Ordinal 82
Figura 32: Indicadores ambientais 85
Figura 33: Descritores do indicador de consumo de materiais 86
Figura 34: Descritores do indicador de consumo e geração de energia 88
Figura 35: Descritores do indicador de emissões gasosas 92
Figura 36: Descritores do indicador de emissões sólidas e líquidas 95
Figura 37: Descritores do indicador de emissões sonoras 96
Figura 38: Indicadores da avaliação técnica 98
Figura 39: Descritores do indicador de programas de educação e prevenção 99
Figura 40: Descritores do indicador de Universalização do manejo dos resíduos 101
Figura 41: Descritores de regularidade, continuidade e funcionalidade do manejo 105
Figura 42: Seletividade do manejo dos resíduos 109
Figura 43: Descritores de seletividade de manejo dos resíduos comuns 110
Figura 44: escritores de seletividade de manejo dos resíduos perigosos 112
Figura 45: Descritores de tratamento dos resíduos 113
Figura 46: Descritores da destinação final dos resíduos 115
Figura 47: Exemplo de hierarquização 118
Figura 48: Faixa de ponderação sugerida pelo software MACBETH 119

Figura 49: Automatização das Recomendações de Melhorias e das Análises de Sensibilidades 121
Figura 50: Automatização da avaliação técnica em Microsoft Excel 122
Figura 51: Representação gráfica da avaliação global técnica e ambiental, e os níveis globais neutro e bom 114
Figura 52: Desempenhos técnicos das etapas do ciclo de vida da GIRSU 125
Figura 53: Desempenhos técnicos médios dos aspectos 125
Figura 54: Gráfico de desempenhos ambientais de cada etapa do ciclo de vida 126
Figura 55: Desempenhos ambientais médios dos aspectos 127
Figura 56: Exemplo de resultado de recomendação de melhorias técnicas no sistema de GIRSU...128
Figura 57: Influência dos descritores no modelo de avaliação técnica 130
Figura 58: Máxima variação de sensibilidade para alteração do desempenho dos descritores 131
Figura 59: Máxima variação de sensibilidade para alteração das taxas de substituição em 10% 132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características da abordagem multicritério de apoio à decisão 56
Quadro 2: . Indicadores principais de desenvolvimento sustentável da DESA-UN. 60
Quadro 3: Inventário de uma GIRSU em ACV. 67
Quadro 4: Matriz de etapas e aspectos ambientais. 72
Quadro 5: Relação de indicadores de avaliação ambiental e etapas do ciclo de vida. 85
Quadro 6: Orientação para definição do descritor ” Uso evitado ou não uso de recipientes reutilizados para acondicionamento dos resíduos.” 87
Quadro 7: Orientação para definição do descritor “Reutilização de partes de equipamentos” 88
Quadro 8: Orientação para definição do descritor Preferência por emprego de equipamentos que não consomem energia” 89
Quadro 9: Orientação para definição do descritor “Preferência por equipamentos projetados para eficiência energética”. 90
Quadro 10: Orientação para definição do descritor “Manutenção que proporcione o consumo nominal de energia. 90
Quadro 11: Orientação para definição do descritor “Ações para reduzir a quantidade de energia consumida” ... 91
Quadro 12: Orientação para definição do descritor “Geração elétrica ou calorífica útil em instalações licenciadas”. 91
Quadro 13: Orientação para definição do descritor “Queima de resíduos” 92
Quadro 14: Orientação para definição do descritor “Abrigo contra emissões gasosas no acondicionamento de resíduos em todas as etapas“ 93
Quadro 15: Orientação para definição do descritor “Preferência por veículos e equipamentos projetados para reduzir emissões atmosféricas” 94
Quadro 16: Orientação para definição do descritor “Manutenção nos equipamentos para manter emissões atmosféricas no nível nominal” 94
Quadro 17: Orientação para definição do descritor “Abrigo contra emissões líquidas e sólidas no acondicionamento de resíduos em todas as etapas“ 96
Quadro 18: Orientação para definição do descritor “Emissões sonoras reduzidas“ 97
Quadro 19: Relação de indicadores de avaliação técnica e as etapas do ciclo de vida. 98
Quadro 20: Orientação para definição do descritor “Programas de educação para consumo sustentável e redução de geração de resíduos.“ 99
Quadro 21: Orientação para definição do descritor “Programas de reutilização de resíduos na fonte” 100
Quadro 22: Orientação para definição do descritor “Programas de reciclagem de resíduos na fonte” 100
Quadro 23: Orientação para definição do descritor “Taxação sobre a quantidade gerada de resíduos” 101
Quadro 24: Orientação para definição do descritor “Aspecto visual de limpeza das calçadas privadas” 102
Quadro 25: Orientação para definição do descritor “Cobertura do serviço de varrição ou capina com acondicionamento dos resíduos” 102
Quadro 26: Orientação para definição do descritor “Cobertura da limpeza de praças, terrenos abandonados, praias” 103
Quadro 27: Orientação para definição do descritor “Cobertura de limpeza de ralos e sarjetas “ 103
Quadro 28: Orientação para definição do descritor “Cobertura de remoção de animais mortos, veículos abandonados, móveis e demais objetos” 103
Quadro 29: Orientação para definição do descritor “Cobertura de papeleiras e contêineres públicos e coleta”. 104
Quadro 30: Orientação para definição do descritor “Cobertura doserviço de coleta” 104
Quadro 31: Orientação para definição do descritor “Aspecto visual dos logradouros em relação ao serviço de varrição e capina e à coleta dos resíduos” 106
Quadro 32: Orientação para definição do descritor “Aspecto visual de praças, terrenos abandonados, praias, etc. em relação ao serviço de varrição e capina e à coleta dos resíduos” 106
Quadro 33: Orientação para definição do descritor “Aspectos de limpeza de ralos e sarjetas / coleta dos resíduos destes”. 107
Quadro 34: Orientação para definição do descritor “Regularidade da coleta” 107

Quadro 35: Orientação para definição do descritor “Freqüência de coleta nos centros comerciais, locais turísticos, e prédios residenciais.” 108
Quadro 36: Orientação para definição do descritor “Freqüência de coleta nos bairros domiciliares e casas”. ... 108
Quadro 37: Orientação para definição do descritor “Horários de coleta no centro e bairros comerciais, e locais turísticos“ 108
Quadro 38: Orientação para definição do descritor “Horários de coleta no centro e bairros residenciais“..... 109
Quadro 39: Orientação para definição do descritor “Seletividade e manejo de resíduos comuns”..... 111
Quadro 40: Orientação para definição do descritor “Seletividade de manejo de resíduos perigosos” 112
Quadro 41: Orientação para definição do descritor “Taxa de materiais não-orgânicos destinados a tratamento” 113
Quadro 42: Orientação para definição do descritor “Taxa de materiais orgânicos destinados a tratamento”. 114
Quadro 43: Orientação para definição do descritor “Avaliação das Usinas de Compostagem – IQC“..... 114
Quadro 44: Orientação para definição do descritor “Eficiência seletiva dos tratamentos“ 115
Quadro 45: Orientação para definição do descritor “Destinação Final dos Resíduosem Aterros Sanitários”..... 116
Quadro 46: Orientação para definição do descritor “Avaliação de local, infraestrutura e operação”. 116
Quadro 47: Orientação para definição do descritor “Resíduos da Construção Civil destinados a Aterros Licenciados“..... 117
Quadro 48: Orientação para definição do descritor “Resíduos dos Serviços de Saúde destinados a Aterros Licenciados”..... 117
Quadro 49:Matriz de Desempenhos Técnicos da GIRSU. 124
Quadro 50; Matriz de Desempenhos Ambientais da GIRSU. 126

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Relação entre valor e grau de mistura de resíduos.....27
Equação 2: Fórmula de agregação aditiva.....75
Equação 3: Fórmula de compensação frente alteração nas taxas de substituição.....77

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Exemplo de Índice de Condição da Gestão de Resíduos – ICGR

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1: Modelo Desenvolvido da Avaliação Técnica
Apêndice 2: Modelo Desenvolvido da Avaliação Ambiental
Apêndice 3: Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem (ICQ)
Apêndice 4: Índice de Qualidade de Aterros (IQA)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV –Avaliação do Ciclo de Vida

ADA – Avaliação de Desempenho Ambiental

AICV – Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DESA-UN - Departamento de Economia e Assuntos Sociais das Nações Unidas

EEA – Agência Européia de Meio Ambiente

EPA – *UnitedStates Environmental Protection Agency*

ERPA - *Environmentally Responsible Product Assessment*

FAMABI – Fundação Municipal de Meio Ambiente de Biguaçu-SC

GEE – Gases de Efeito Estufa

GIRSU – Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos

ICGR - Índice de Condição da Gestão de Resíduos

IQA – Índice de Qualidade de Aterros

IWM – Software *Integrate Waste Management*

LEV – Locais de Entrega Voluntária

LNSB – Lei Nacional do Saneamento Básico

MAUT – Abordagem *Multiattribute Utility Theory*

MCDA – Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão

MCDM – Métodos Multicritério de Tomada de Decisão

MECO - *Materiel, Energy, Chemicals and Others*

MOLP – Programação Linear Multi-Objetivos

OECD – Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento

ORWARE – Modelo *Swedish Organic Waste Research*

PPGEA – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

PDCA – Metodologia Planejar (*Plan*) – Fazer (*Do*) – Checar (*Check*) – Agir (*Act*)

PSR – Indicadores Pressão-Estado-Resposta

PEV – Pontos de Entrega Voluntária

PGRSS – Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (continuação)

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PO – Pesquisa Operacional

RCC – Resíduos da Construção Civil

RSS – Resíduos de Serviços de Saúde

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

WIZARD - *Waste-Integrated Systems for Assessment of Recovery and Disposal*

SUMÁRIO

RESUMO **7**

ABSTRACT **8**

LISTA DE FIGURAS **9**

LISTA DE QUADROS **11**

LISTA DE EQUAÇÕES **13**

LISTA DE ANEXOS **14**

LISTA DE APÊNDICES **15**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS **16**

1. INTRODUÇÃO **20**

1.1 JUSTIFICATIVAS 21
1.1.1 Justificativa Geral *21*
1.1.2 Justificativa Local *21*
1.1.3 Justificativa Legal *22*
1.2 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA 22
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO 22
1.4 PROBLEMA DE PESQUISA 23

2 OBJETIVOS **24**

2.1 OBJETIVO GERAL 24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **25**

3.1 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS 26
3.1.1 Histórico da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos *28*
3.1.2 Etapas de manejo dos resíduos sólidos urbanos *30*
3.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO 48
3.3 METODOLOGIA MULTICRITERIAL DE APOIO À DECISÃO (MCDA) 55
3.4 ESTUDOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE GESTÃOINTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO (GIRSU) 59
3.5 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) 61
3.6 ACV NA AVALIAÇÃO DE GIRSU 64

4. METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO **69**

4.1 Estruturação do modelo de avaliação *69*
4.1.1. A estruturação da avaliação ambiental *70*
4.1.2. A estruturação da avaliação técnica *72*
4.2 Estabelecimento dos níveis de desempenho *73*
4.3 Estruturação matemática do modelo *74*
4.4 Análise de sensibilidade *76*
4.5 Recomendação de Melhorias *77*
4.6 Automatização do modelo *78*

5. RESULTADOS - MODELOS DE AVALIAÇÃO **79**

5.1 O MUNICÍPIO DE BIGUAÇU 79
5.2 A ESTRUTURA BÁSICA DOS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO 80
5.3 ESTABELECIMENTO DOS NÍVEIS DE DESEMPENHO DOS DESCRITORES 81
5.4 ESTRUTURAÇÃO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL 83
5.4.1 Construção dos descritores de avaliação ambiental *83*

5.4.2 Descritores da avaliação ambiental *86*
5.4.2.1 Consumo de materiais *86*
5.4.2.2 Consumo e geração de energia *88*
5.4.2.3 Emissões gasosas *91*
5.4.2.4 Emissões líquidas e sólidas *95*
5.4.2.5 Emissões sonoras *96*
5.5 A ESTRUTURAÇÃO DA AVALIAÇÃO TÉCNICA 97
5.5.1 Construção dos descritores de avaliação técnica *97*
5.5.2 Descritores da avaliação técnica *99*
5.5.2.1 Programas de educação e prevenção *99*
5.5.2.2 Universalização do manejo de resíduos *101*
5.5.2.3 Regularidade, continuidade e funcionalidade do manejo *105*
5.5.2.4 Seletividade de manejo dos resíduos *109*
5.5.2.5 Tratamentos dos resíduos *113*
5.5.2.6 Destinação Final dos Resíduos *115*
5.6 ESTRUTURAÇÃO MATEMÁTICA 117
5.7 AUTOMATIZAÇÃO DO MODELO 120
5.7.1 Matrizes de desempenhos *124*
5.7.2 Sistema automatizado de recomendações para melhoria do estado atual do sistema GIRSU *127*
5.8 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE 129
5.8.1 Os aspectos mais influentes *129*
5.8.2 Sensibilidade em relação à alteração de desempenho de cada descritor *130*
5.8.3 Sensibilidade em relação à alteração das taxas de substituição *131*

6. CONCLUSÃO **133**

6.1 ASPECTOS GERAIS 133
6.2 ALCANCE DOS OBJETIVOS 133
6.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO 136
6.4 CONCLUSÕES FINAIS 137
6.5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 138

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **139**

ANEXO **144**

APÊNDICES **145**

1. INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos consiste no acondicionamento, coleta e transporte, tratamentos e disposição final. É influenciada por diversos fatores, como condições geográficas, fatores econômicos, aspectos sociais, recursos ambientais e energia, composição e quantidades dos resíduos (Mendes, 2002), dentre outros (Figura 1).

Figura 1: Fatores que afetam a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.
Fonte: Adaptado de Mendes (2002).

Este estudo considera apenas fatores técnicos e ambientais e visa o desenvolvimento de um indicador de desempenho ambiental e técnico para a gestão de resíduos sólidos urbanos, considerando o ciclo de vida destes resíduos para um melhor conhecimento do *status quo* do sistema. No contexto deste trabalho, entende-se por desempenho técnico o grau de atendimento à legislações e boas práticas diretamente relacionadas com o manejo de resíduos sólidos urbanos. E por desempenho ambiental entende-se o nível de atendimento à redução de fluxos de consumos e emissões de materiais e energia.

O presente trabalho pode ser inserido na linha de pesquisa sobre Gestão Ambiental de Organizações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEA-UFSC). Mais particularmente, ele está relacionado às atividades voltadas à Avaliação do Ciclo de Vida e Resíduos realizadas pelo Grupo de

Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida da UFSC. A vialibilidade da pesquisa e a sua importância foram chanceladas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do edital Universal lançado em 2008.

1.1 JUSTIFICATIVAS

Neste item são apresentadas as justificativas para a realização do presente estudo.

1.1.1 Justificativa Geral

A questão de resíduos sólidos urbanos vem sendo investigada, científica e tecnologicamente, em subsistemas isolados, como em estudos sobre incineração, aterros sanitários, compostagem, entre outros. Entretanto, é pouco estudada uma avaliação técnica e ambiental, integrando as etapas do ciclo de vida do processo (acondicionamento, coleta, transportes, tratamentos, e destino final) de sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos.

Conjuntamente com estudos já publicados, a abordagem de avaliação de desempenho técnico e ambiental da gestão de resíduos sólidos urbanos deste estudo pode contribuir para o aprofundamento científico da estruturação de avaliação destes sistemas, auxiliando na identificação de ineficiências na gestão e na busca por ações que melhor incrementem seu desempenho e a redução dos impactos ambientais destes sistemas.

1.1.2 Justificativa Local

O Estado de Santa Catarina não possui um sistema estruturado de avaliação de desempenho técnico e ambiental da gestão de resíduos sólidos urbanos.Este trabalho poderá auxiliar no desenvolvimento de tal estrutura de avaliação, permitindo conhecer os pontos fortes e fracos de cada componente.

1.1.3 Justificativa Legal

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), exige a realização de um “bom desempenho operacional e ambiental no manejo dos resíduos”. A inexistência de modelos, procedimentos e especificações regulamentados para avaliar o desempenho técnico e ambiental da gestão de resíduos sólidos urbanos justifica legalmente a elaboração deste trabalho, que poderá auxiliar na elaboração e regulamentação de modelos de avaliação de desempenho da GIRSU.

1.2 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

As delimitações deste estudo são:
- Abrange sistemas de gestão de resíduos na área de domicílios e de empreendimentos comerciais na região urbana;
- O manejo dos resíduos da construção civil e resíduos de serviços de saúde é considerado como de responsabilidade dos seus geradores, então sobre estes, neste trabalho, é avaliado apenas a destinação final destes rejeitos;
- A avaliação de qualidade não abrangerá aspectos econômicas e sociais, mas apenas aspectos técnicos e ambientais;

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho busca contribuir para a ciência da avaliação de desempenho de gestão de resíduos sólidos urbanos, com o objetivo de orientar o aprimoramento deste desempenho, adequando os processos às legislações e boas práticas, e reduzindo os impactos ambientais da gestão de resíduos sólidos urbanos.

No capítulo 1 é apresentado uma introdução geral ao trabalho, justificativas, delimitações e o problema de pesquisa. No capítulo 2 são apresentados os Objetivos do trabalho. No Capítulo 3 é apresentado o referencial teórico sobre o métodos de avaliação manejo de resíduos sólidos

urbanos, sobre avaliação do ciclo de vida e sobre avaliação de desempenho. É apresentado também um referencial teórico sobre características de manejo de resíduos sólidos urbanos, que subsidiam a elaboração da maioria dos aspectos e descritores do sistema de avaliação elaborado. No capítulo 4 é apresentada a metodologia multicritério de apoio à decisão e abordagem de avaliação do ciclo de vida utilizadas para elaborar os modelos de avaliação propostos. No capítulo 5 é apresentado o modelo de avaliação proposto utilizando metodologia multicritério de apoio à decisão e abordagem de avaliação do ciclo de vida. E no Capítulo 6, as conclusões e recomendações finais. Ao final, são apresentadas as referências bibliográficas e o anexo e apêndices que complementam a pesquisa desenvolvida.

1.4 PROBLEMA DE PESQUISA

É possível desenvolver um modelo mais detalhado, e que apresente sugestões de melhorias, para avaliação do desempenho técnico e ambiental de sistemas de gestão integrados de resíduos sólidos urbanos?

2 OBJETIVOS

Neste item são apresentados os objetivos do presente estudo.

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo de avaliação de desempenho técnico e ambiental de gestão de resíduos sólidos urbanos considerando ociclo de vida dos resíduos, e aplicá-lo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estruturar a avaliação de desempenho ambiental do sistema de gestão de resíduos;
- Estruturar a avaliação de desempenho técnico do sistema de gestão de resíduos;
- Materializar os modelos de avaliação sob a forma de um sistema informatizado;
- Verificar os pontos fortes e fracos do sistema avaliado;
- Identificar ações para melhoria do processo;
- Aplicar o modelo de avaliação no município de Biguaçu.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A sociedade passou de extrativista à uma sociedade econômica de comércio a base de troca de produtos e serviços. Este é um dos motivadores da origem pela busca e acúmulo de bens materiais, que promoveu a exploração da natureza e conseqüente desequilíbrio dos seus ecossistemas. Diversas atitudes que visam atenuar os impactos ambientais das atividades humanas foram tomadas, principalmente em meados do século XX (KIPERSTOK, 2003). Dentre destas, ocorreu a precocupação com o destino dos resíduos gerados nessa nova sociedade.

Inicialmente foram tomadas medidas de “Fim de Tubo”, ou seja, que visavam o manejo dos resíduos gerados, por meio de disposição adequada, tratamentos e reciclagem. Posteriormente, medidas de prevenção da poluição e uma produção mais limpa foram difundidas por meio de melhorias na operação e modificações nos processos de produção. Recentemente modificações nos produtos visando a redução de impacto ambiental tomaram forma em muitas organizações sob o nome de “produtos mais ecológicos”, “ecodesign” ou “*design for environment*”. O consumo sustentável é considerado como o topo da evolução das práticas ambientais (Figura 2) (KIPERSTOK, 2003). Essa revolução ocorre desde o consumo sustentável até a disposição final dos resíduos.

Figura 2: A evolução das práticas ambientais.
Fonte: Kiperstok (2003)

Ações de reciclagem tornaram-se cada vez mais comum, um exemplo disso são as empresas de refrigerante e cerveja, que após o abastecimento de produtos novos, recolhem os frascos de vidro nos centros de distribuição, fazendo com que os veículos de transporte retornem carregados, ao invés de vazios. Conforme Leite (2003), este exemplo também é conhecido como Logística Reversa, sendo a lógica empresarial responsável pelo planejamento, operações, controle dos fluxos e das informações relativas ao retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios e ao ciclo produtivo.

O consumo consciente surgiu quando norte-americanos e europeus passaram a boicotar produtos e serviços de organizações que apoiavam a intervenção militar dos Estados Unidos da América (EUA) no sudeste asiático, o que influenciou o desempenho financeiro destas. Os consumidores cientes do poder de influência de suas compras, procuram consumir produtos menos impactantes ao ambiente. Eles buscam informações sobre as organizações e premiam as que desenvolvem ações sociais e ambientais por meio do consumo de seus produtos/serviços. Desta forma não adquirem produtos e serviços de empresas com maior impacto ambiental (KIPERSTOK, 2003).

3.1 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduo é coproduto de produção, que possui fisicamente os mesmos materiais dos produtos úteis, mas diferem destes pela falta de valor atribuida pelas pessoas e organizações (McDOUGALL *et al*., 2001). A NBR 10004 (2004) define que resíduos sólidos estão em estados sólidos e semi-sólidos e resultam de alguma atividade como industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, entre outros. Os resíduos sólidos urbanos são usualmente caracterizados como resíduos domésticos e comerciais de um município.

McDougall *et al* (2001), citam que a falta de valor atribuída aos resíduos pode ser pelo manejo realizado ou pela mistura de diversos materiais. O acondicionamento seletivo dos resíduos ou o processo de separação podem aumentar seu valor de mercado fazendo com que não sejam considerados como resíduos, mas sim como um recurso útil. Os autores ressaltam que a relação inversa entre grau de mistura e valor são importantes - equação 1.

$$\text{Valor} = \frac{1}{\text{grau de mistura}}$$

Equação 1: Relação entre valor e grau de mistura de resíduos.
Fonte: McDougal *et al* (2001)

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com seu estado físico, uso original, tipo de material, propriedades físicas, nível de segurança, dentre outras formas de classificação. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) classifica os resíduos sólidos quanto à origem e a finalidade. Em relação à origem, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- resíduos sólidos urbanos: resíduos sólido gerados por residência, domicílios, estabelecimentos comerciais, prestadores de serviços. E os oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, que por sua natureza ou composição tenham as mesmas características dos gerados nos domicílios;

- resíduos sólidos industriais: resíduos sólidos oriundos dos processos produtivos e instalações industriais, bem como os gerados nos serviços públicos de saneamento básico, excetuando-se os relacionados na alínea “c” do inciso I do art. 3° da Lei 11.445, de 2007;

- resíduos sólidos de serviços de saúde: resíduos sólidos oriundos dos serviços de saúde, conforme definidos pelo Ministério da Saúde em regulamentações técnicas pertinentes;

- resíduos sólidos rurais: resíduos sólidos oriundos de atividades agropecuárias, bem como os gerados por insumos utilizados nas respectivas atividades;

-resíduos sólidos especiais ou diferenciados: aqueles que por seu volume, grau de periculosidade, de degradabilidade ou outras especificidades, que requeiram procedimentos especiais ou diferenciados para o manejo e a disposição final dos rejeitos, considerando os impactos e os riscos à saúde e ao ambiente.

Quanto à finalidade, a PNRS classifica os resíduos como:

- resíduos sólidos reversos: resíduos sólidos restituíveis, por meio da logística reversa, visando o seu tratamento e reaproveitamento em novos produtos na forma de insumos em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos;
- rejeitos: resíduos sólidos que depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos acessíveis e disponíveis, não apresentam outra possibilidade que não a disposição final adequada.

Todavia, entendeu-se que o termo “reverso” é ambíguo, já que ele pode remeter à noção do resíduo “já ter sido revertido” ou dele “possuir a possibilidade de ser revertido”. A descrição deste nos mostra que este termo remete à possibilidade de reversão, por meio de reutilização ou reciclagem, do resíduo em material útil, de valor. No presente estudo, emprega-se o termo “valorizável” para designar os resíduos passíveis de reutilização e reciclagem.

3.1.1 Histórico da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos

A gestão de resíduos sólidos urbanos nasceu baseada em questões de saúde e segurança, para minimizar os riscos dos resíduos em humanos. Entretanto gestões focadas em sustentabilidade, vêm integrando também a gestão de resíduos sólidos urbanos.

McDougal *et al* (2001), observam que um bom gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos se faz importante politicamente, pois a coleta é visível aos cidadãos . Tecnicamente é importante para gerenciar o manejo dos resíduos que são compostos por materiais diversos (vidro, metais, plásticos, papéis, orgânicos, dentre outros). A composição dos resíduos varia geograficamente e nas estações do ano, bem como ao longo do tempo, com o advento e descarte de novos produtos e embalagens.

A sustentabilidade requer que recursos naturais sejam gerenciados de forma eficiente, tanto na sua extração, quanto no seu uso e pós-uso. A extração de recursos não renováveis, assim como a geração de resíduos que excedam a capacidade de absorção do ambiente, são aspectos de suma importância. Descartar materiais em aterros pode contribuir para o agravamento dos

impactos ambientais, tanto os causados pela disposição, quanto pela necessidade de extração de novos materiais, ao invés de reutilização ou reciclagem destes.

A abordagem mais ampla da gestão de resíduos é integrada no gerenciamento destes. McDougall *et al* (2001), definem o gerenciamento integrado de resíduos como aquele que combina fluxos de resíduos - coleta de resíduos, tratamentos e métodos de disposição final, com o objetivo de atingir benefícios ambientais, otimização econômica e aceitação social. De Feo & Malvano (2009) , citam que o estado da arte no gerenciamento de resíduos sólidos é baseado no conceito de gestão integrada de resíduos sólidos. A proposta de gestão integrada de resíduos sólidos apresentada pela União Européia é um sistema hierárquico baseado em 4 níveis:

- redução de produção de resíduos sólidos;
- recuperação de materiais;
- recuperação de energia;
- disposição em aterros.

Salhofer *et al* (2008), citam a implementação de políticas de responsabilidade estendida dos fabricantes dos produtos, ou seja, os fabricantes devem recolher os produtos descartados pelos consumidores e proceder com reuso/reciclagem destes produtos e embalagens. Desta forma se reduz a quantidade de materiais destinados aos sistemas municipais de coleta de resíduos. Jofre & Morioka (2005), definem a proposta:

> Atores de toda a cadeia de produção dividem responsabilidade pelos impactos ambientais do ciclo de vida de todo sistema do produto. Quanto maior a habilidade do ator em influenciar os impactos ambientais do sistema do produto, maior deve ser a sua parte desta responsabilidade.

Para Tanaka (2007) esta proposta é baseada na estratégia de promover a internalização de todos os custos ambientais e demais custos atualmente considerados como “externalidades” em todo o ciclo de vida de um produto. Em estudo sobre o desenvolvimento de indicadores para a gestão de resíduos Wilson (2007), apresenta a evolução de indicadores e de políticas públicas sobre resíduos sólidos em países desenvolvidos.

As políticas públicas destes países inicialmente tratavam sobre a proteção ambiental e abordavam o controle sobre os resíduos sólidos para corrigir sua destinação final até então descontrolada. Seguido uma maior ênfase em padronização técnica sobre chorume, emissões de gases em aterros e redução de dioxinas de incineradores de resíduos.

As políticas de gerenciamento de resíduos buscaram melhores desempenhos em outros aspectos integrando questões ambientais, sociais, econômicos. Wilson (2007) apresenta alteração do paradigma de “Gerenciamento de Resíduos” para “Gerenciamento de Recursos”, onde o sistema de resíduos está integrado aos recursos materiais dos setores produtivos, reduzindo a extração e incentivando a participação da reciclagem de materiais

Conforme Wilson (2007), nos países em desenvolvimento existem atrasos nas políticas públicas e no gerenciamento de resíduos sólidos. O mesmo autor ressalta que algumas instituições internacionais buscam fomentar atividades nos países em desenvolvimento para paradigmas mais recentes.

3.1.2 Etapas de manejo dos resíduos sólidos urbanos

A PNRS, classifica os resíduos urbanos como os resíduos gerados por residências, domicílios, estabelecimentos comerciais, prestadoras de serviços e os oriundos de serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, que por sua natureza ou composição tenham as mesmas características dos gerados nos domicílios

A Lei Nacional de Saneamento Básico - LNSB (Lei 11.445-2007) considera que o serviço público de limpeza e de manejo de resíduos sólidos urbanos, é de competência dos órgãos públicos de gerenciamento e é composto pelas seguintes atividades:

I - coleta, transbordo e transporte dos resíduos;

II - triagem para fins de reúso ou reciclagem, tratamento, compostagem e de disposição final dos resíduos;

III - varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana;

A PNRS dispõe como diretrizes: a não-geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como destinação final adequada.

Em estudos sobre a evolução do gerenciamento de resíduos nos EUA, Kollikkathara *et al*. (2009), apresentaram o fluxo principal do ciclo de vida de um produto, com ênfase nas etapas de pós-consumo. As etapas consideradas foram: coleta, separação e tratamento de resíduos por compostagem, incineração, reciclagem complexa e aterros (DEN BOER *et al*.; 2007).

De forma diferente, Alam *et al* (2008) em estudos sobre a geração, armazenamento, coleta e transportes de resíduos sólidos municipais, classificaram os tipos de coleta. Os autores consideraram como coleta primária o acondicionamento dos resíduos crus no seu local de geração. Como secundária, o transporte dos resíduos do local de geração para estações de transferência, despejo ou aterros. Os mesmos autores definiram coleta direta, sendo a operação de coleta de resíduos crus nas residências pelos veículos das organizações de gerenciamento de resíduos e o transporte para aterros.

Como objetivo de padronizar o sistema de avaliação, o presente estudo expressa o ciclo vida dos resíduos sólidos urbanos em cinco etapas:

- ✓ Geração;
- ✓ Acondicionamento;
- ✓ Coleta e transportes;
- ✓ Tratamentos;
- ✓ Destinação Final.

Etapa 1: Etapa de Geração

Compreende a geração dos resíduos pelos seus geradores (domicílios, comércios, indústrias, dentre outras). Os principais fatores característicos é a qualidade e quantidade de resíduo gerado. A geração de resíduos não orgânicos está relacionada à quantidade de produtos descartados e as embalagens adquiridas pelo consumidor. Outro fator é a atividade de reutilização e reciclagem no local de geração ou em outro, sem a destinação dos resíduos para

o sistema urbano de manejo. Uma das diretrizes da PNRS são os programas de educação ambiental que busquem a redução de resíduos e o consumo sustentável de produtos e serviços. Na Agenda 21, também é ressaltado a importância da redução da geração de resíduos, o aumento de reutilização e reciclagem, destinação final adequada e universalização dos serviços de gestão de resíduos (MALHEIROS *et al*, 2004).

De acordo com a PNRS é de responsabilidade do consumidor:
a) acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados, atentando para práticas que possibilitem a redução de sua geração;
b) após a utilização do produto, disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos valorizáveis para coleta.

É de responsabilidade do fabricante e importador de produtos:
a) recuperar os resíduos sólidos, na forma de novas matérias-primas ou novos produtos em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos;
b) desenvolver e implementar tecnologias que absorva ou elimine de sua produção os resíduos sólidos valorizáveis.

Estas diretrizes da PNRS pressupõem que o governo realize campanhas de educação aos consumidores, aos produtores e aos importadores para que estes consumam menos, e que busquem produtos com menor impacto.

A política de reutilização e de reciclagem de resíduos estão baseados na instituição da logística reversa, conforme a PNRS, tem por objetivo:

- promover ações para garantir que o fluxo dos resíduos sólidos gerados seja direcionado para a sua cadeia produtiva ou de outros geradores;
- reduzir a poluição e o desperdício de materiais associados à geração de resíduos sólidos;
- proporcionar maior incentivo à substituição dos insumos por outros que não degradem o ambiente;
- compatibilizar interesses conflitantes entre os agentes econômicos, ambientais, sociais, culturais e políticos;

- promover o alinhamento entre os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, com o intuito de desenvolver estratégias sustentáveis;
- estimular a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- propiciar que as atividades produtivas alcancem marco de eficiência e sustentabilidade.

De acordo com a PNRS, os produtores e importadores devem:

- recuperar os resíduos sólidos na forma de novas matérias-primas em seu ciclo ou em outros;
- desenvolver e implementar tecnologias que absorva ou elimine de sua produção os resíduos sólidos valorizáveis;
- disponibilizar postos de coleta para os resíduos sólidos valorizáveis aos revendedores, comerciantes e distribuidores;
- dar destinação final adequada aos rejeitos;
- garantir em articulação com sua rede de comercialização, o fluxo de retorno dos resíduos sólidos reversos.

A vantagem da reutilização sobre a reciclagem é que não há transformações físico-químicas dos materiais reutilizados, o que elimina os possíveis impactos do processamento de transformação para a reutilização dos resíduos.

A Figura 3 apresenta as principais características da geração dos resíduos sólidos urbanos de um município.

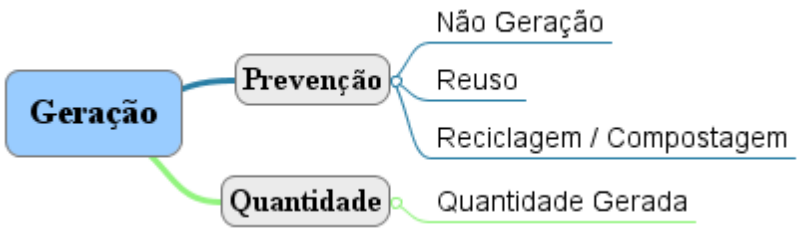


Figura 3: Características da etapa de geração de resíduos sólidos urbanos.
Fonte: Autor.

As principais características da etapa de geração foram apresentadas e relacionadas na Figura 3. Parte-se para a caracterizaçdão da etapa de “acondicionamento”.

Etapa 2: Etapa de Acondicionamento

O acondicionamento inicial dos resíduos é de responsabilidade do gerador e compreende a coleta interna, acondicionamento e armazenamento no local de geração, que evite:

- acidentes;
- proliferação de insetos e animais indesejáveis e perigosos;
- impacto visual, olfativo e sonoro;
- mistura destes resíduos

A forma de acondicionamento pode ser determinado pela quantidade de resíduos gerados, pela composição e movimentação (tipo, seletividade e freqüência de coleta). Os diferentes tipos de resíduos sólidos e os recipientes de acondicionamento destes podem ser agrupados em classes, conforme a sua origem privada ou pública (MONTEIRO *et al*, 2001).

-Os Resíduos de origem privada são:

- doméstico ou residencial;
- perigoso e não perigoso;
- resíduo de estabelecimentos comerciais,
- resíduo de organizações públicas.

Os Resíduo de fontes especiais podem ser:

- resíduo industrial;
- resíduo radioativo;
- resíduo de portos, aeroportos e terminais rodoviários;
- resíduo agrícola,
- resíduos de serviços de saúde.

- E os Resíduos de origem pública são:

- resíduos em vias públicas

A classe “resíduo doméstico ou residencial” refere-se aos resíduos gerados e acondicionados em domicílios e residências. Esta pode ser dividida em perigoso e não perigoso de acordo com o tipo de resíduo gerado. Matéria orgânica, papéis e papelão, plásticos, madeiras, panos,

cerâmicas, agregados finos e outros, são classificados como resíduos não perigosos. O acondicionamento destes pode ser realizado em sacos plásticos de 20, 30, 50, 100 litros de capacidade ou em contêineres de plástico de duas rodas (capacidade para 120, 240 e 360 litros), ou de 4 rodas (com capacidade de 760 e 1100 litros). Pode ser utilizado contêineres metálicos de 750 e 1500 litros de capacidade (JARDIM *et al*, 1995 e MONTEIRO *et al*, 2001).

Entulho de obras, pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus são classificados pela NBR 10.004 (2004) como resíduos Classe I ou perigosos, devido às suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Estes devem ser acondicionados e identificados segundo resoluções específicas para cada tipo de resíduo. A Resolução CONAMA 401/2008 disciplina o descarte e o gerenciamento de pilhas e baterias. E a Resolução CONAMA 416/2009 disciplina o descarte e gerenciamento de pneumáticos inservíveis, como pneus de veículos inutilizados.

A classe “resíduo comercial” refere-se aos resíduos gerados e acondicionados em estabelecimentos comerciais e sua característica depende das atividades do estabelecimento. Pode ser subdividida em dois grupos: pequenos e grandes geradores. No subgrupo pequeno gerador, estão os estabelecimentos comerciais que geram até 120 litros de resíduos por dia. No subgrupo grande gerador, estão alocados os estabelecimentos que geram mais de 120 litros de resíduos por dia. Estes devem contratar serviço privado de coleta, bem como acondicionar seus resíduos em contêineres de cor diferente da utilizada pelo serviço público de coleta de resíduos (MONTEIRO *et al*, 2001).

A classe de resíduos de vias públicas são aqueles dispostos em cestos de armazenamento nos logradouros, e os resíduos armazenados pelos serviços públicos de varrição e capina. Com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos disposto nos solos de locais públicos, cestas coletoras com volume de até 50 litros são instalados em ruas, passeios e praças, para que os pedestres em trânsito acondicionem os resíduos (JARDIM *et al*, 1995).

Serviços mecanizados de varrição, como caminhões-varredores também podem ser utilizados. Para o acondicionamento de pilhas e baterias, podem ser utilizadas cestas coletoras específicas, com furo circular ou oblongo na sua parte frontal.

Embora o acondicionamento seja de responsabilidade do gerador, a administração municipal deve exercer as funções de regulamentação, educação e fiscalização, visando assegurar condições sanitárias e operacionais adequadas (JARDIM *et al*, 1995).

A classe “resíduo de fontes especiais” não é contemplada no estudo, pois considera-se que a sua gestão não é realizada pelo município, mas por empresas privadas de gestão de resíduos sólidos.

Uma característica da etapa “acondicionamento” que pode determinar o tipo de coleta diz respeito à seletividade do acondicionamento que pode ser misturado ou seletivo.

O acondicionamento misturado de resíduos é uma forma rudimentar. Ele facilita o processo de coleta por necessitar apenas de um veículo sem divisórias de acondicionamento. Entretanto, possui desvantagem para a valorização dos resíduos, pois promove a mistura de diferentes resíduos e a contaminação por gorduras. Na tentativa de separação e valorização destes, é necessário processos muitas vezes dispendiosos e ineficientes.

O acondicionamento seletivo na própria fonte de geração de resíduos favorece processos de reutilização ou reciclagem. Existem dois tipos de seleção: resíduos orgânicos e resíduos recicláveis. A Resolução CONAMA 257/2001 diferencia a seletividade de resíduos em recipientes de diferentes cores, como segue:

Azul - papéis/papelão;
Vermelho - plásticos;
Verde - vidros;
Amarela - metais;
Preta - madeira;
Laranja - resíduos perigosos;
Branca – Resíduos de Serviços de Saúde (RSS);
Marrom - orgânicos;
Cinza - não-reciclável, misturado, contaminado ou não passível de separação.

Resíduos Perigosos e Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) não serão contemplados neste estudo, pois segundo a legislação sua coleta, tratamento e destinação final são de competência privada de seus geradores (Resolução CONAMA 307/2002).

A disponibilização dos resíduos em consonância com a forma de coleta do serviço municipal são de grande visibilidade para a população e para o turismo no local. Quando é realizado de forma prudente, auxiliam na redução de desenvolvimento de vetores de doenças. Neste processo o envolvimento dos cidadãos ocorre principalmente no acondicionamento e disposição dos resíduos para coleta de forma adequada nos locais e horários pré-estabelecidos pelo órgão competente.

A disponibilização dos resíduos para coleta pode ser dividida em classes:

- Disponibilização de Resíduos Privados;
- Disponibilização de Resíduos de Orgãos Públicos;
- Disponibilização em Locais de Entrega Voluntária (LEV);
- Disponibilização em Pontos de Entrega Voluntária (PEV);
- Disponibilização de Resíduos em Cestos em Vias Públicas;

Disponibilização para coleta de resíduos privados é o modo como os resíduos gerados e acondicionados em domicílios e estabelecimentos comerciais são acondicionados. Comumente são colocados em sacolas ou contêineres de plástico na via pública próximo ao estabelecimento e no horário de coleta.

Existe a possibilidade de disponibilização para coleta em Locais de Entrega Voluntária (LEV). LEV é a instalação de contêineres em locais públicos de grande movimentação, onde a população pode dispor seus resíduos domésticos de forma seletiva (AQUINO, 2007). Estes podem ser do tipo seletivo (2 seleções) ou multiseletivo (mais de 2 seleções), comumente seguindo a Resolução CONAMA 275/2001.

Pontos de Entrega Voluntária são instalações públicas ou privadas, onde o cidadão pode dispor seus resíduos domésticos, é neste local que ocorre o processo de triagem dos resíduos para tratamentos de valorização e aterros.

Os Resíduos em Cestos em Vias Públicas são dispostos pelos transeuntes de vias públicas em contêineres públicos. São conhecidos como do tipo papeleiras ou lixeiras públicas. Algumas características do sistema acondicionamento acima apresentadas estão relacionadas na Figura 4.

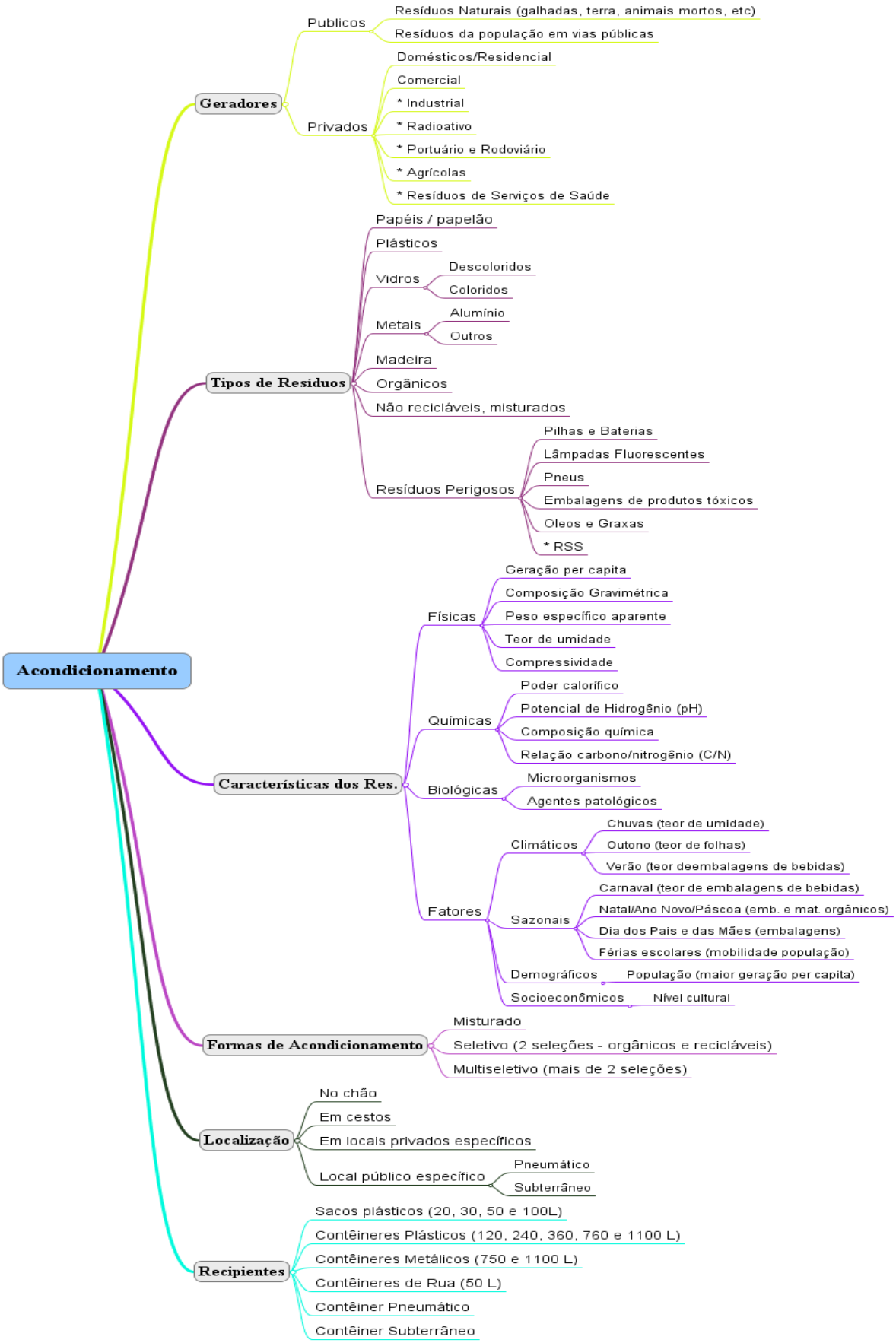


Figura 4: Características da etapa de acondicionamento.
Fonte: Autor

As principais características da etapa de “acondicionamento” foram apresentadas e relacionadas na Figura 4. Parte-se para a caracterização da etapa de “coleta e transportes”.

Etapa 3: Etapa de Coleta e Transporte dos Resíduos

Este subsistema considera os processos de coleta dos resíduos e o transporte adequado à estação de transferência, e/ou à estação de tratamento, e/ou ao destino final. Características técnicas da coleta e transportes influenciam a disposição dos resíduos pelos seus geradores, que podem colaborar com o serviço de coleta ao acondicionar os resíduos na mesma seletividade realizada pela coleta. Os processos pode ser caracterizados tecnicamente (MONTEIRO *et al*, 2001 e JARDIM *et al*, 1995):

- Regularidade;
- Freqüência;
- Horários e itinerários de coleta.

A regularidade refere-se à constância de dias e horários da coleta, possui relação com a disponibilização dos resíduos, sua exposição e a consequente geração de odores. A freqüência refere-se ao intervalo de tempo entre as coletas. Sua importância é para evitar a decomposição do resíduo e suas conseqüências (geração de odores, atração de vetores e animais, dentre outras). Em países de clima tropical como o Brasil, sugere-se freqüência mínima de 3 coletas semanais (MONTEIRO *et al*, 2001).

Horário de coleta pode ser realizado em turnos (diurno e noturno), para minimizar custos e para otimização de uso de equipamentos, redução de ruídos perceptíveis, dentre outros motivos.

Os itinerários de coleta dizem respeito aos roteiros e equilíbrio destes, ao local de início da coleta, ao número de guarnições que a realizam e à verificação da geração de resíduo em cada região. O número de guarnições aliado ao equilíbrio dos roteiros de coleta auxilia na indicação de velocidade do serviço. Com o objetivo de reduzir este tempo e o trabalho exercido, algumas guarnições são destacados para recolher resíduos de diversas fontes acumulando-os em local mais próximo à coleta. Busca-se que o local de início de coleta seja o ponto mais distante do destino final.

Esta etapa também pode ser dividida em relação à origem dos resíduos, público ou privado. A coleta de resíduos públicos é realizada pelas guarnições, que coletam os resíduos acondicionados pelo serviço de varrição e capina, bem como os demais resíduos acondicionados em vias públicas. A coleta e transporte dos resíduos é realizada por veículos do tipo caminhões poliguindastes, caminhões basculantes com caçamba de 5 a 8 m³ e de 12 a 16 toneladas de peso bruto total, entre outros. Podem ser utilizados e transportados por caminhões do tipo *roll-on/roll-off* com chassis trucado e com capacidade para até 23 toneladas de peso bruto total.

Segundo estes autores, a coleta dos resíduos privados não excedendo 120L/ dia/gerador é realizada pelo serviço público, que pode ser:

- Coleta misturada;
- Coleta Seletiva Pública;
- Cooperativa de Catadores; e
- Pontos de Entrega Voluntária.

Com os resíduos misturados no veículo de coleta, aumenta o trabalho necessário para uma possível recuperação de materiais nas usinas de reciclagem. Podem ser utilizados os veículos do tipo Baú, Coletor Compactador e Caminhões Poliguindastes.

A coleta seletiva é realizada pelo serviço regular e acondiciona os resíduos de forma segregada em seus veículos. Os resíduos podem ser coletados em recicláveis e não recicláveis (orgânicos, papéis, plásticos, vidros, metais, madeiras, resíduos perigosos).

A coleta por cooperativas de catadores possui características sociais e promovem cidadania aos catadores através da inclusão em uma organização econômica (AQUINO, 2007). A organizações destes, pode ajudar a reduzir ineficiências na coleta de resíduos, bem como a diminuiçãode despesas municipais no serviço de coleta e de destinação final

Dos diversos veículos possíveis de serem utilizados para a coleta dos resíduos sólidos, destaca-se(AQUINO, 2007):

- Carroça de tração humana ou animal;
- Baú;
- Coletor Compactador;
- Poliguindastes; e
- Pneumáticos.

Os veículos do tipo carroça são, costumeiramente, utilizados por cooperativas de catadores, onde os resíduos são acondicionados manualmente. Os veículos do tipo Baú não compactam os resíduos coletados e são mais utilizados para locais de baixa demografia e com relevo íngreme. Podem ter de 4 a 12 m³ de capacidade útil e de 7 a 12 toneladas de peso bruto total. Os veículos do tipo Coletor Compactador são utilizados para coleta em domicílios, centros comerciais e demais localidades, possuem capacidade para 6, 10, 12, 15 e 19 m³ e 9, 12, 14, 16, 23 toneladas. Na coleta pneumática, dutos coletam pneumaticamente resíduos transportados do seu ponto de geração para o ponto de coleta. Para a coleta de caixas estacionárias de 7 toneladas e $5m^3$ são empregados poliguindastes.

Os veículos de coleta podem ser dos tipos:

- Manual;
- Mecanizada:
- Basculamento de Contêineres:
- Basculamento Traseiro;
- Basculamento Lateral;
- Basculamento Superior;
- Pneumática.

O trabalho de coleta do tipo manual utiliza as guarnições para a retirada dos resíduos acondicionados, comumente em sacos plásticos e contêineres. Este tipo de coleta encarece os custos do serviço, por utilizar maciçamente de guarnições. A coleta mecanizada por basculamento de contêineres faz uso de dispositivos mecanizados nos veículo de coleta. No

sistema de basculamento traseiro, a guarnição busca o contêiner e o alinha com o sistema de basculamento localizado na parte traseira do veículo. O sistema de basculamento lateral pode ser automatizado, não necessitando de guarnições para o serviço. No sistema de basculamento superior, o contêiner é basculado até a parte superior do veículo ou por um guincho. A coleta por sistema pneumático e dutos é realizada pela movimentação pneumática dos resíduos armazenados em contêiner especial até o veículo (MONTEIRO *et al*, 2001). Algumas características do sistema são apresentadas na Figura 5.

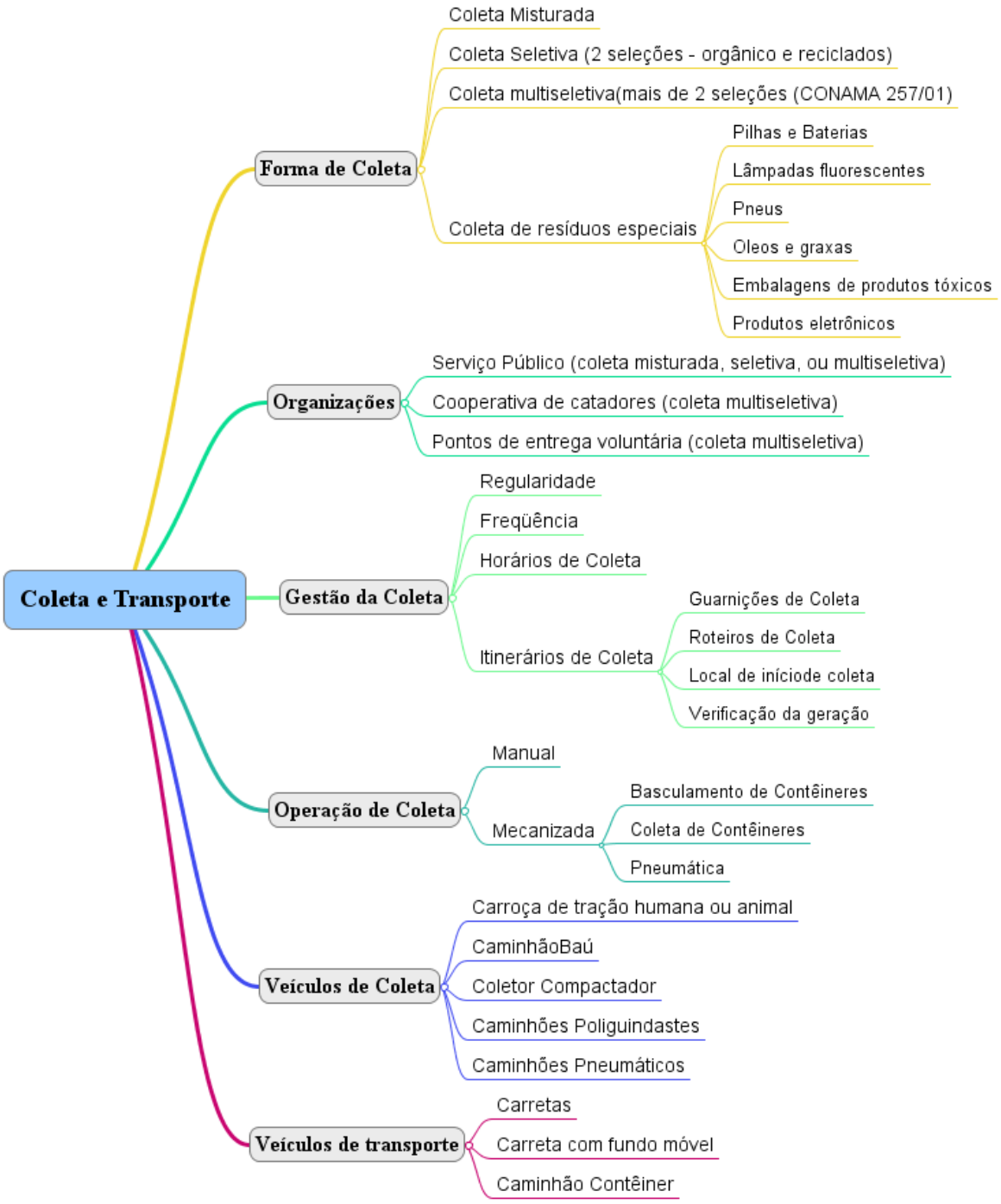


Figura 5: Características da etapa de coleta e transportes.
Fonte: Autor

Para localidades com distância acima de 25 km entre o centro de coleta e o aterro costuma-se implantar estações de transferência de resíduos, com o objetivo de transferir os resíduos dos veículos compactadores para veículos de transferência. Devido a maior capacidade dos veículos de transferência, há a promoção de redução de custos de transporte e o aumento da produtividade dos veículos de coleta e de suas guarnições.

As estações de transferência podem ser com transbordo direto ou com armazenamento. Contam com um desnível, onde é realizado a transferência dos resíduos coletores aos veículos de transferência. Como a coleta comumente é realizada no mesmo horário, os veículos tendem a chegar à estação de transferência no mesmo horário, ocasionando maior demanda por transferência e necessidade de mais veículos para a operação. Com o objetivo de absorver os picos de demanda por transferência, foram desenvolvidas estações com o armazenamento de resíduos. Nestes, os resíduos podem ser armazenados em silos ou em pátio. O uso de escavadeiras hidráulicas ou pás carregadeiras propiciam grande velocidade de descarga dos veículos de coleta e de carregamento dos veículos de transferência, nas estações com armazenamento. Existem estações de transferência com armazenamento e com compactação. Estes compactadores são empregados para aumentar a quantidade de resíduos transportados por veículo de transferência (MONTEIRO *et al*, 2001).

O sistema de transferência pode ser ferroviário, marítimo ou rodoviário. O sistema ferroviário é utilizado para localidades com as condições rodoviárias restritivas e onde o transporte dos resíduos é de grande distância. No sistema marítimo de transporte, emprega-se bacias navegáveis existentes e de transportes rodoviários complementares. O transporte rodoviário é o mais empregado no Brasil e é realizado no transporte de médias distâncias e em locais com condições rodoviárias favoráveis. Algumas características da etapa de coleta e transportes são apresentadas na Figura 6.

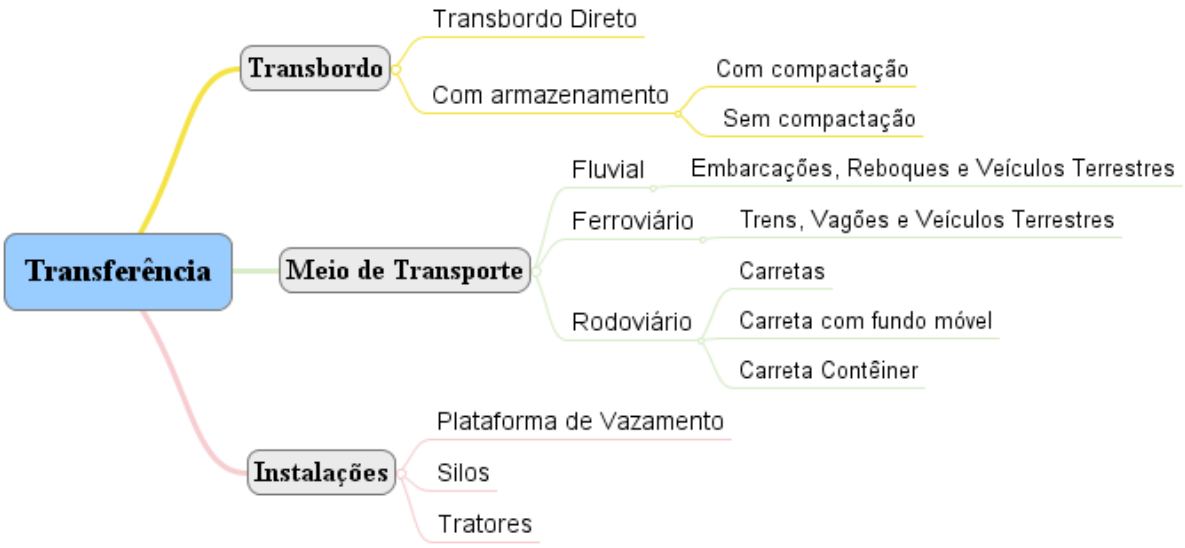


Figura 6: Características da etapa de transferência.
Fonte: Autor

As principais características da etapa de “coleta e transportes” foram apresentadas e relacionadas nas Figuras 5 e 6. Parte-se para a caracterização da etapa de “tratamentos”.

Etapa 4: Etapa de Tratamento de Resíduos Sólidos

Tratamento de resíduos sólidos possui uma série de procedimentos destinados a reduzir a sua quantidade ou o seu potencial poluidor. Seja por meio da transformação em material inerte ou biologicamente estável ou através do descarte em local adequado. As opções de tratamento mais comuns são:

- reciclagem;
- compostagem;
- incineração.

A reciclagem possui uma série de processos que visam valorizar o resíduo tornando-o novamente em produto comercializável. O processo participativo de reciclagem é aquela em que a população separa os resíduos em casa. Para a reciclagem de materiais misturados, usinas de reciclagem podem ser empregadas. Nestas busca-se separar estes materiais entre si e entre contaminantes, obtendo-se em geral, uma eficiência de apenas 3% a 6% em peso. Ainda assim, o material separado pode estar contaminado por gorduras e demais contaminantes, o que aumenta a complexidade.

Compostagem é um processo natural de decomposição biológica de orgânicos de origem animal e vegetal pela ação de microorganismos, é oriunda de resíduos orgânicos coletados ou por orgânicos provenientes de processos de reciclagem pode ser aeróbia ou anaeróbia, dependendo da presença ou não de oxigêni. A compostagem anaeróbia a decomposição ocorre sem a presença de oxigênio, é lenta e exala fortes odores. Na compostagem aeróbia, a decomposição ocorre mais rapidamente com a presença de oxigênio e sem a exalação de odores muito agressivos. Esta é a compostagem mais indicada para resíduos orgânicos. O composto pode ser utilizado na agricultura como potencial fertilizante (MONTEIRO *et al*, 2001).

Há também a possibilidade de tratamento dos entulhos de obras resultando em vantagens como a apreservação das reservas de matérias primas, o aumento da vida útil dos aterros e a economia na aquisição de agregados (SCREMIN, 2007). O tratamento pode ser realizado em usinas especiais, onde os resíduos são separados e triturados. O produto destas usinas pode ser utilizado como base e sub-base de rodovias, agregado de construção de prédios e em peças pré-moldadas.

O tratamento de pilhas e baterias segue o disposto para resíduos industriais Classe I. E o de lâmpadas deve seguir os procedimentos de tratamento de resíduos tóxicos. Já o tratamento de pneus deve seguir os procedimentos referentes aos pneumáticos.

A incineração de resíduos sólidos é um tratamento que visa a redução de resíduos. E pode emitir poluentes à atmosfera, sendo necessário a utilização de medidas de controle e filtragem destes gases, o que tende a onerar muito este processo.

Segundo Aquino (2007) os ganhos por parte da população, resultantes de uma elevação dos índices de reciclagem, seria a redução da taxa de limpeza pública, ou ao menos sua não majoração, além é claro, da promoção de um ambiente mais saudável. Do ponto de vista técnico e ambiental, é importante que existam sistemas de tratamento para que estes possam ser beneficiados ao invés de destinados aos aterros. Desta forma, pode-se reduzir também a necessidade de extração dos recursos naturais. Frente a isto, a porcentagem de resíduos tratados e a eficiência do tratamento são características importantes desta etapa. A Figura 7 apresenta as características da etapa de tratamento.

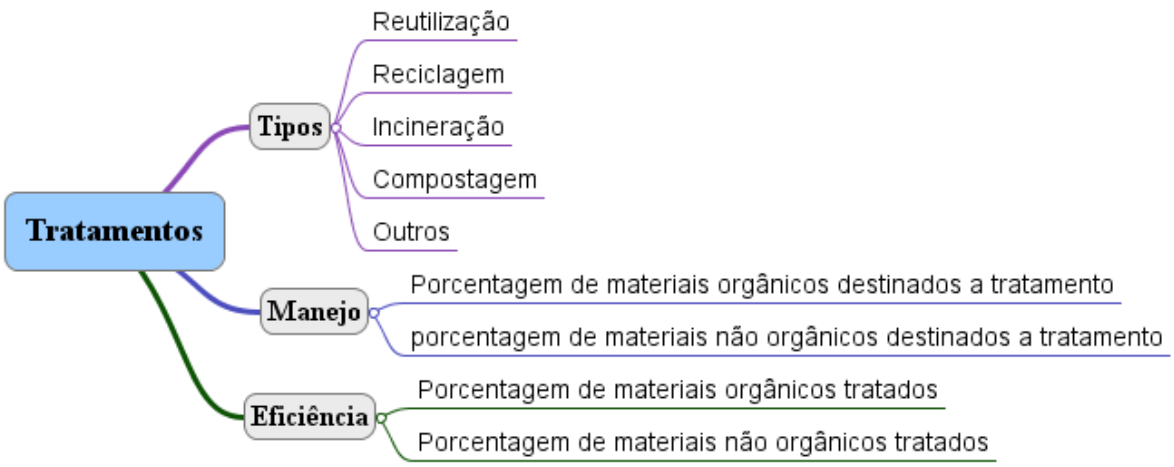


Figura 7: Características da etapa de tratamento.
Fonte: Autor

As principais características da etapa de “tratamentos” foram apresentadas e relacionadas nas Figura 7. Parte-se para a caracterização da etapa de “disposição final”.

Etapa 5: Etapa de Disposição Final

Os resíduos podem ser dispostos de diversas maneiras, conforme a legislação a disposição final de rejeitos não perigosos é o aterro sanitário. As formas de disposição final de resíduos pode ser:

- Aterro Sanitário;
- Aterro Controlado;
- Vazadouro a Céu Aberto (lixão);
- Áreas Alagadas ou Alagáveis;
- Demais locais.

Aterro sanitário é um método de dispor resíduos sólidos sobre um terreno natural confinando-o entre camadas inertes, de acordo com as normas específicas. Segundo Castilhos Jr. *et al* (2003) o aterro sanitário é a técnica de disposição adequada dos resúiduos sólidos urbanos mais empregada atualmente. Esta técnica o que menos impacta o ambiente, pois coleta e trata o chorume e o biogás gerado pela decomposição dos resíduos.

Aterro controlado é um método de dispor resíduos sólidos semelhante a um aterro sanitário, porém o chorume e o biogás gerado não são coletados, nem tratados. Conforme Pereira (2005) é necessário evitar que a chuva entre em contato com os resíduos no aterro, empregando-se materiais, como argila para impermeabilização superior do aterro.

Vazadouros a céu aberto (lixão), áreas alagadas ou alagáveis e demais locais são opções de disposição de resíduos sólidos que tendem a impactar o ambiente. Neste método os resíduos são dispostos sem barreiras impermeáveis que evitem a contaminação do solo, lençol freático e atmosfera. A Figura 8 apresenta características da etapa de destinação final.

Figura 8: Características da etapa de disposição final.
Fonte: Autor

As características de manejo de resíduos sólidos podem ser úteis na elaboração de modelos de avaliação de desempenho do gerenciamento destes.

3.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Ensslin *et al* (2007) definem que “a avaliação de desempenho é a base para apreciação de um fato, uma idéia, um objetivo ou um resultado e também a base para a tomada de decisão sobre qualquer situação que envolve escolha”. Segundo Ensslin e Ensslin (2008), avaliar envolve os processos de identificação dos aspectos que devem ser avaliados e sua direção de preferência. E também de estabelecer os níveis de desempenho plausíveis (a escala ordinal), identificar as diferenças de atratividades (a escala cardinal) – também chamado de mensuração.

Neste contexto, a continuidade competitiva de organizações e do poder público está diretamente relacionada com a geração sistemática de conhecimento da organização e a avaliação de desempenho. Estas providências são fundamentais para poder identificar oportunidades e ameaças em seus sistemas e auxiliar nos processos decisórios. A geração de conhecimento pode advir de formas sistematizadas de aprendizagem ou de formas empíricas, ou, ainda com a simultaneidade de ambas (PETRI, 2005).

Os autores Rummer & Blanche (1994) compilaram os objetivos de processos de avaliação de desempenho como:

- medidas sólidas que garantam o monitorando correto;
- um sistema de medição total e não uma coleção de medidas não-relacionadas e potencialmente contra producentes;
- um processo de gerenciamento de desempenho que converta os dados fornecidos pelo sistema de medição em ação inteligente.

Conforme Ensslin e Ensslin (2008), os objetivos da realização de avaliação de desempenho são:

- Aumentar e organizar o conhecimento da situação atual;
- Identificar o que é importante (os fatores críticos de sucesso);
- Caracterizar e mensurar os fatores críticos de sucesso;
- Alocar os fatores críticos ao objetivo, meta, missão da organização;
- Conhecer os pontos fortes e fracos;
- Promover processos de ações;
- Orientar processos futuros de aumento de conhecimento sobre o contexto;
- Promover decisões transparentes, justificáveis e que comprovem ser melhores para o contexto.

De forma semelhante Petri (2005), define indicadores como sendo um método que descreve os níveis de desempenho de forma a possibilitar: a definição dos estados de desempenho; as escalas de ordem, nominal, ordinal, intervalos e de razão; os padrões de referência, que

permite comparar o desempenho indicado; e a geração de ações por meio do conhecimento indicado do estado atual e do que se pretende chegar.

Para tanto, critérios de elaboração de indicadores são necessários. Milanez (2002) apresenta que dados brutos coletados num sistema não são considerados indicadores. Dados coletados de variáveis e informações de um sistema quando tratados com um certo grau de sistematização podem ser considerados indicadores. Milanez (2002) ressalta que um conjunto de indicadores pode ser combinado em um índice. Isto pode ser realizado, quando se busca um valor único que represente um conjunto de fenômenos.

Gallopin (1996), apresenta alguns requisitos para a construção e seleção dos indicadores, como:

- os valores devem ser mensuráveis;
- deve existir disponibilidade dos dados;
- o método para a coleta e o processamento dos dados, bem como para a construção dos indicadores, deve ser limpa, transparente e padronizada;
- os meios para construir e monitorar os indicadores devem estar disponíveis, incluindo capacidade financeira, humana e técnica;
- devem ser financeiramente viáveis;
- deve existir aceitação política dos indicadores no nível adequado, ou seja, indicadores não-legitimados pelos tomadores de decisão são incapazes de influenciar as decisões.

Indicadores podem promover um direcionamento na tomada de decisão. Auxiliam na mensuração do progresso ao desenvolvimento desejado e modelado. Também são ferramenta importante para comunicar idéias, pensamentos e valores. (DESA/DSD, 2001).

Todo modelo de avaliação pode expressar apenas parte da realidade, sendo que as similaridades entre o modelo desenvolvido e o que ele tenta abordar, faz com que simulações sejam úteis (ZECKHAUSER, 1996).

Polaz (2008), apresenta algumas metodologias de redução de quantidade de indicadores, como:

- Agregação – utilizar o indicador mais agregado possível;
- Condensação – utilizar o indicador que represente a última conseqüência de um determinado problema, desconsiderando os indicadores e sistemas intermediários;
- Enfoque no elo mais fraco – preferir os componentes que podem representar uma ameaça real ao sistema;
- "Cesta básica"- havendo diferentes indicadores vinculados, pode-se considerar a criação de índices que ofereçam uma visão média da situação;
- "Cesta mínima"- se a satisfação de um aspecto depender do estado de cada um dos indicadores, pode-se escolher como indicador representativo aquele que possuir o pior resultado;
- Eleição do indicador representativo – identificar a variável que ofereça uma informação confiável do desenvolvimento do sistema;
- Avaliação subjetiva da viabilidade – caso uma pequena quantidade de informações esteja disponível, deve-se proceder a uma avaliação subjetiva e sumária do sistema.

Polaz (2008), cita que a Agência Européia de Meio Ambiente (EEA) agrupa os indicadores em três tipos:

- Indicadores de modelo : são aqueles que descrevem processos ou fenômenos de ocorrência multi-fatorial e os relacionam diretamente ao modelo básico municipal.
- Indicadores de fluxo: aqueles que abordam os ciclos de matéria e energia, desde a produção e distribuição até tratamento e reutilização.
- Indicadores de qualidade ambiental: referem-se às condições finais do ambiente local.

A norma que aborda a avaliação de desempenho ambiental na gestão ambiental, é a NBR 14031(2004), ressalta que a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) é um processo de gestão interna que utiliza indicadores para fornecer informações, comparando o desempenho

ambiental, passado e presente, de uma organização com seus critérios de desempenho. De acordo com esta norma a escolha de indicadores para ADA são selecionados pelas organizações como meio de apresentar dados ou informações quantitativas ou qualitativas, de uma forma mais conpreensível e útil. Auxiliando, a apresentar os esforços da administração para influenciar o desempenho ambiental da organização. Sugere-se que a organização selecione um número de indicadores que reflita a natureza e a escala das operações da organização de forma compreensível para seu desempenho ambiental.

Como modelo de processo de Avaliação de Desempenho Ambiental, a ABNT ISO 14031 (2004) sugere que se siga um modelo gerencial PDCA [Planejar (*Plan*) – Fazer (*Do*) – Checar (*Check*) – Agir (*Act*)]. A Figura 9apresenta o modelo gerencial PDCA para ADA. Abaixo são apresentados as etapas deste processo contínuo, segundo a norma:

a) Planejar

1) planejamento da ADA;

2) seleção de indicadores para a ADA (o processo de seleção de indicadores pode incluir tanto a escolha de indicadores existentes quanto o desenvolvimento de novos).

b) Fazer

Utilização de dados e informações que inclui:

1) coleta de dados relevantes para os indicadores selecionados;

2) análise e conversão de dados em informações, que descrevam o desempenho ambiental organização;

3) avaliação das informações que descrevam o desempenho ambiental da organização e comparação com os critérios da organização;

4) relato e comunicação das informações que descrevam o desempenho ambiental da organização.

c) Checar e agir

Análise crítica e melhoria da ADA.

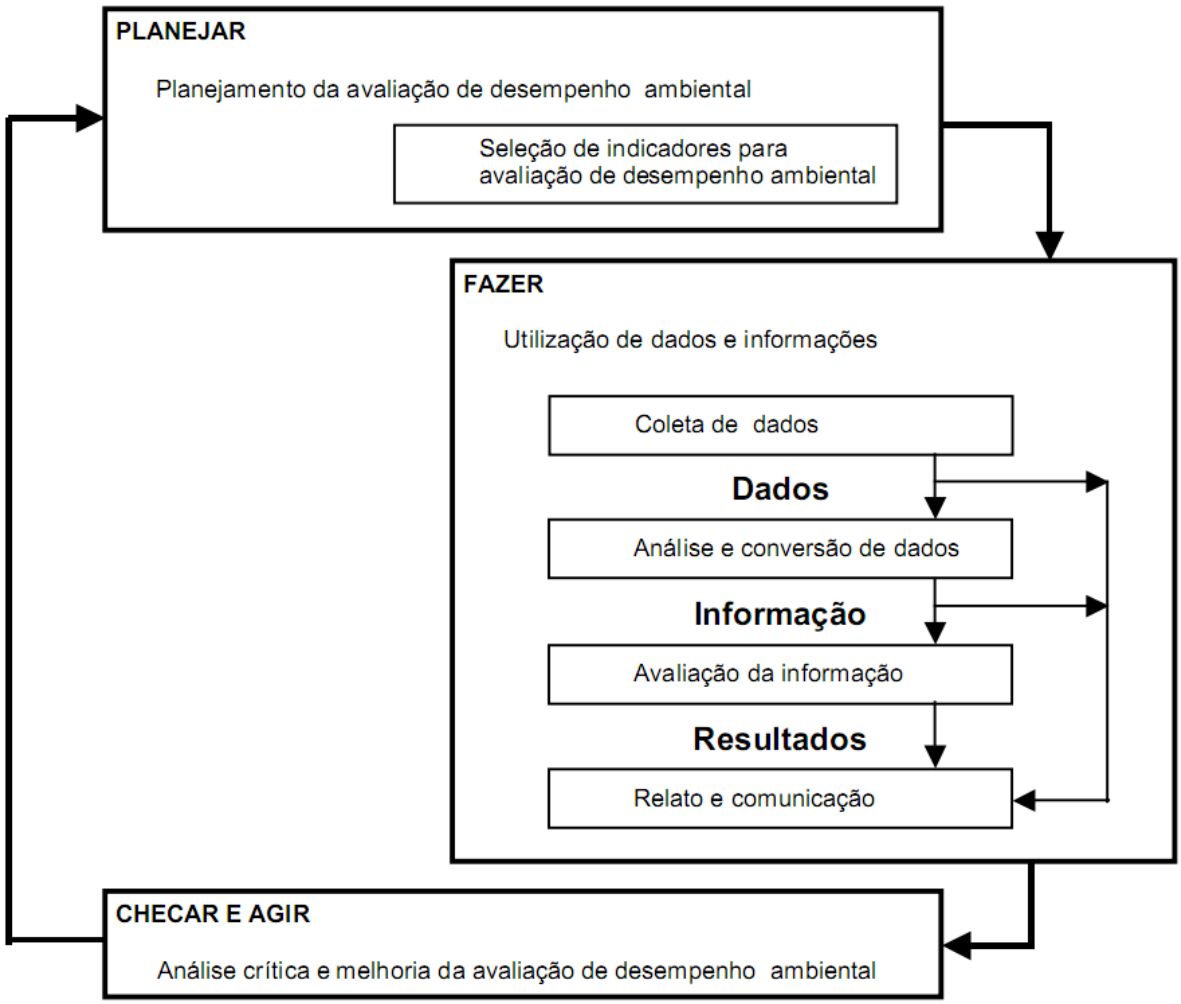


Figura 9: Modelo gerencial PDCA para Avaliação de Desempenho Ambiental.
Fonte: Adaptado de ISO 14031 (2004)

A Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD, 2010), desenvolveu um modelo de indicadores baseado em Pressão/Estado/Resposta (PSR), como apresentado na Figura 10. Esta abordagem permite elencar as pressões que atividades humanas excercem no ambiente, e respostas que os decisores destes sistemas podem realizar para reduzir essas pressões.

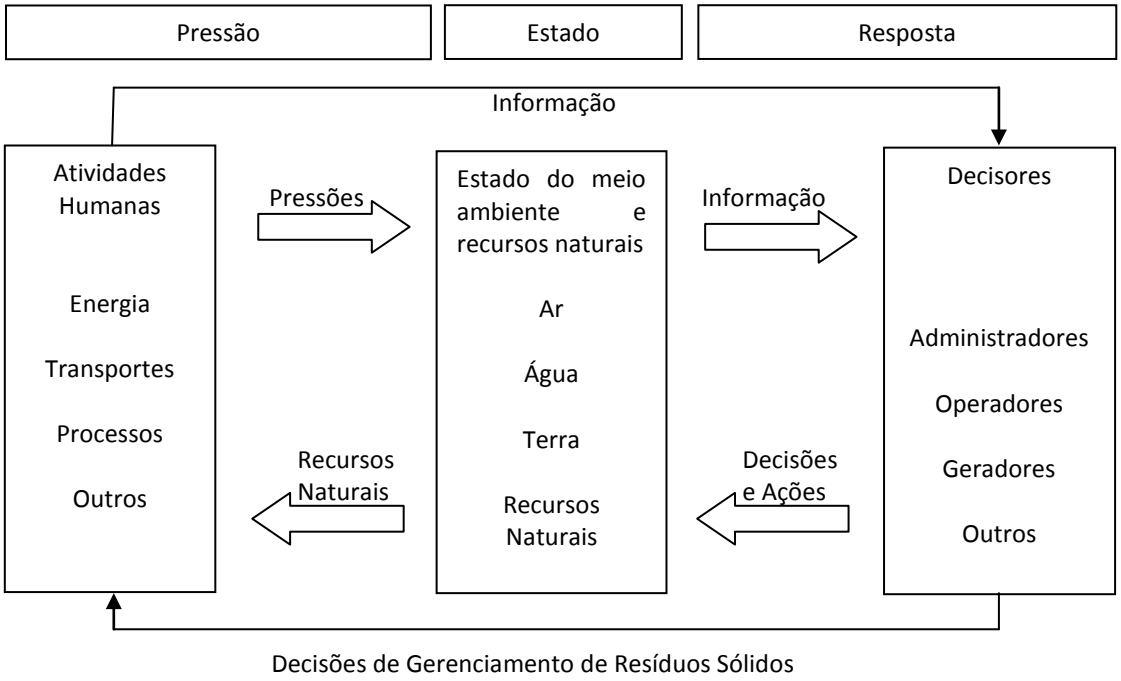


Figura 10: Indicadores baseados em abordagem Pressão-Estado-Resposta.
Fonte: Adaptado de OECD (2010)

Os Indicadores de Pressão descrevem os impactos exercidos direta e indiretamente pelas atividades humanas no ambiente e que afetam tanto a qualidade, quanto a quantidade dos recursos naturais. Os Indicadores de Estado indicam a qualidade do ambiente e dos recursos naturais. E os Indicadores de Resposta indicam a reação de diversos setores da sociedade. São estas ações que têm o objetivo de evitar, atenuar ou corrigir os impactos sobre o ambiente decorrente das atividades humanas. Os dados e as informações oriundas das atividades humanas de pressão sobre o meio ambiente, bem como o estado do meio ambiente devem ser consideradas pelos decisores, que podem tomar decisões de gerenciamento de resíduos sólidos que afetarão as atividades humanas de pressão aomeio ambiente, bem como o estado do meio ambiente e recursos naturais.

3.3 METODOLOGIA MULTICRITERIAL DE APOIO À DECISÃO (MCDA)

Para Petri (2005) a MCDA tem como propósito avaliar desempenho e é capaz de se adequar a qualquer contexto complexo. Ensslin *et al*. (2001) citam que métodos multicritério de apoio à decisão consideram mais de um aspecto e, portanto, avaliam ações segundo um conjunto de critérios. Cada critério é uma função matemática que mede a performance das ações potenciais em relação a um determinado aspecto.

Conforme Ensslin *et al*. (2001) existem abordagens multicriteriais de apoio e de tomada de decisão. Os métodos de tomada de decisão utilizam o paradigma científico racionalista e os de apoio utilizam o paradigma científico construtivista. A abordagem Multicritério de Tomada de Decisão (MCDM), considera as preferências do decisor implicitamente, enquanto analisa as alternativas reais em busca de solução ótima, fazendo prescrições. Esta abordagem promove ao decisor meios para ajudá-lo a compreender a resolução de problemas e ao final do processo são realizadas recomendações (PETRI, 2005).

A abordagem *Multi-attribute Utility Theory* (MAUT), considera que uma dada ação contribui para a utilidade dos decisores, relacionado ao aspecto que está sendo considerado em um determinado critério. A abordagem de subordinação ou o*ut ranking*, considera limiares de preferência apresentados por meio de faixas, quando o decisor não tem condições de determinar um valor sabendo que existe. A abordagem de Programação Linear Multi-Objetivos (MOLP), se concentra em otimizar simultaneamente mais de uma função objetivo (PETRI, 2005).

Como análise da abordagem MCDA, Petri (2005) apresenta pontos fortes como gerar e descrever maior entendimento e conhecimento dos decisores sobre o objeto em avaliação. Necessita de especialistas para ser operacionalizado; apresenta indicadores de ações de inovação, prevenção e correção do desempenho do objeto. Sobre a efetividade da tomada de decisão, o autor apresenta que esta abordagem tem a vantagem de ser transparente, justificada e comprovada. Dentre mais características, apresentadas no quadro 1:

Quadro 1: Características da abordagem multicritério de apoio à decisão

Aspectos Considerados		Pontos Fortes (aspectos relevantes ou vantagens)	Pontos Fracos (limitações ou desvantagens)
Conhecimento	Forma	Explícito	
	Entendimento	Gera e descreve	
	Reconhecimento científico	Legítimo	
	Acesso	Amplo	
Fatores Críticos de Sucesso	Forma	Apresenta	
	Operacional	Factível	
	Mensurável	Sim	
	Compreensível		Necessidade de especialistas
Indicadores	Definição (Estados possíveis)	Misto	
	Escalas	Intervalo	
	Padrões (referências ou ancoras)	Sim	
	Ações	Inova, previne e corrige	Ausência de processo estruturado
Tomada de decisão	Visão (global ou local)	Global e local	
	Resultado da decisão	Valores	
	Efetividade	Transparente, justificado e comprovado	

Fonte: Petri (2005, pág. 64)

A construção do modelo de avaliação multicriterial proposto por Ensslin (2008) está apresentado na Figura 11.

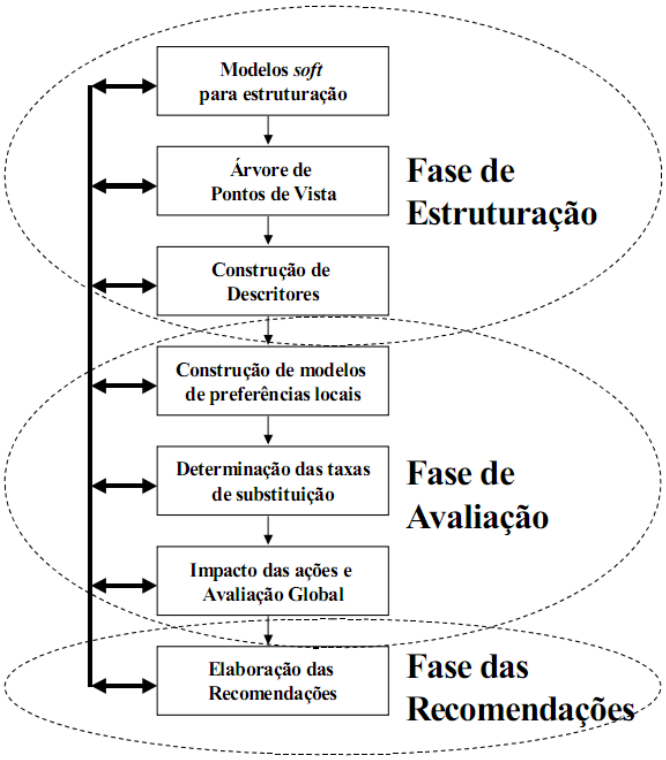


Figura 11: Etapas da construção de avaliação multicriterial.
Fonte: Adaptado de Ensslin e Ensslin (2008)

Na fase de estruturação se identifica e organiza o contexto da avaliação. A metodologia construtivista de *soft* Pesquisa Operacional (PO) pode ser realizada através de etapas interativas de estruturar o modelo de avaliação: avaliar e recomendar. O processo de construção de um sistema de avaliação do tipo *soft* PO, pode empregar atores do sistema em avaliação através de etapas iterativas de estruturar o sistema. Os atores no desenvolvimento proposto são os agidos e os intervenientes (Figura 12). Os agidos são atores que sofrem influência sobre o objeto de avaliação deste estudo. Os agidos são a comunidade e o ambiente que o sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos abrange e serão avaliados pelo presente estudo. Os intervenientes são os decisores, os representantes e os facilitadores. Os representantes são os atores incumbidos pelo decisor para representá-lo. Os facilitadores são os atores que criaram e operacionalizaram o sistema de avaliação, com o auxílio dos decisores (ENSSLIN *et al*.; 2001).

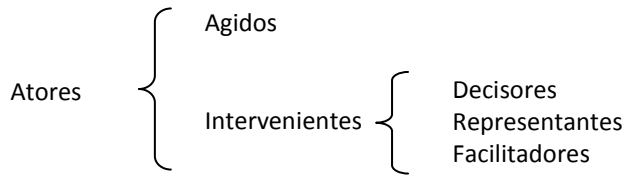


Figura 12: Atores do sistema de avaliação.
Fonte: Ensslin *et al*. (2001)

Então, como auxílio do decisor, identifica-se os aspectos considerados importantes do objeto em estudo. Com a identificação destes aspectos, segue para a identificação das relações entre os aspectos na forma da construção das árvores de pontos de vista. Estas são representações dos objetivos estratégicos (fatores críticos de sucesso) em mapas de relações meio-fins dos aspectos importantes para a avaliação, como apresentado na Figura 13 (PETRI, 2005). Neste exemplo, os aspectos considerados importantes, como o aspecto 3, que está relacionado com os aspectos 2, 12 e 13. Os aspectos 12 e 13, juntamente com os aspectos 7, 16 e 17 estão relacionados com o aspecto 14. Este, relacionado com o aspecto 15, promovem o aspecto 10.

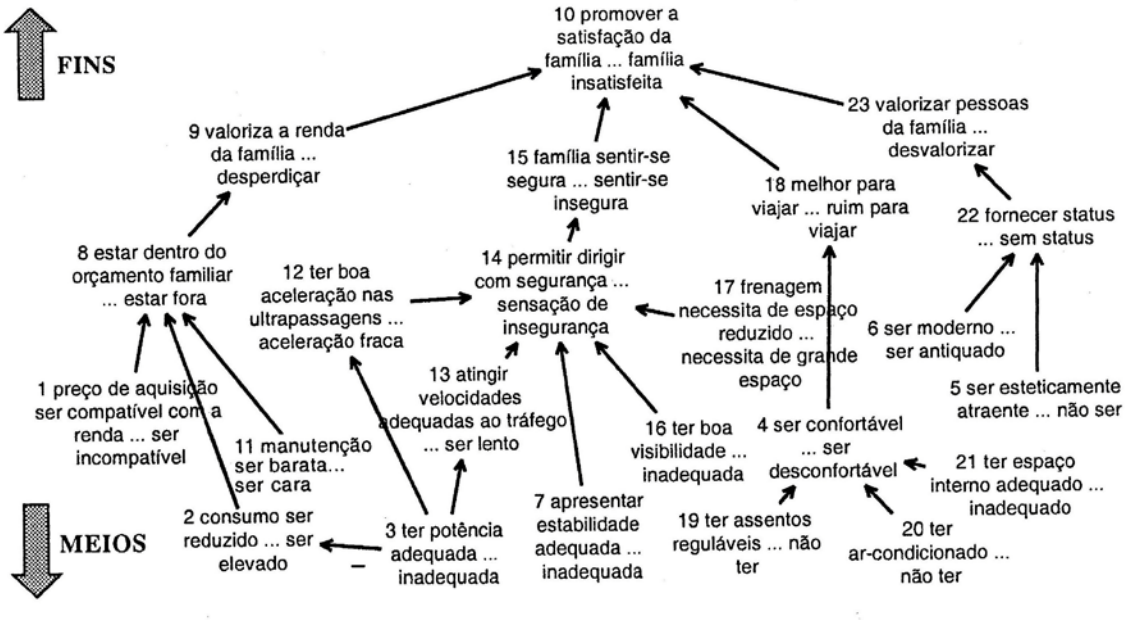


Figura 13: Exemplo de mapa de relações meio-fins.
Fonte: Ensslin *et al.* (2001)

Com a estruturação do modelo de avaliação, desenvolve-se os descritores. Os descritores podem ser definidos como um conjunto de níveis de impacto que servem como base para descrever as performances plausíveis de cada descritor (ENSSLIN; *et al.*; 2001). De acordo com os autores, os descritores são construídos para: auxiliar na compreensão do que os decisores estão considerando; tornar o ponto de vista do decisor mais inteligível; permitir a geração de ações de aperfeiçoamento; possibilitar a construção de escalas de preferências; permitir a mensuração do desempenho de ações em um critério; e auxiliar a construção de um modelo global de avaliação. Conforme Petri (2005) a construção das escalas ordinais e não ambiguas permitem uma interpretação única dos possíveis estados (níveis) do contexto em análise. A Figura 14 apresenta uma estruturação do modelo de avaliação. Nesta é apresentado o objeto de avaliação; os aspectos, ou pontos de vista fundamentais que o compõe; os descritores que compõe cada ponto de vista fundamental; e os níveis de avaliação de cada descritor, que juntos compõe o perfil de desempenho do sistema.

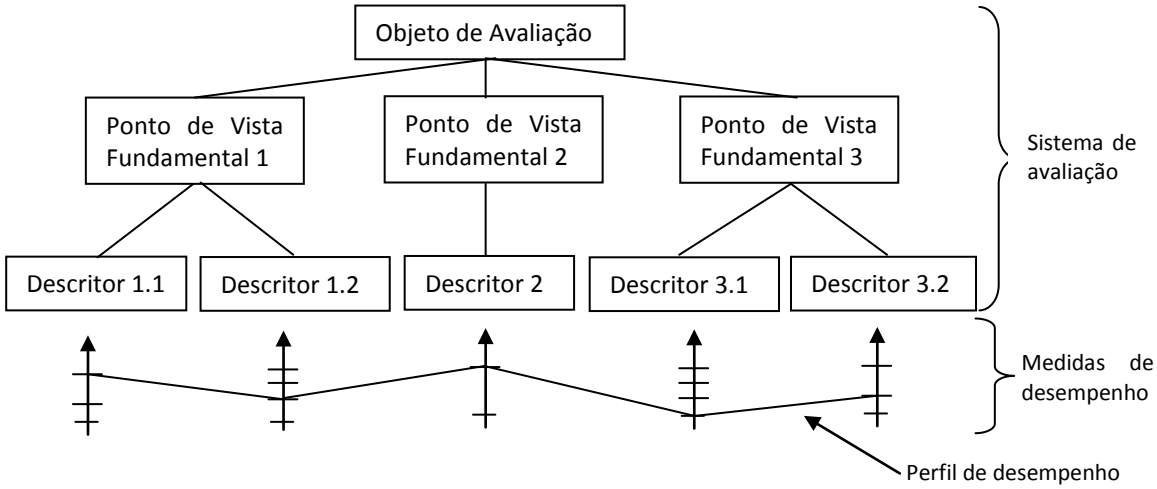


Figura 14: Representação de estruturação conceitual do modelo de avaliação.
Fonte: Adaptado de Petri (2005)

Mensuração de ações potenciais e a determinação das funções de valores, é uma representação numérica, gráfica e matemática dos julgamentos dos decisores sobre o contexto e dos critérios e descritores do modelo de avaliação. Com a estruturação realizada define-se a escala cardinal de cada descritor e a determinação das taxas de substituição de cada descritor e aspecto. Estas são a representatividade de cada aspecto e descritor em relação ao aspecto a que este está relacionado. Na etapa de recomendações, analisa-se o modelo de avaliação, o perfil de desempenho e ações potenciais para elaborar recomendações de melhorias que, de acordo com o modelo elaborado, aumenta significativamente o desempenho do sistema avaliado.

3.4 ESTUDOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE GESTÃOINTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO (GIRSU)

Avaliações da GIRSU foram obtidos sob diversos pontos de vista, variando de escopo e complexidade. Foram realizadas pesquisas em uma única unidade operacional do sistema, como: coleta, instalações de reciclagem, dentre outros. Muitos estudos consideraram aspectos técnico-econômicos e poucos consideraram aspectos sociais, e alguns estudos consideraram aspectos ambientais de gestão. Destes, poucos empregaram conceitos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) na avaliação ambiental da GIRSU (KAPLAN *et al*.; 2005).

O Departamento de Economia e Assuntos Sociais das Nações Unidas apresentam uma compilação de diversos indicadores sobre o tema de sustentabilidade. No projeto intitulado Consumo e Padrões de Produção, subtema Geração de Resíduos e Gerenciamento, são apresentados os principais indicadores: Geração de Resíduos Perigosos, e Tratamento e Disposição dos Resíduos. Como outros indicadores, eles apresentam Geração de Resíduos e Gerenciamento de resíduos radioativos. Estes são relacionados a temáticas como Governança, Saúde, Atmosfera, dentre outras (Quadro 2).

Quadro 2: . Indicadores principais de desenvolvimento sustentável da DESA-UN.

	Governança	Saúde	Atmosfera	terra	Oceanos, Mares e Costas	Água Fresca	Desenvolvimento Econômico	Parceria econômica global
Geração de resíduos								
Geração de resíduos perigosos								
Gerenciamento de resíduos radioativos								
Tratamento e disposição de resíduos								

Fonte: Departamento de Economia e Assuntos Sociais das Nações Unidas (2001)

Em relação à geração de resíduos, o estudo de Salthofer *et al* (2008) demonstram que a prevenção de geração de resíduos pode auxiliar mais a redução de impactos ambientais do que melhorias nos sistemas de GIRSU. Os autores relatam que na Europa existem legislações avançadas em relação à redução da geração de resíduos, porém na prática ainda há ineficiências nesta redução de geração. Concluem também, que o sucesso da implementação de medidas de prevenção requer planejamento e análises detalhadas dos impactos e restrições.

Minciardi *et al* (2007) desenvolveram um método multi-criterial de avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos. Como objetivos do seu sistema de avaliação, eles apresentam a minimização dos custos, a reciclagem de resíduos, a minimização da quantidade de resíduos enviados a aterros e minimização das emissões na incineração de resíduos.

Um estudo desenvolvido no Brasil por Dantas (2008), utilizando a metodologia PCDA (Planejar, Fazer, Checar e Analisar) desenvolveu um método de avaliação de GIRSU muito próximo aos métodos de avaliação já consagrados de aterros, como o Índice de Qualidade de Aterros (IQA), dentre outros. Este método foi nomeado pelo autor de Índice de Condição da

Gestão de Resíduos (ICGR). Neste, a avaliação da GIRSU é dividida em três grupos: Características do Sistema, Gerenciamento do Sistema e Condições Operacionais. Cada um é composto por questões sobre as atividades. O anexo 1 apresenta um exemplo do modelo de avaliação de Dantas (2008).

3.5 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

A ACV é uma metodologia desenvolvida para avaliar os impactos ambientais potenciais originados por todo produto ou processo em seu ciclo de vida - do berço ao túmulo ou do berço ao berço. Considerando as etapas de extração de materiais, água e energia; transportes, fabricação, uso e descarte de produtos e serviços. Este pode ser realizado a partir de um inventário de entradas e saídas de materiais, água e energia do sistema considerado (SOARES, 2004). Ross (2002), ressalta que para a ACV, a real extensão dos impactos ambientais de um sistema só pode ser realmente entendida se for utilizada uma abordagem do berço ao túmulo.

A Avaliação de Ciclo de Vida é composta por quatro fases: definição do objetivo e do escopo; análise do inventário; avaliação de impacto e interpretação (Figura 15). A ABNT ISO 14040 define que o objetivo do estudo deve declarar a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e para quem pretende-se comunicar os resultados. Na definição do escopo deve-se descrever:

- as funções do sistema estudado;
- a unidade funcional;
- uma descrição da abrangência do estudo.

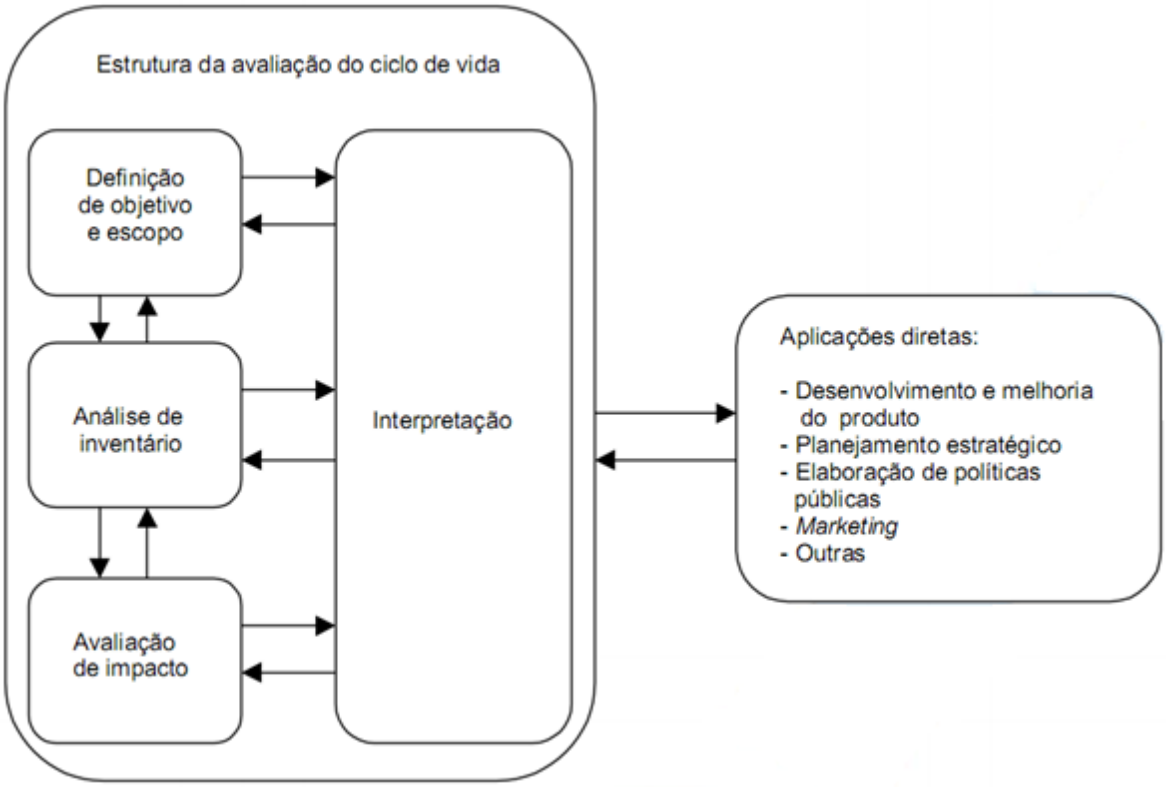


Figura 15: Fases da ACV.
Fonte: NBR ISO 14040 (2009)

A Unidade Funcional é definida pela NBR ISO 14040 (2009) como sendo o "desempenho quantificado de um sistema de produto como uma unidade de referência na avaliação", ou seja, é a função do produto e seu desempenho. A avaliação do desempenho ambiental de um objeto está relacionada à função do objeto de estudo e ao seu desempenho operacional.

Na análise de inventário, deve-se avaliar qualitativamente e quantitativamente os fluxos de materiais e energia existentes no sistema. A Figura 16 apresenta um fluxo de material e energia a serem considerados para todas as etapas do ciclo de vida. Na avaliação do impacto, avaliam-se os potenciais impactos ambientais associados com os fluxos de materiais e energias envolvidos no sistema (CURRAN, 2008).

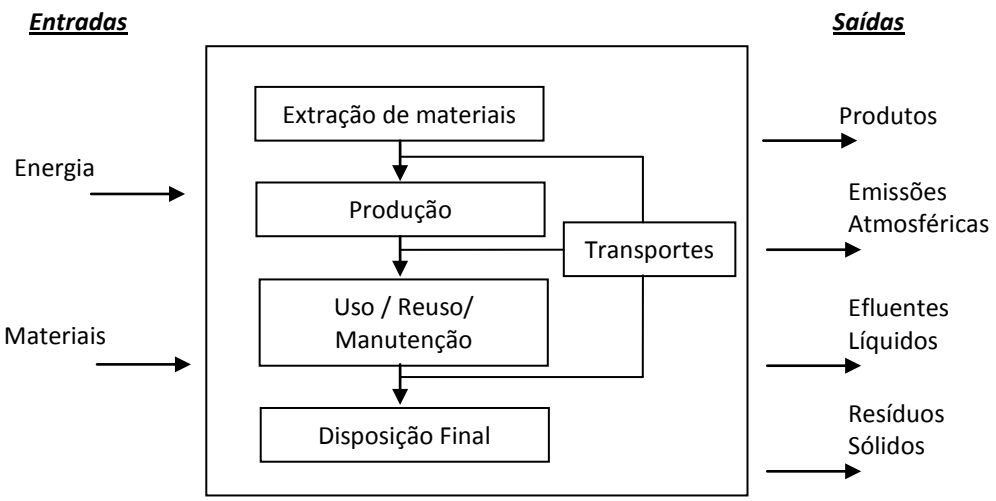


Figura 16: Fluxos de materiais e energia avaliados na etapa do ciclo de vida.
Fonte: Adaptado de Curran (2008)

De acordo com a norma NBR ISO 14031 (2004), deve considerar na avaliação: as atividades, as instalações físicas e os equipamentos envolvidos nos processos. A Figura 17 apresenta um exemplo das entradas e saídas de instalações físicas e equipamentos empregados.

Figura 17: Entradas e saídas de instalações físicas e equipamentos empregados.
Fonte: NBR ISO 14031 (2004)

Para se obter os dados quantitativos do inventário medidos diretamente nos processos, pode-se recorrer a bancos de dados já realizados em processos semelhantes, no próprio país ou em outros. Benedet Júnior (2007), apresenta diversos tipos de incertezas relacionados com a ACV. Dentre elas: a imprecisão na medida das emissões, as incertezas no tempo de vida de substâncias liberadas ao ambiente e suas contribuições para impactos ambientais, a falta de dados não contemplados na ACV, dentre outras.

Os autores Millet *et al* (2007), explicitam como limitações da ACV, só se pode comparar produtos que possuem a mesma função e só pode ser empregado para produtos com sistemas de produção completamente definidos. Para Kaebernick (2003), o fato da ACV completa

consumir muito tempo e ter necessidade de dados detalhados. O que normalmente não está disponível nos estágios iniciais de desenvolvimento de um produto, são características muito negativas para a adoção de ACV completa; motivando a elaboração de metodologias simplificadas de ACV.

Metodologias simplificadas de ACV são métodos que buscam menos complexidade, menor necessidade de tempo e de custos e um balanço com acurácia e confiabilidade dos resultados da avaliação. Os dados resultantes pela ACV simplificada devem ser confiáveis o suficiente para os tomadores de decisão formular suas estratégias ambientais em seus negócios. Graedel (1998), cita que em torno de 80% dos indicativos obtidos com uma ACV completa podem ser obtidos por uma ACV simplificada.

Por definição, a simplificação de ACV pode ser realizada pela redução do escopo do estudo, pela redução de dados necessários ainda não obtidos ou de difícil obtenção. Dentre os métodos simplificados encontrados, os autores Hochschorner & Finnveden (2006) adaptam o método *Materiel, Energy, Chemicals and Others* (MECO). Assim como Hur *et al*, (2005), que comparam métodos simplificados matriciais como o *Environmentally Responsible Product Assessment* (ERPA).

Graedel (1998) apresenta que em metodologias simplificadas de ACV se podeutilizar dados quantitativos como na ACV completa, bem como os dados qualitativos, contabilizando as entradas e saídas de cada etapa avaliada. Esta avaliação pode ser sobre o uso ou não de materiais escassos ou perigosos; a existência de controle sobre as emissões gasosas, dentre outras variáveis, que estão relacionadas com potenciais impactos ambientais.

3.6 ACV NA AVALIAÇÃO DE GIRSU

Mendes (2002), desenvolveu pesquisas sobre ACV na avaliação de GRUS. O autor realizou um estudo comparativo de impactos ambientais de opções de gerenciamento de resíduos sólidos municipais. A ACV foi empregada para avaliar os potenciais impactos dos consumos e emissões de materiais e energia. Como exemplo de limites do sistema na avaliação de ACV,

a Figura 18 apresenta o sistema principal de GIRSU, os processos anteriores que auxiliam o sistema principal, e os processos causados pelo sistema empregado.

Como sistema principal da GIRSU, Mendes (2002) apresenta o acondicionamento dos resíduos, a coleta, os tratamentos e a disposição final. Como processos anteriores, foram considerados a produção de combustível utilizada nos veículos e equipamentos, a geração de eletricidade consumida e a produção de materiais auxiliares. Os processos posteriores são os processos-resultado da GIRSU, como a utilização do composto gerado, o uso de eletricidade e calor, gás gerados, bem como o uso dos materiais recuperados. Não foi realizada avaliação nas etapas anteriores, como as de acondicionamento dos resíduos e coleta. O escopo do estudo foi limitado a análise de diversas opções de tratamentos e disposições finais (MENDES, 2002).

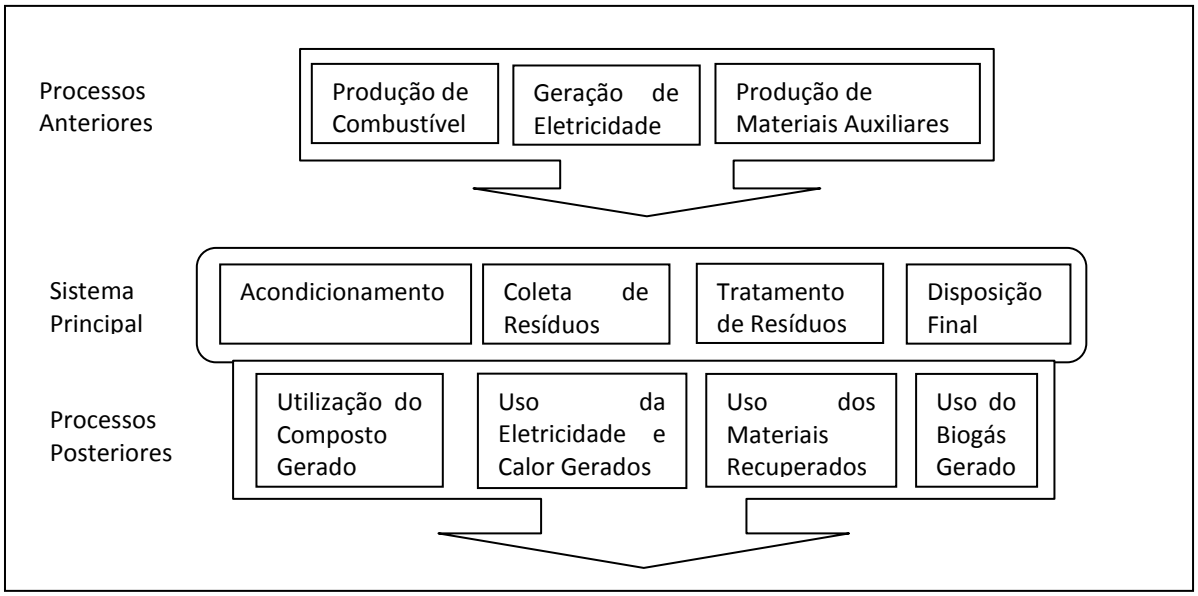


Figura 18: Limites de um sistema de ACV de resíduos sólidos empregado por Mendes.
Fonte: Adaptado de Mendes (2002)

Wittmaier *et al.* (2009), compararam cenários de tratamento térmico convencional e de recuparação otimizada de energia dos resíduos (Figura 19). Neste trabalho os autores apresentam um exemplo de limites de sistema que abrange a coleta, transporte, utilização e disposição dos resíduos, bem como pré-processamento de materiais utilizados e pós-processamento.

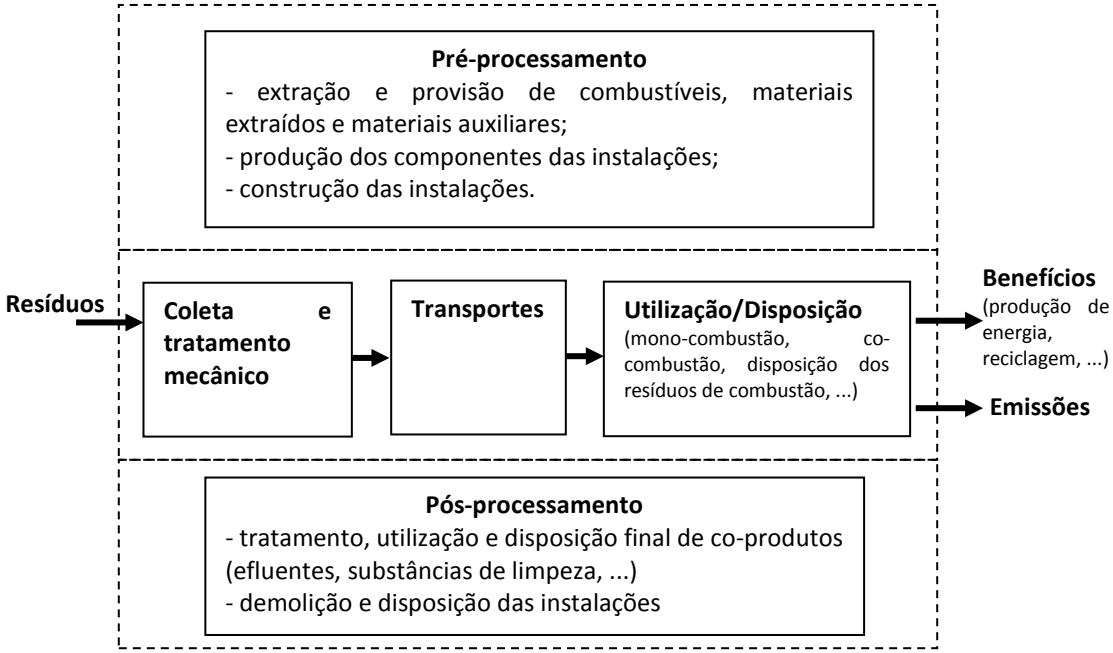


Figura 19: Exemplo de limites de um sistema de ACV de resíduos sólidos.
Fonte: Adaptado de Wittmaier *et al.* (2009)

Em ACV de produtos, normalmente a unidade funcional é em função da saída do sistema (o produto). Na realização de ACV de resíduos, uma unidade funcional muito utilizada é 1 tonelada de resíduos sólidos urbanos com uma determinada composição obtida no sistema em estudo (MENDES, 2002). McDougall *et al* (2001) ressaltam que uma ACV de GIRSU, busca otimização do sistema de manejo dos resíduos sólidos.

Como inventário de GIRSU, McDougall *et al* (2001), apresentam as entradas e saídas das etapas do ciclo de vida e suas unidades de medidas (Quadro 3).

Quadro 3: Inventário de uma GIRSU em ACV.

Aspecto		Limite do sistema	Unidades de medida
Entradas	Resíduos	Ponto em que os resíduos deixam os domicílios e comércios.	Tonelada
	Energia	Extração de recursos combustíveis	Gigajoule de energia térmica
Saídas	Energia	Energia gerada por processos de tratamento. (a energia gerada é subtraída da energia consumida)	Gigajoule de energia térmica
	Materiais recuperados	Materiais recuperados por triagem, e saídas de tratamentos biológicos e energéticos.	Tonelada
	Compostos	Saídas de tratamentos biológicos.	Tonelada
	Emissões atmosféricas	Exaustão de veículos e estações de recuperação energética.	Quilograma
	Efluentes líquidos	Saídas de tratamentos biológicos, estações de recuperação energética e chorume de aterros.	Quilograma
	Resíduo final	Conteúdo do aterro no final do período de atividade biológica.	Tonelada / metro cúbico

Fonte: Adaptado de McDougall *et al* (2001)

Existem softwares para a compilação dos inventários de GIRSU. Um destes é o software Integrate Waste Management - IWM-1 e IWM-2. O IWM-2 é um aperfeiçoamento do IWM-1. Dentre os aperfeiçoamentos cita-se a existência de dados mais atualizados, seção mais flexível de coleta de materiais, taxas de contaminação podem ser editadas (MCDOUGALL *et al*, 2001). Kijak e Moy (2005), citam que este software – IWM – desenvolvido por Procter and Gamble é muito utilizado por governos na Europa e América do Norte. Apresenta também outro modelo, o *Swedish Organic Waste Research* (ORWARE), que combina análise de fluxos de substâncias com metodologias de Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida (AICV). Além da *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) com o desenvolvimento de programas de auxílio à decisão baseados em ACV, assim como o software *Waste-Integrated Systems for Assessment of Recovery and Disposal* (WIZARD) desenvolvido pela Agência Ambiental do Reino Unido

O manejo de resíduos sólidos urbanos é um sistema complexo que pode ser dividido em etapas do seu ciclo de vida. Há estudos sobre a avaliação do desempenho técnico e ambiental, sob diversas óticas, incluindo o emprego de ACV. Softwares de avaliação foram desenvolvidos, porém a aquisição dos dados necessários pode ser muito onerosa, e impraticável em muitas GIRSUs. Avaliação de desempenho técnico e ambiental das diversas

etapas que compõem a GIRSU empregando-se ACV simplificada não foi encontrada na bibliografia. Acredita-se que abordagem MCDA combinada com a abordagem ACV possam ser empregadas satisfatoriamente no desenvolvimento de um modelo mais detalhado de avaliação de desempenho de sistemas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. O próximo capítulo visa apresentar a metodologia empregada na elaboração do sistema de avaliação de desempenho técnico e ambiental de GIRSU empregada no presente estudo.

4. METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO

O desenvolvimento do sistema de avaliação da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos teve a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista proposto por Ensslin *et al.*; (2001), como metodologia norteadora, buscando seguir as etapas de construção de avaliação multicriterial (Figura 20). Esta estruturação é uma adaptação da estruturação apresentada na Figura 11.

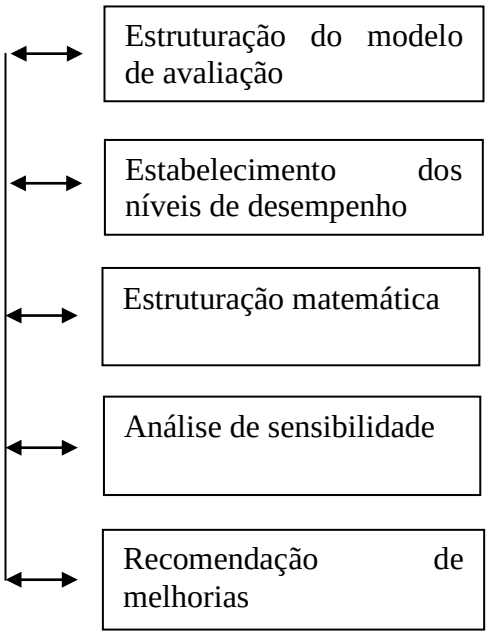


Figura 20: Etapas da metodologia empregada.
Fonte: Adaptado de Ensslin *et al.*; (2008)

Estrutura-se o modelo de avaliação técnico e ambiental com o auxílio de abordagem simplificada de ACV e metodologias multicriteriais de apoio à decisão, elaborando-se os descritores. Então se estabelece os níveis de referência para cada descritor. Elabora-se um modelo matemático de agregação dos critérios num plano técnico e ambiental. Análise de sensibilidade e recomendação de melhorias também são realizadas. Automatiza o modelo.

4.1 Estruturação do modelo de avaliação

O presente estudo divide a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos em etapas do ciclo de vida. O conjunto destas representam a avaliação geral do modelo técnico e do modelo ambiental. Para a estruturação da avaliação técnica, emprega-se itens definidos por leis,

regulamentos e boas práticas consolidadas em GIRSU relacionadas com o manejo dos resíduos. Estes são organizados em mapas de relações meio-fins, conforme o exemplo apresentado na Figura 13. Estas árvores de relações meio fins resultam na estrutura de avaliação, conforme a Figura 14. Nestes modelos de avaliação considera-se as operações envolvidas no manejo dos resíduos em cada etapa do seu ciclo de vida, bem como os equipamentos utilizados. Os itens a seguir detalham a estruturação do modelo de avaliação ambiental e do modelo de avaliação técnica.

4.1.1. A estruturação da avaliação ambiental

A ACV considera que os impactos ambientais são decorrentes do fluxo de matéria e energia e da modificação do ambiente natural. Desta forma, atividades que visem a redução nos fluxos de matéria e energia é valorizado neste estudo. Uma representação de fluxos de entradas e saídas para cada etapa do ciclo de vida em uma Gestão de Resíduos Sólidos pode ser observada na Figura 21.

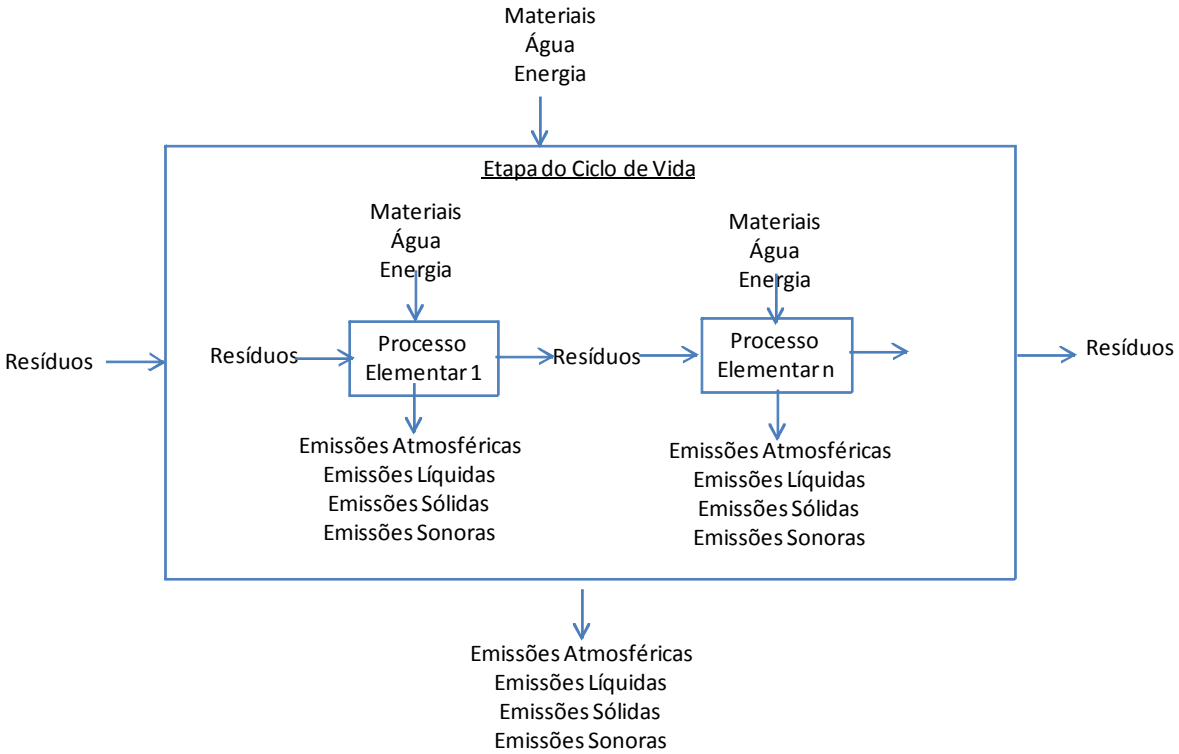


Figura 21: Representação de entradas e saídas de processos em ACV.
Fonte: Adaptado de NBR ISO 14040 (2006)

Com os fluxos de entradas e saídas conhecidos para cada etapa, premissas expostas pela PNRS, boas práticas e pareceres de gestores consultados, elabora-se a árvore de relação meio-fins, que valoriza atividades de redução destes fluxos. O resultado é a estrutura de avaliação ambiental e descritores.(Figura 22).

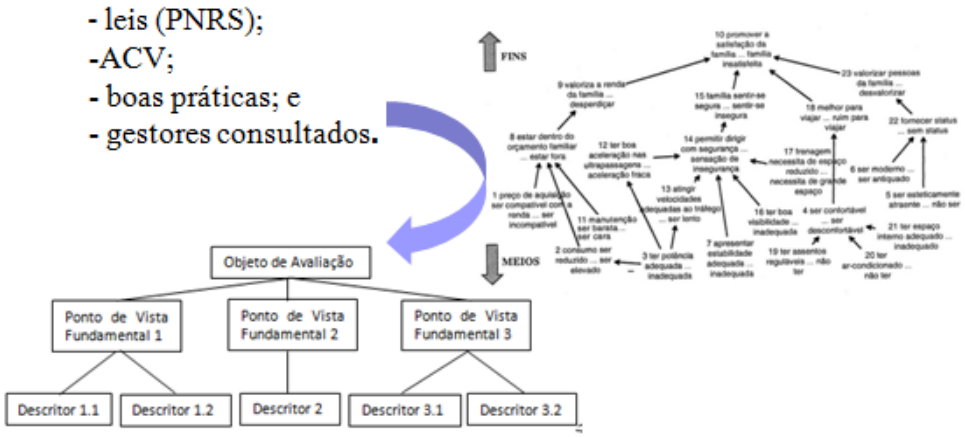


Figura 22: Estruturação conceitual da avaliação ambiental.
Fonte: Autor

Correlacionando-se as etapas do ciclo de vida com os aspectos ambientais em uma matriz, obtém-se uma matriz de desempenho como a apresentada no quadro 4 (GRAEDEL, 1998). Nestes quadros estão relacionados os principais aspectos com as etapas do ciclo de vida. Sua função é apresentar o desempenho de cada um em relação a cada etapa do ciclo de vida. Para conhecer com mais detalhes o desempenho dos aspectos, deve-se observar o perfil de desempenho. Nesta, cada célula é identificada por uma numeração que indica a coluna e linha a que esta pertence. Por exemplo, a célula 3,6 refere-se às emissões atmosféricas avaliadas da etapa 3, sendo que o número 3 representa a coluna e o número 6 a linha. A média dos aspectos considera a média do resultado dos aspectos contidos na linha. A mádia das etapas do ciclo de vida considera a média dos resultados na mesma coluna.

Quadro 4: Matriz de etapas e aspectos ambientais.

Fluxo	linha	Etapa / Aspecto	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Média dos Aspectos
Entradas	1	Materiais Consumidos	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	(n,1)
	2	Água	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	(n,2)
	3	Energia	1,3	2,3	3,3	4,3	5,3	(n,3)
Saídas	4	Resíduos Sólidos	1,4	2,4	3,4	4,4	5,4	(n,4)
	5	Resíduos Líquidos	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	(n,5)
	6	Emissões Atmosféricas	1,6	2,6	3,6	4,6	5,6	(n,6)
	7	Emissões Sonoras	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	(n,7)
Média das Etapas do CV			(1,n)	(2,n)	(3,n)	(4,n)	(5,n)	

Fonte: Adaptado de Graedel (1998)

Com a estruturação da avaliação ambiental, parte-se para a estruturação da avaliação técnica.

4.1.2. A estruturação da avaliação técnica

A estruturação da avaliação técnica é realizada por meio do conteúdo de legislações pertinentes, de bibliografia científica e de contato com especialistas e gestores. Nesta são considerados a abrangência do serviço de coleta, a existência de tratamento dos resíduos, dentre outras considerações. Com o intuito de padronizar a forma de avaliação do presente estudo, a avaliação técnica é dividida nas mesmas etapas do ciclo de vida que a avaliação ambiental.

Com os itens diretamente relacionados com o manejo dos resíduos obtidos das legislações pertinentes, bibliografia científica e do contato com gestores e especialistas elabora-se a árvore de relação meio-fins da avaliação técnica. O resultado é a estrutura de avaliação técnica. (Figura 23).

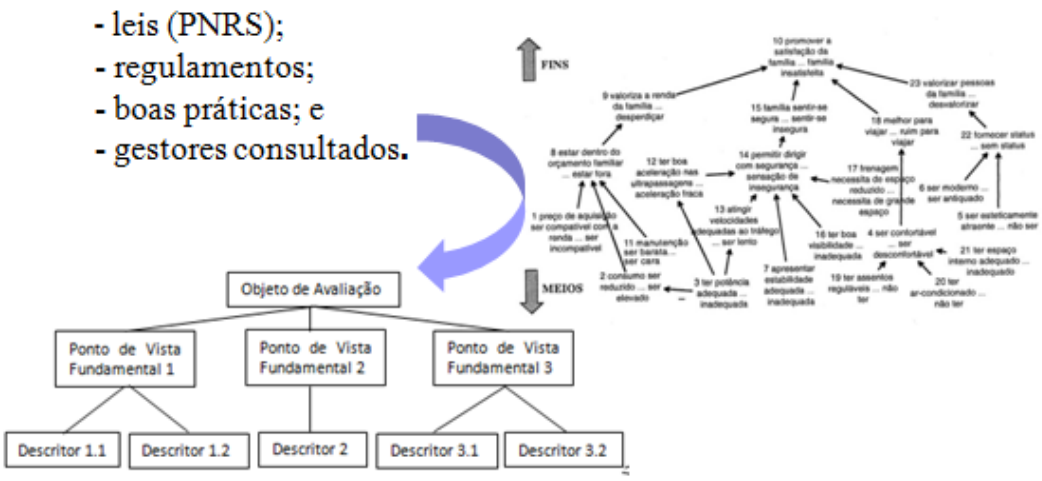


Figura 23: Estruturação conceitual da avaliação técnico.
Fonte: Autor

Com as estruturas conceituais desenvolvidas parte-se para o estabelecimento dos níveis de desempenho.

4.2 Estabelecimento dos níveis de desempenho

Cada descritor é composto por um conjunto de níveis de desempenho. Estes níveis estão dispostos num sentido de preferência de baixo para cima e em escala ordinal, variando da alternativa que não atende o descritor (nível inferior, à alternativa que melhor atende o descritor (nível superior). Cada nível da escala ordinal possui um valor numérico que comporá a função de valor, estes compõe a escala cardinal.

Além de caracterizar cada um dos subsistemas de cenários de gestão e seus descritores, são definidos os os níveis de referência “Bom” e “Neutro”. O nível “Neutro” divide um conjunto de desempenhos considerados “comprometedores” de um conjunto de desempenhos considerados de “mercado”. O nível “Bom” divide um conjunto de desempenhos considerados de “mercado” de um conjunto de desempenhos considerados “excelência”. A definição dos níveis de referência é realizada pelo usuário do modelo automatizado. A Figura 24 apresenta um exemplo de níveis de avaliação de um descritor, com sentido de preferência de baixo para cima, e seus níveis de referência

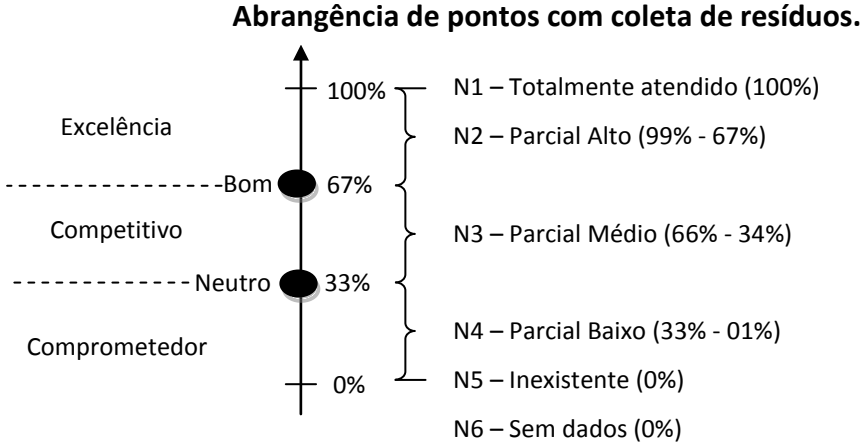


Figura 24: Exemplo ilustrativo de níveis de desempenho de descritores e os níveis de referência.
Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*. (2001)

4.3 Estruturação matemática do modelo

Diante de um conjunto de critérios é necessário integrá-los de maneira matematica coerente, para avaliar o desempenho deste subsistema. Uma representação da estruturação matemática do modelo é apresentada na Figura 25, onde observa-se uma representação gráfica dos níveis de desempenho possíveis para cada descritor. Estes em conjunto apresentam o perfil de desempenho do sistema em relação a cada descritor, e com estes, os atores poderão visualizar com mais detalhes o desempenho do sistema. Este perfil de desempenho pode ser muito útil no auxílio à decisão, já que apresenta o desempenho do sistema, os descritores em nível comprometedor, médio e bom; e também a ação que deve ser tomada para elevar o desempenho dos descritores. A construção matemática dos indicadores fará uso da fórmulas de agregação aditiva apresentada a seguir. Também pode ser conceituado como o valor de representatividade de cada descritor ou aspecto frente outros do mesmo ramo.

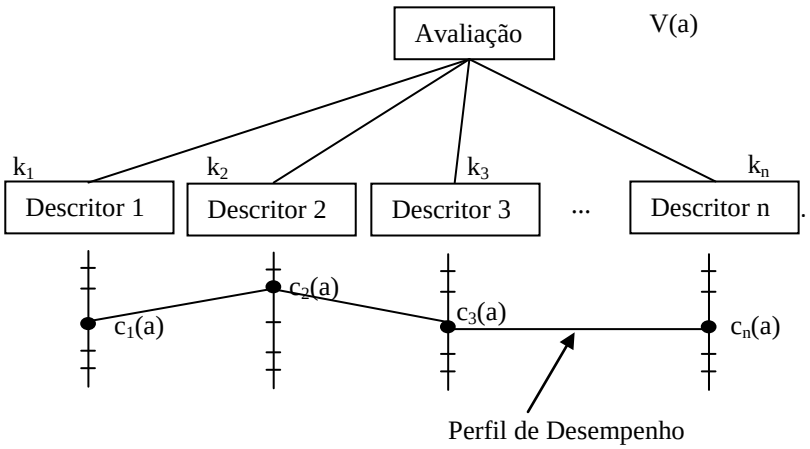


Figura 25:: Representação do modelo com o perfil de desempenho dos descritores.
Fonte: Adaptado de Ensslin (2008)

A fórmula de agregação aditiva empregada neste trabalho é dada pela equação 2, a seguir:

$$V(a) = k_1c_1(a) + k_2c_2(a) + k_3c_3(a) + ... + k_nc_n(a)$$

ou na forma genérica:

$$V(a)=\sum_{i=1}^{n} k_ic_i(a)$$

Onde:

$V(a) \rightarrow$ Valor Global da avaliação a.

$k_i \rightarrow$ Taxa de substituição dos aspectos e descritores 1, 2, ..., n.

$C_i(a) \rightarrow$ Valor cardinal no descritor 1, 2, ... , n.

$n \rightarrow$ Número de descritores do modelo.

Na estruturação matemática do modelo, para cada descritor e aspecto são estabelecidos suas taxas de substituição (Figura 26). Taxas de substituição também são chamados de *trade-offs* e constantes de escala, são a perda de performance que uma ação potencial deve sofrer em um critério para compensar o ganho de desempenho em outro (ENSSLIN *et al.;* 2001). Observa-se que a soma das taxas de substituição de um mesmo ramo deve ser igual a um.

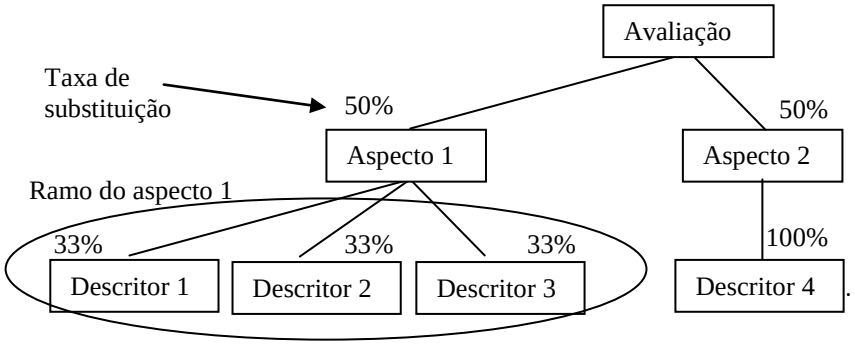


Figura 26: Exemplo de taxas de substituição.
Fonte: Autor

A ponderação das taxas de substituição de cada um dos critérios e descritores, é realizada por meio de uma adequação da metodologia proposta por Roberts (1979) e Soares et al (2006) que combina a metodologia da análise multicritério e especialistas para a ponderação de critérios. O software MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) desenvolvido por Bana e Costa & Vansnick (1997), é utilizado para guiar a ponderação das taxas de substituição, e o decisor decide os valores finais das taxas de substituição. Este software utiliza método de julgamento semântico par-a-par nas categorias semânticas (indiferença, muito-fraca, fraca, moderada, forte, muito-forte e extrema) para sugerir taxas de substituição de cada aspecto.

4.4 Análise de sensibilidade

Ensslin *et al.* (2001) definem a análise de sensibilidade como sendo um exame da robustez das respostas do modelo frente a alterações nos parâmetros do mesmo. Para avaliar o resultado do modelo frente alteração de performance de um descritor, é verificado o resultado aumentando e reduzindo em um nível a performance atual dos descritores. Um descritor de cada vez, como apresentado na Figura 27 (ENSSLIN *et al.;* 2001).

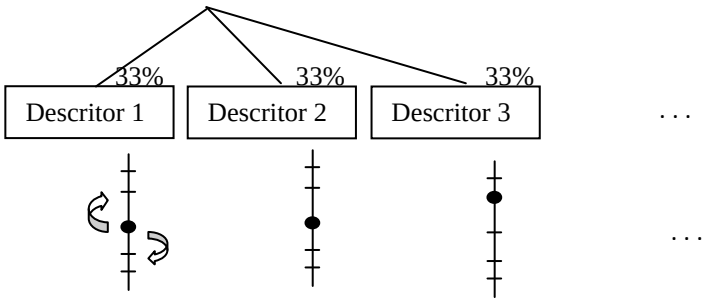


Figura 27: Alteração um nível acima e um nível abaixo para cada descritor.
Fonte: Autor

Para avaliar o resultado do modelo frente às alterações de taxas de substituição, é alterado uma taxa por vez, observando-se que a soma das taxas de um ramo deve ser igual a um, como apresentado na equação 3, a seguir, e na Figura 28 (ENSSLIN *et al.;* 2001).

$$W_n' = \frac{W_n\left(1-W_i'\right)}{\left(1-W_i\right)}$$

Onde:

W_i = taxa de substituição original do critério/descritor i;

W_i' = taxa de substituição modificada do critério/descritor i;

W_n = taxa de substituição original do critério/descritor n; e

W_n' = taxa de substituição modificada do critério/descritor n.

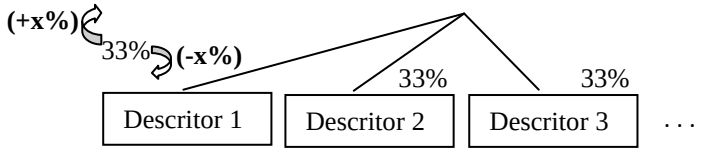


Figura 28: Exemplo de alteração da taxa de substituição.
Fonte: Autor

Com os elementos estruturados e metodologia de análise de sensibilidade definidos, parte-se para a automatização do modelo.

4.5 Recomendação de Melhorias

O modelo permite a elaboração de recomendações baseado em duas premissas. A primeira é a identificação dos descritores com desempenho considerado Comprometedor. Esta análise se dá pela verificação se o desempenho de cada descritor está abaixo do nível neutro, configurando desempenho Comprometedor para este. A segunda análise é a identificação dos descritores cujo desempenho melhorados em um nível, é o incremento do resultado final da avaliação. Nesta análise verifica-se o desempenho global do sistema para a elevação em um nível de cada descritor. Aquele que apresentar maior incremento no desempenho global do sistema é selecionado como descritor recomendado para planejamento de ações e de melhoria de seu desempenho.

4.6 Automatização do modelo

Após definido o modelo matemático para os indicadores eles serão codificados em Microsoft Excel, onde os usuários do sistema de avaliação poderão visualizar toda a estrutura de avaliação, bem como análises de sensibilidade e sistema de recomendação de melhorias.

5. RESULTADOS - MODELOS DE AVALIAÇÃO

Neste capítulo são definidos os atores do sistema de avaliação, apresentados a estruturação dos modelos de avaliação da GIRSU, bem como os resultados de uma aplicação no município de Biguaçu-SC.

5.1 O MUNICÍPIO DE BIGUAÇU

O município de Biguaçu está localizado no Estado de Santa Catarina, na região litorânea central da Grande Florianópolis (Figura 27). Possui uma área de 326 metros quadrados e população projetada em 2006 de 59.097, conferindo 181,3 habitantes por quilômetro quadrado de densidade populacional (PMB, 2010).

Figura 27: mapa político da região de Biguaçu-SC
Fonte: CIASC, 2010

O Plano Diretor do município estabelece que o programa de saneamento do município tem por definição também o manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde

pública e à proteçãodo meio ambiente. Com o intuito melhorar os serviços de limpeza urbana, coleta de resíduos sólidos, a implantação de coleta seletiva, e implantaçãode aterros sanitários e de usinas de compostagem de resíduos, deve haver um gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos no município (PDPMB, 2010). O órgão do município responsável pela gestão dos resíduos sólidos é a Fundação Municipal de Meio Ambiente de Biguaçu (FAMABI). Este foi lançado em 29 de julho de 2009 com o objetivo de realizar grandews projetos ligados ao meio ambiente, além de auxiliar na fiscalização (SMAPMB, 2010). A engenheira desta fundação colaborou no desenvolvimento deste trabalho.

5.2 A ESTRUTURA BÁSICA DOS SISTEMAS DE AVALIAÇÃO

Como atores deste sistema de avaliação, defini-se que os agidos são a sociedade afetada pela GIRSU avaliada. O autor deste trabalho atuou como facilitador e, juntamente com a engenheira de GIRSU, atuou como decisor no desenvolimento deste modelo de avaliação. Devido ao pouco tempo disponível pela engenheira, a estruturação do modelo de avaliação foi desenvolvida principalmente pelo autor deste trabalho, e posteriormente verificado por ela. Foi empregado abordagem multicritério de apoio à decisão e abordagem simplificada de avaliação do ciclo de vida. Como critérios de estruturação dos descritores, se empregou abordagem de ACV e legislações pertinentes, principalmente a Política Nacional de Resíduos Sólidos, revisão bibliográfica e boas práticas de gestão apresentadas por gestores de resíduos sólidos urbanos consultados. A engenheira de GIRSU consultada atuou revisando o modelo, no estebelecimento dos níveis “neutro” e “bom” de cada descritor, na elaboração das taxas de substituição, e na avaliação do estado atual da GIRSU empregando o modelo desenvolvido.

Considera-se que o desenvolvimento de gerenciamento eficiente de resíduos sólidos necessita considerar todo o sistema de resíduos sólidos, incluindo a geração de resíduos, coleta, transportes, tratamentos e disposição final, (Figura 28).

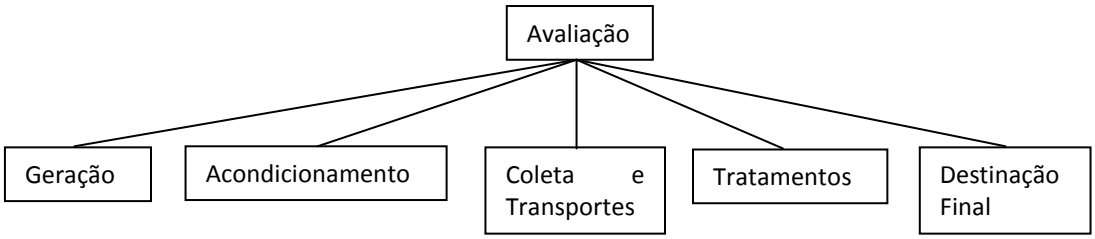


Figura 28: Etapas do ciclo de vida.
Fonte: Autor

Com as etapas do ciclo de vida e estrutura estabelecidas, parte-se para o estabelecimento dos níveis de desempenho.

5.3 ESTABELECIMENTO DOS NÍVEIS DE DESEMPENHO DOS DESCRITORES

Estabeleceu-se, de forma geral, os níveis básicos de avaliação para cada descritor (Figura 29) em escala ordinal considerando o nível de atendimento do descritor.

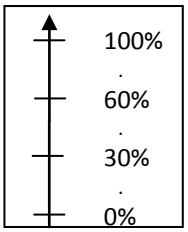


Figura 29: Exemplo de níveis básicos de avaliação.
Fonte: Autor

A gestão é uma atividade que envolve a busca por melhorias das condições existentes - fato muito discutido por diversas metodologias de gestão, como a metodologia Planejamento-Ação-Checagem-Avaliação (PDCA). Neste estudo, também se valoriza a existência de planejamento e implantação de melhorias em relação aos descritores. As melhorias são ações que melhoram o desempenho do descritor. Podem ser: treinamento dos operadores, campanhas de educação aos envolvidos, alteração de processos.

Para avaliar ações de melhorias, cada nível básico de avaliação dos descritores é subdividido em 3 (três) subníveis, como segue: a – Implantando melhorias; b – Planejando melhorias; e c – sem implantação nem planejamento de melhorias. Estes também compõe a escala cardinal de avaliação do descritor. Ações de melhorias, apesar de ainda não melhorarem o desempenho do descritor, logo poderão fazê-lo e devem ser valorizadas, frente a gestões que não buscam

melhorias. Figura 30 e Figura 31 apresentam ordinal e cardinal proposta de avaliação dos descritores.

A escala cardinal de avaliação de descritores foi arbitrada pelos decisores e considera que caso a abrangência de atendimento do descritor é total, a avaliação deste é 10. Se a abrangência de atendimento do descritor é de 90% a 99% e há implantação de melhoria, a avaliação é 9,5. Se há apenas planejamento de melhorias, a avaliação é 9,2. Se o descritor é atendido de 90% a 99% apenas, a avaliação é 9,0. E assim por diante.

Sentidode Preferência	Grau de Atendimento ao Descritor	Escala Cardinal Básica	Escala Ordinal e Cardinal Completa (considerando melhorias no estado atual)
↑	100% Atendimento Total do descritor	--- 10	
	90% a 99%	--- 9	--- e implantando melhorias 9,5 --- e planejando melhorias 9,2 --- apenas 9,0
	80% a 89%	--- 8	
	70% a 79%	--- 7	
	60% a 69%	--- 6	--- e implantando melhorias 5,5 --- e planejando melhorias 5,2 --- apenas 5,0
	50% a 59%	--- 5	
	40% a 49%	--- 4	
	30% a 39%	--- 3	
	20% a 29%	--- 2	--- e implantando melhorias 1,5 --- e planejando melhorias 1,2 --- apenas 1,0
	10% a 19%	--- 1	
	0,1% a 09%	--- 0	
	Não há dados sobre este descritor		

Figura 30: Escala Ordinal e Cardinal de avaliação dos descritores
Fonte: Autor

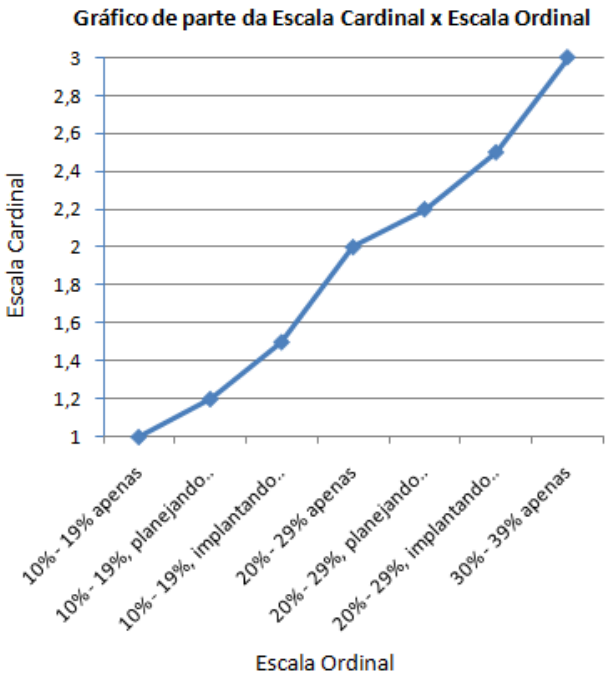


Figura 31: Gráfico de parte da Escala Cardinal x Escala Ordinal
Fonte: Autor

Há também descritores que não podem ser avaliados por esta escala por apresentarem diferentes níveis de avaliação, como por exemplo, o descritor sobre o aspecto visual dos logradouros em relação ao serviço de limpeza e coleta. Este pode ser avaliado por quatro níveis de desempenho: N1 – Bom (sem reclamações); N2 – Regular (reclamações esporádicas), N3 - Ruim (reclamações frequentes), e N4 – Não há informações. Para estes há escala ordinal e cardinal específicos, e são apresentados na descrição de cada descritor. A apresentação do modelo de avaliação segue com a estruturação da avaliação ambiental e a estruturação da avaliação técnica.

5.4 ESTRUTURAÇÃO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

A estruturação da avaliação ambiental considerou a abordagem de pressão-estado-resposta, que considera que atividades humanas causam pressão sobre o meio ambiente. Com a metodologia de avaliação do ciclo de vida, dividiu-se o ciclo de vida dos resíduos em etapas para a avaliação ambiental de cada uma. Para isto se empregou o estudo de inventário, avaliando os consumos e emissões, para cada etapa do ciclo de vida dos resíduos. No estudo, consideraram-se como indicadores os fluxos de entradas das etapas, ou seja, os consumos de materiais, água e energia. Considerou-se também os fluxos de saídas (as emissões gasosas, líquidas, sólidas e sonoras) de cada etapa do ciclo de vida (Figura 21)

5.4.1 Construção dos descritores de avaliação ambiental

Devido à complexidade de se avaliar acuradamente os impactos ambientais causados pelos fluxos de materiais e emissões, a avaliação ambiental considera as diretrizes apresentadas pela PNRS. Algumas destas são também utilizadas pela regulação da União Européia, e propõe ações sobre os fluxos de resíduos e materiais de forma hierárquica, como segue:

1) redução da produção de resíduos (redução dos fluxos de materiais consumidos e transformados em resíduos);
2) reutilização ou reciclagem dos materiais em fluxo;
3) recuperação de energia; e
4) disposição final dos resíduos

Também a PNRS indica que se deve estimular a não-geração, redução, reutilização, destinação final adequada dos rejeitos E o desenvolvimento de processos que busquem a alteração dos padrões de produção e consumo sustentável de produtos e serviços. Além da adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias ambientalmente saudáveis como forma de minimizar impactos ambientais; incentivo ao uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados.

Os indicadores ambientais de consumo considerados neste estudo são:

- **Consumo de materiais**: considera o emprego e/ou quantidade de materiais consumidos;
- **Consumo de energia**: considera o uso e/ou quantidade de energia consumida e a existência e/ou quantidade de energia gerada no sistema;

Os indicadores ambientais de emissões considerados neste estudo são os citados a seguir:

- **Emissões Gasosas**: considera a existência e/ou volume de emissões atmosféricas geradas;
- **Emissões líquidas e sólidas**: considera a existência e/ou volume de emissões líquidas e sólidas geradas;
- **Emissões sonoras**: considera a existência e/ou volume de emissões sonoras geradas.

A água é um recurso natural essencial à vida, pode ser consumida e utilizada para a remoção de resíduos e limpeza de locais. Os resíduos úmidos são os que mais necessitam do uso de água para limpeza. A avaliação do consumo de água é realizada juntamente com os descritores de abrigo apresentados nos indicadores de emissões sólidas e líquidas.

Os indicadores ambientais são apresentados na Figura 32.

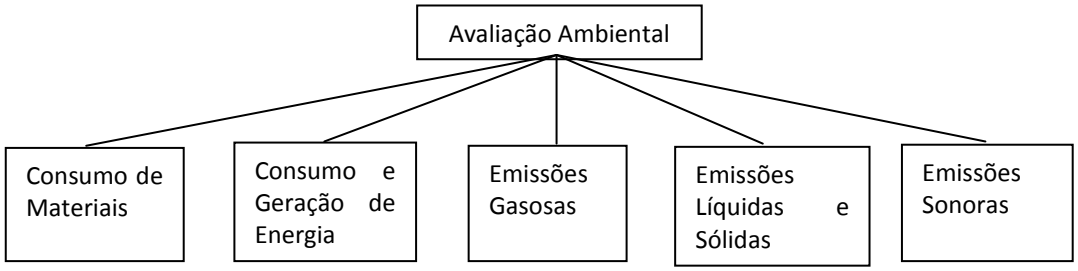


Figura 32: Indicadores ambientais.
Fonte: Autor

Uma matriz com os aspectos ambientais relacionados com cada etapa do ciclo de vida da GIRSU foi criada, e é apresentada no quadro 6. Em cada célula o primeiro númeral refere-se à coluna desta célula e o segundo numeral refere-se à linha desta célula. Ou seja, a célula 3,4 refere-se à coluna 3 e linha 4, (emissões líquidas e sólidas na etapa de coleta e transportes).

Quadro 5: Relação de indicadores de avaliação ambiental e etapas do ciclo de vida.

Indicadores \ Etapa		1 Geração	2 Acondicionamento	3 Coleta e Transportes	4 Tratamentos	5 Destinação Final
Consumos	Materiais		2,1	3,1	4,1	5,1
	Energia		2,2	3,2	4,2	5,2
Emissões	Gasosas	1,3	2,3	3,3	4,3	5,3
	Líquidas e Sólidas	1,4	2,4	3,4	4,4	5,4
	Sonoras		2,5	3,5	4,5	5,5

Fonte: Adaptado de GRAEDEL (1998)

A avaliação ambiental abrange os processos de manejo dos resíduos sólidos empregados. A análise dos veículos e equipamentos foi motivada, pois estes podem consumir materiais, água e energia, bem como emitir gases, líquidos, sólidos e ruídos. Para o estudo as características de consumo e emissões dependem de:

- **Análise ambiental de processos:** consumo de materiais, água e energia e emissões gasosas, líquidas, sólidas e sonoras, em relação às características operacionais dos processos;

- **Análise ambiental de equipamentos no uso:** consumo de materiais, água e energia e emissões gasosas, líquidas, sólidas e sonoras, em relação às características:

- originais dos equipamentos e veículos para a execução de suas funções;

- de manutenção destes equipamentos, para que melhorem ou mantenham suas característicasreduzindo os impactos ambientais;

- às características de operação destes equipamentos.

5.4.2 Descritores da avaliação ambiental

A seguir são apresentados os descritores para os indicadores de consumo de materiais, água e energia, de acordo com a etapa do ciclo de vida. Para cada descritor apresenta-se uma explicação do que deve ser avaliado, e como deve ser feito.

5.4.2.1 Consumo de materiais

Os descritores referentes ao indicador de consumo de materiais estão relacionados na Figura 33 e uma descrição destes é apresentada a seguir.

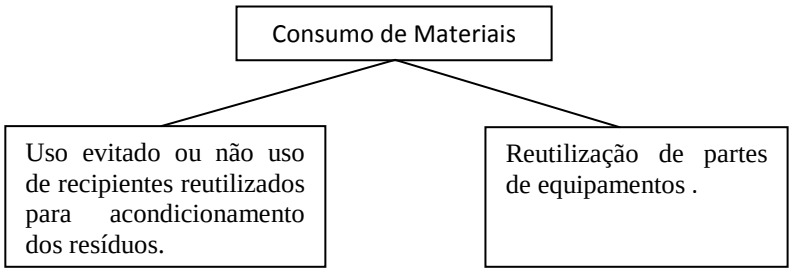


Figura 33: Descritores do indicador de consumo de materiais.
Fonte: Autor

a. Uso evitado ou não uso de recipientes reutilizados para acondicionamento dos resíduos.

O uso de recipientes descartáveis com a função de acondicionar os resíduos aumenta o consumo de materiais e emissões decorrentes dos fluxos produtivos, bem como eleva a quantidade de resíduos gerados atendido pela GIRSU. Os recipientes descartáveis também afetam os processos de tratamento dos resíduos, já que estes comumente acondicionam os

resíduos de materiais diversos do material do recipiente. Desta forma, aumentando o grau de dificuldade dos processos de triagem para tratamento.

Este descritor abrange a utilização de recipientes descartáveis para acondicionar dos resíduos pelos geradores, além do uso de recipientes descartáveis especificamente para a coleta (sacos e sacolas de supermercado e de lixo, dentre outros recipientes descartáveis). Também o emprego de recipientes descartáveis especificamente para a coleta, para os processos de tratamentos e para a destinação final ao invés de utilização de recipientes reutilizáveis. O uso destes pode ser avaliado de acordo com a porcentagem de contêineres retornáveis utilizados em cada etapa, por exemplo. Seguindo o esquema proposto na Figura 29, a resposta deste descritor para cada etapa do ciclo de vida deve basear-se na escala ordinal apresentada, ou seja: caso de 66% a 34% dos geradores usarem apenas recipientes retornáveis para armazenar os resíduos em casa ou os acondicionam para coleta em recipientes retornáveis, a resposta deve ser N3c.

Caso haja ações em planejamento ou implantação, que aumentem a quantidade de geradores que utilizam recipientes retornáveis para armazenar ou acondicionar os resíduos, deve-se nivelar o descritor no nível N3b ou N3a. O mesmo ocorre para este descritor na etapa de Coleta ou Tratamentos, avaliando a porcentagem do uso apenas de recipientes retornáveis para as funções de coleta e tratamentos.

Quadro 6: Orientação para definição do descritor ” Uso evitado ou não uso de recipientes reutilizados para acondicionamento dos resíduos.”

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Uso evitado de recipientes ou uso de recipientes retornáveis para acondicionamento dos resíduos.	2 Acondicionamento	Porcentagem do não uso de recipientes ou reuso continuo destes nos pontos de acondicionamento de resíduos.	100% . . . 50% a 59% . . . . . 0% a 9% Sem dados	10 . . . 5,0 . . . . . 0 0
	3 Coleta	Porcentagem do não uso de recipientes ou reuso continuo destes nos veículos e sistemas de coleta e transferência de resíduos.		
	4 Tratamentos	Porcentagem do não uso de recipientes ou reuso continuo destes nos processos de tratamentos.		

b. Reutilização de partes de equipamentos.

Para o manejo dos resíduos sólidos empregam-se equipamentos e veículos. Estes são compostos por partes que apresentam diferentes desgastes. A substituição de todas as partes de equipamentos quando somente parte destes necessita de substituição aumenta o consumo de materiais. Este descritor é utilizado nas etapas (2) Acondicionamento, (3) Coleta, (4) Tratamentos e (5) Destinação Final. Deste modo, nos serviços de varrição e capina, é valorizada apenas a parte que necessita substituição, como exemplo, no caso de desgaste das cerdas de vassouras utilizadas, mantendo o uso do mesmo cabo. Para as demais etapas, cita-se como exemplo a substituição apenas de motores dos veículos, ao invés da substituição integral. A reutilização de caçambas ainda utilizáveis, ao invés da substituição integral dos veículos e equipamentos.

Quadro 7: Orientação para definição do descritor "Reutilização de partes de equipamentos"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Reutilização de partes de equipamentos.	2 Acondicionamento	Porcentagem de reuso de partes de equipamentos ainda úteis na manutenção destes.	100% . . . 50% a 59% . . . . 0% a 9% Sem dados	10 . . . 5,0 . . . . 0 0
	3 Coleta			
	4 Tratamentos			
	4 Destinação Final			

5.4.2.2 Consumo e geração de energia

Os descritores referentes ao indicador de consumo de materiais estão relacionados na figura 34 e uma descrição destes é apresentada a seguir.

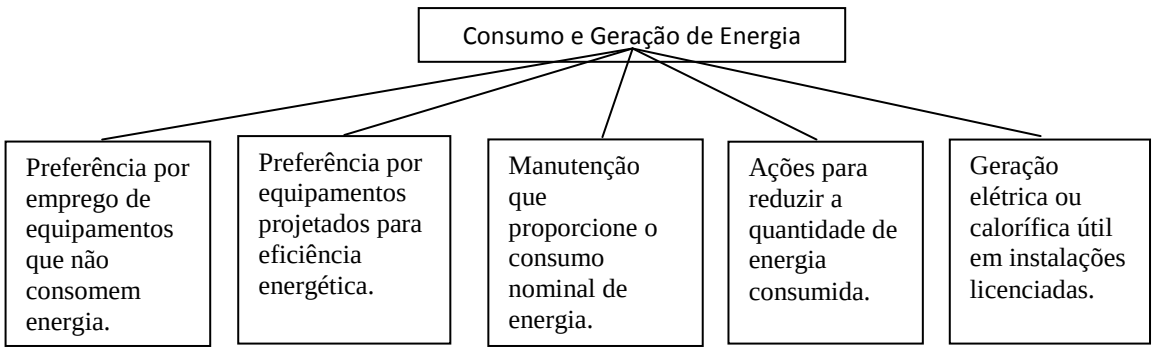


Figura 34: Descritores do indicador de consumo e geração de energia.
Fonte: Autor

a. Preferência por emprego de equipamentos que não consomem energia

Existem impacto ambiental no emprego de equipamentos que consomem energia, seja energia elétrica da rede de distribuição, seja proveniente de combustíveis. O emprego de equipamentos que consomem energia é avaliado. Descritores de escolha dos equipamentos por parte da GIRSU em relação a características do projeto de consumo de energia projetados pelos fabricantes. Além das características de manutenção e uso dos equipamentos visando baixo consumo de energia também são valorizados. Este é avaliado nas etapas 3, 4 e 5 do ciclo de vida. Avalia-se o uso de equipamentos consumidores de energia, como caminhões, vassouras motorizadas, esteiras, tratores, dentre outros.

Quadro 8: Orientação para definição do descritor Preferência por emprego de equipamentos que não consomem energia"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Preferência por equipamentos que não consomem energia.	3 Coleta 4 Tratamentos 5 Destinação Final	Emprego de equipamentos que não consomem energia.	N1- Somente equipamentos que não consomem energia N2a - Pouco uso de equipamentos que consomem energia e implantando redução N2b- Pouco uso e planejando redução N2c- Pouco uso apenas N3a – Uso intensivo de equipamentos que consomem energia, mas implantando redução N3b- Uso intensivo, mas planejando redução N3c- Uso intensivo apenas N4- Sem informações	10 6 5,5 5 1 0,5 0 0

b. Preferência por equipamentos projetados para eficiência energética.

A eficiência energética de equipamentos e veículos deve ser considerada na aquisição de equipamentos e veículos, promovendo redução de consumo de energia e dos impactos ambientais relacionados. Como exemplo cita-se o selo de eficiência energética PROCEL, disponível em muitos equipamentos elétricos e fator de decisão pelos consumidores. Este descritor avalia se a GIRSU considera a eficiência energética nominal dos equipamentos que adquire. A avaliação deste descritor considera a preferência por aquisição de equipamentos projetados para baixo consumo energético em relação aos seus concorrentes. Pode ser realizado pela verificação do selo PROCEL, e/ou se existem informações ou até mesmo propaganda sobre o reduzido consumo de equipamentos elétricos e de combustão interna. O objetivo é que os gestores se preocupem com este aspecto na compra dos equipamentos.

Quadro 9: Orientação para definição do descritor "Preferência por equipamentos projetados para eficiência energética".

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Preferência por equipamentos projetados para eficiência energética.	3 Coleta 4 Tratamentos 5 Destinação Final	Emprego de equipamentos e veículos projetados para eficiência energética.	N1- Sempre / Não se aplica N2a - Regularmente, mas ampliando estas medidas N2b- Regularmente, mas planejando a implantação N2c- Regularmente apenas N3a – Não realiza, mas implantando estas medidas N3b- Não realiza, mas planejando a implantação destas medidas N3c- Não realiza apenas N4- Sem informações	10 6 5,5 5 1 0,5 0 0

c. Manutenção que proporcione o consumo nominal de energia.

Um fator que pode aumentar o consumo de energia de veículos e equipamentos acima do consumo nominal é a falta de manutenção adequada. Este descritor avalia a realização de manutenção que proporcione o consumo energético nominal do equipamento.

Quadro 10: Orientação para definição do descritor "Manutenção que proporcione o consumo nominal de energia.

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Manutenção que propicie consumo nominal de energia.	3 Coleta 4 Tratamentos 5 Destinação Final	Manutenção realizada com o objetivo de propiciar o consumo energético nominal dos veículos e equipamentos que consomem energia.	N1- Sempre / Não se aplica N2a - Regularmente, mas ampliando estas medidas N2b- Regularmente, mas planejando a implantação N2c- Regularmente apenas N3a – Não realiza, mas implantando estas medidas N3b- Não realiza, mas planejando a implantação destas medidas N3c- Não realiza apenas N4- Sem informações	10 6 5,5 5 1 0,5 0 0

d. Ações para reduzir a quantidade de energia consumida.

Este descritor avalia se há ações empregadas para reduzir a quantidade de energia consumida para a realização dos serviços. Como ações pode-se citar a otimização de itinerários, o uso de estações de transferência, o treinamento dos operadores dos equipamentos para que a redução de consumo de combustível e energia, dentre outras.

Quadro 11: Orientação para definição do descritor "Ações para reduzir a quantidade de energia consumida"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Ações para reduzir a quantidade de energia consumida.	3 Coleta, 4 Tratamentos 5 Destinação Final	Ações realizadas com o objetivo de reduzir o consumo de energia, em relação ao total de ações identificadas para este fim.	N1- Sempre / Não se aplica N2a - Regularmente, mas ampliando estas medidas N2b- Regularmente, mas planejando a implantação N2c- Regularmente apenas N3a – Não realiza, mas implantando estas medidas N3b- Não realiza, mas planejando a implantação destas medidas N3c- Não realiza apenas N4- Sem informações	10 6 5,5 5 1 0,5 0 0

e. Geração elétrica ou calorífica útil em instalações licenciadas.

Este descritor avalia a existência de geração de energia elétrica ou calorífica na etapa de tratamento dos resíduos em instalações licenciadas para esta atividade. Ele avalia dos resíduos destinados à tratamentos, e o potencial para a geração de energia que são empregados neste processo.

Quadro 12: Orientação para definição do descritor "Geração elétrica ou calorífica útil em instalações licenciadas".

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Geração elétrica ou calorífica útil em instalações licenciadas.	4 Tratamentos 5 Destinação Final	Porcentagem do aproveitamento energético dos resíduos com este potencial.	↑ 100% . . . 50% a 59% . . . . . 0% a 9% Sem dados	10 . . . 5,0 . . . . . 0 0

5.4.2.3 Emissões gasosas

Diversos autores relacionam emissões atmosféricas principalmente com o aquecimento global devido à emissões de gases de efeito estufa (GEE), acidificação. O que pode ocasionar chuvas ácidas, formação de oxidantes fotoquímicos que afetam o ambiente e os humanos, aumento de toxicidade da atmosfera, dentre demais emissões impactantes.

Para avaliar as emissões atmosféricas emprega-se descritores que consideram a emissão de gases por decomposição dos resíduos, bem como as emissões dos equipamentos utilizados. Os descritores estão relacionados na Figura 35, e são apresentados a seguir:

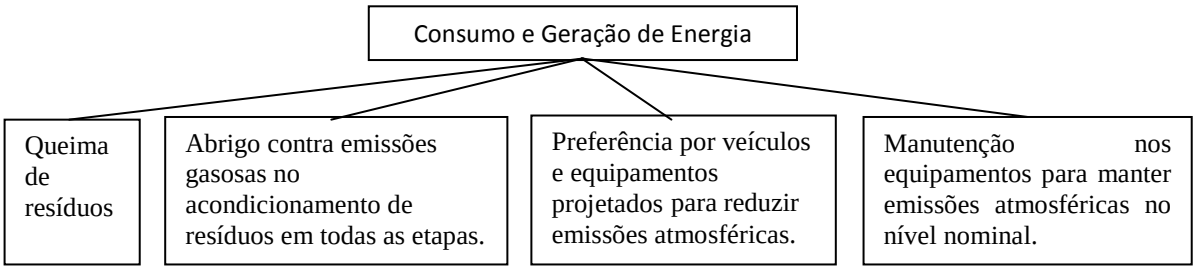


Figura 35: Descritores do indicador de emissões gasosas.
Fonte: Autor

a. Queima de resíduos sem controles

A queima de resíduos sem controles pode emitir gases nocivos ao ambiente e às pessoas, em função disso a queima de resíduos sem controle de redução de potencial poluidor dos gases emitidos é considerado neste sistema de avaliação. Este descritor avalia a ocorrência de queima resíduos. Receberá nota máxima, caso não haja queima de resíduos por parte dos geradores de resíduos, bem como por parte do sistema de GIRSU.

Quadro 13: Orientação para definição do descritor "Queima de resíduos"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Queima de resíduos pelos geradores sem controles ao invés de destinação adequada destes.	1 Geração	Ocorrência de queima de resíduos.	N1- Sempre / Não se aplica	10
			N2a – Reclamações esporádicas, mas implantando melhorias	6
			N2b- Reclamações esporádicas, mas planejando melhorias	5,5
			N2c- Reclamações esporádicas apenas	5
			N3a – Reclamações freqüentes, mas implantando melhorias	1
			N3b- Reclamações freqüentes, mas planejando melhorias	0,5
			N3c- Reclamações freqüentes apenas	0
			N4- Sem informações	0

b. Abrigo contra emissões gasosas no acondicionamento de resíduos em todas as etapas

Os resíduos podem se decompor antes mesmo das etapas de tratamento e destinação final, nas etapas de geração, disponibilização e coleta. Sua decomposição pode produzir emissões gasosas incômodas devido ao seu odor e até mesmo inflamáveis. Com a emissão, há perda de massa de resíduos que poderão ser tratados. Existem fatores que podem influenciar as emissões gasosas, como o contato com ar corrente, raios solares, além de ação de animais e pessoas ao romperem o recipiente onde o resíduo é acondicionado. Este descritor avalia a porcentagem de acondicionamento na fonte e disponibilização para coleta realizada com resíduos acondicionados. Para o acondicionamento na fonte, pode-se avaliar este descritor pela fiscalização de agentes ou pela quantidade de reclamação de vizinhos. Para a disponibilização, as guarnições podem realizar esta avaliação. Para a coleta, verifica-se as condições dos veículos e a quantidade de reclamações sobre odores emitidos no serviço de coleta. Nos tratamentos, a avaliação ocorre sobre o abrigo aos resíduos de forma a evitar perdas por emissões gasosas.

Quadro 14: Orientação para definição do descritor "Abrigo contra emissões gasosas no acondicionamento de resíduos em todas as etapas**"**

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Abrigo contra emissões gasosas no armazenamento de resíduos.	1 Geração 2 Acondicionamento 3 Coleta 4 Tratamentos 5 Destinação Final	Porcentagem de abrigo de resíduos com características contra emissões gasosas em relação ao total de locais de armazenamento destes.	↑ 100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

c. Preferência por veículos e equipamentos projetados para reduzir emissões atmosféricas.

Uma indicação de emissões atmosféricas de veículos e equipamentos, já está disponível na Europa para que os consumidores possam considerar este fator na escolha de compra de veículos. Provavelmente, logo esta avaliação estará no Brasil, nos moldes do selo de eficiência energética PROCEL. Este descritor avalia se a GIRSU dá preferência em adquirir

veículos e equipamentos projetados para reduzidas emissões atmosféricas, por uso de motores mais eficientes, emprego de catalizadores, dentre outras tecnologias. A avaliação considera a porcentagem de veículos e equipamentos adquiridos considerando-se as emissões atmosféricas nominais destes.

Quadro 15: Orientação para definição do descritor "Preferência por veículos e equipamentos projetados para reduzir emissões atmosféricas"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Preferência por veículos e equipamentos projetados para reduzidas emissões atmosféricas.	3 Coleta 4 Tratamentos 5 Destinação Final	Porcentagem de veículos e equipamentos projetados para reduzidas emissões atmosféricas.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

d. Manutenção nos equipamentos para manter emissões atmosféricas no nível nominal.

A falta de manutenção pode resultar em aumento das emissões gasosas no uso do equipamento. Uma manutenção pouco realizada é no catalizador dos veículos. Este equipamento reduz o impacto dos gases oriundos do motor. Este descritor avalia ações de manutenção que propicia emissões atmosféricas nominais dos equipamentos.

Quadro 16: Orientação para definição do descritor "Manutenção nos equipamentos para manter emissões atmosféricas no nível nominal"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Manutenção para manter emissões gasosas no nível nominal no uso dos equipamentos.	3 Coleta 4 Tratamentos 5 Destinação Final	Porcentagem de manutenção realizada com o objetivo de manter níveis nominais de emissões atmosféricas dos veículos e equipamentos.	100% /Ñ se aplica . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

5.4.2.4 Emissões líquidas e sólidas

As emissões líquidas ou efluentes e as emissões sólidas são causadoras de impactos ambientais como: desoxigenação, toxidez, aumento de temperatura, eutrofização, aumento dos sólidos, dentre outros. Para a avaliação de emissões líquidas utilizou descritores sobre o abrigo do acondicionamento dos resíduos. Estes já foram citados anteriormente, porém entende-se que o abrigo à emissões líquidas e sólidas sejam mais comuns aos geradores e nos veículos de coleta e transporte. O descritor é apresentado na Figura 36, e descrito a seguir.

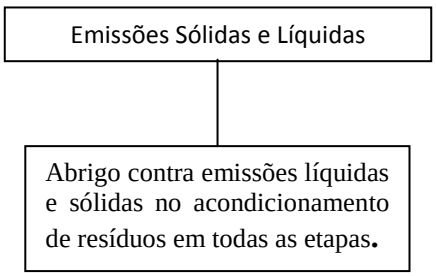


Figura 36: Descritores do indicador de emissões sólidas e líquidas.
Fonte: Autor

a. Abrigo contra emissões líquidas e sólidas no acondicionamento de resíduos em todas as etapas.

Este descritor avalia a porcentagem de acondicionamento na fonte e disponibilização para coleta realizada com resíduos de forma a evitar a emissões líquidas e sólidas e proteger os resíduos da ação da chuva, de animais e pessoas. Para o acondicionamento na fonte, pode-se avaliar este descritor pela fiscalização de agentes ou pela quantidade de reclamações de vizinhos. Para a disponibilização, as guarnições podem realizar esta avaliação. Na coleta, verifica-se as condições de abrigo em veículos que impedem a queda de líquidos e sólidos do veículo; e a quantidade de reclamações sobre derramamento de resíduos em vias públicas. Para os tratamentos, a avaliação ocorre sobre o abrigo dos resíduos de forma a evitar perdas por emissões sólidas e líquidas.

Quadro 17: Orientação para definição do descritor “Abrigo contra emissões líquidas e sólidas no acondicionamento de resíduos em todas as etapas**“**

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Abrigo contra emissões líquidas e sólidas no acondicionamento de resíduos.	1 Geração 2 Acondicionamento 3 Coleta 4 Tratamentos 5 Destinação Final	Porcentagem de abrigo de resíduos com características contra emissões sólidas e líquidas em relação ao total de locais de armazenamento destes.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

5.4.2.5 Emissões sonoras

As emissões sonoras são causadoras de impactos ambientais, gerando incômodos aos seres humanos e outras espécies. Como descritores de emissões sonoras considerou as emissões dos serviços de coleta e transporte, bem como as emissões das instalações de tratamento e disposição final dos resíduos. O descritor é apresentado na Figura 37 e descrito a seguir.

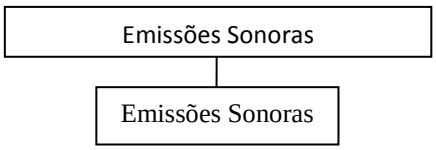


Figura 37: Descritores do indicador de emissões sonoras.
Fonte: Autor

a. Emissões sonoras

Este descritor avalia incômodos sonoros ocasionados pelos serviços de manejo dos resíduos aos cidadãos. Bem como a avaliação sobre o incômodo das instalações de Tratamento e Destinação Final em relação às emissões sonoras.

Quadro 18: Orientação para definição do descritor “Emissões sonoras reduzidas“

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Emissões sonoras reduzidas.	1 Geração	Existência de reclamações sobre poluição sonora e conformidade a leis específicas.	N1 – Bom (sem reclamações e em conformidade com leis específicas)	10
	3 Coleta		N2a | N2b | N2c – Regular (reclamações esporádicas e/ou em desconformidade com leis específicas)	6 | 5,5 | 5
	4 Tratamentos		N3a | N3b | N3c – Ruim (reclamações freqüentes e/ou em desconformidade com leis específicas)	1 | 0,5 | 0
	5 Destinação Final		N4 – Não há informações	0

5.5 A ESTRUTURAÇÃO DA AVALIAÇÃO TÉCNICA

5.5.1 Construção dos descritores de avaliação técnica

A estruturação da avaliação técnica foi elaborada seguindo as diretrizes principais que a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece para a GIRSU. As principais diretrizes desta Lei para a GIRSU são:

I - proteção da saúde pública e da qualidade do ambiente;

II - não-geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - desenvolvimento de processos que busquem a alteração dos padrões de produção e consumo sustentável de produtos e serviços;

IV - educação ambiental;

V - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias ambientalmente saudáveis como forma de minimizar impactos ambientais;

VI - incentivo ao uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

VIII - articulação entre as diferentes esferas do Poder Público, visando a cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;

IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;

X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação de serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira;

XI - preferência nas aquisições governamentais de produtos recicláveis e reciclados;

XII - transparência e participação social;

XIII - adoção de práticas e mecanismos que respeitem as diversidades locais e regionais;

XIV - integração dos catadores de materiais recicláveis nas ações que envolvam o fluxo de resíduos sólidos.

No presente trabalho muitas destas diretrizes são agrupadas em indicadores de avaliação técnica, como apresentado na figura 38.

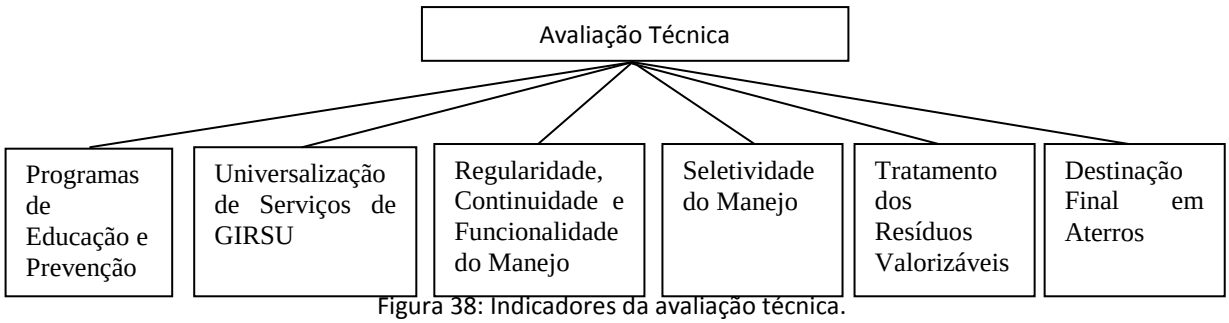


Figura 38: Indicadores da avaliação técnica.
Fonte: Autor

Uma matriz com os indicadores técnicos relacionados com cada etapa do ciclo de vida da GIRSU foi criada, e está apresentada no quadro 19.

Quadro 19: Relação de indicadores de avaliação técnica e as etapas do ciclo de vida.

Etapa do CV / **Indicadores**	Geração	Acondicionamento	Coleta e Transportes	Tratamentos	Destinação Final
Programas de Educação e Prevenção	1,1				
Universalização de Serviços de GIRSU		2,2	3,2		
Regularidade, Continuidade e Funcionalidade do Manejo		2,3	3,3		
Seletividade do Manejo		2,4	3,4	4,4	
Tratamento dos Resíduos Valorizáveis				4,5	
Destinação Final em Aterros					5,6

Fonte: Autor

5.5.2 Descritores da avaliação técnica

5.5.2.1 Programas de educação e prevenção

Os descritores de programas de educação e prevenção são os apresentados na figura 39, e são descritos a seguir.

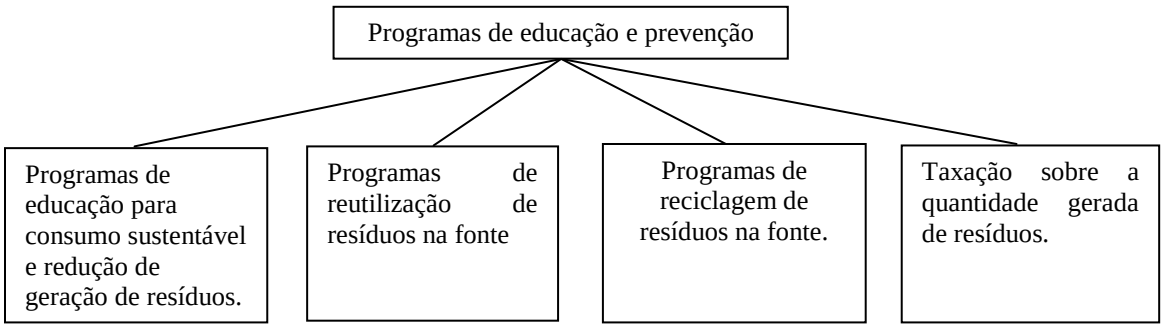


Figura 39: Descritores do indicador de programas de educação e prevenção.
Fonte: Autor.

a. Programas de educação para consumo sustentável e redução de geração de resíduos.

A importância destes programas se reflete em toda a cadeia produtiva dos produtos. O maior desafio é fortalecer medidas de minimização de geração de resíduos, especialmente para prevenção de resíduos e reciclagem. Para favorecer o gerenciamento do ciclo de vida de produtos e políticas de responsabilidade extendida dos produtores. Isto pode significar internalizar os custos do gerenciamento de resíduos nos preços dos produtos de consumo e dos serviços (OECD, 2008).

Quadro 20: Orientação para definição do descritor "Programas de educação para consumo sustentável e redução de geração de resíduos."

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Programas de educação para consumo sustentável e redução de geração de resíduos.	1 Geração	Porcentagem de pontos geradores de resíduos abrangidos por programas de educação para consumo sustentável e redução de geração de resíduos.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

b. Programas de reutilização de resíduos na fonte.

Programas de reutilização de resíduos na fonte diz respeito aos estímulos para a reutilização pelos consumidores ou por terceiros, bem como a logística reversa praticada pelos próprios produtores dos produtos, que não têm mais utilidade aos consumidores.

Quadro 21: Orientação para definição do descritor "Programas de reutilização de resíduos na fonte"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Programas de reutilização de resíduos na fonte.	1 Geração	Porcentagem de pontos geradores abrangidos por estes programas de reutilização de resíduos na fonte.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

c. Programas de reciclagem de resíduos na fonte.

Este descritor se assemelha ao anterior, porém para a reciclagem, necessita-se de alteração de propriedades dos resíduos com o emprego de processos produtivos, que podem apresentar impactos ambientais. A existência de programas de reciclagem pressupõe que o governo realize campanhas de educação aos cidadãos e aos produtores e importadores para estimular que estes reciclem os resíduos gerados. Assim sendo, os resíduos não entrariam no sistema de GIRSU. Este descritor está contido na primeira etapa do ciclo de vida.

Quadro 22: Orientação para definição do descritor "Programas de reciclagem de resíduos na fonte"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Programas de reciclagem de resíduos na fonte.	1 Geração	Porcentagem de pontos geradores abrangidos por programas de reciclagem de resíduos na fonte.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

d. Taxação sobre a quantidade gerada de resíduos.

Uma outra forma de promover a redução na quantidade de resíduos é taxar a quantidade gerada. Assim, quanto mais resíduos são gerados maior o custo para o manejo. Esta política é empregada em países europeus, dentre outros, com a taxação do serviço de coleta de resíduos realizada no valor de compra, do "saco de lixo oficial". Quanto mais resíduos o consumidor gerar, mais sacos ele deverá comprar, e maior é a taxa paga por ele para a coleta dos resíduos.

Quadro 23: Orientação para definição do descritor "Taxação sobre a quantidade gerada de resíduos"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Taxação sobre a quantidade gerada de resíduos	1 Geração	Porcentagem de pontos geradores abrangidos por taxação sobre a quantidade gerada de resíduos.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

5.5.2.2 Universalização do manejo de resíduos

A GIRSU deve cobrir toda a área do município e todas as formas de disponibilização de resíduos, seja os resíduos acondicionadosou os dispostos no solo das vias públicas. Os descritores deste indicador são apresentados na Figura 40, e são descritos a seguir.

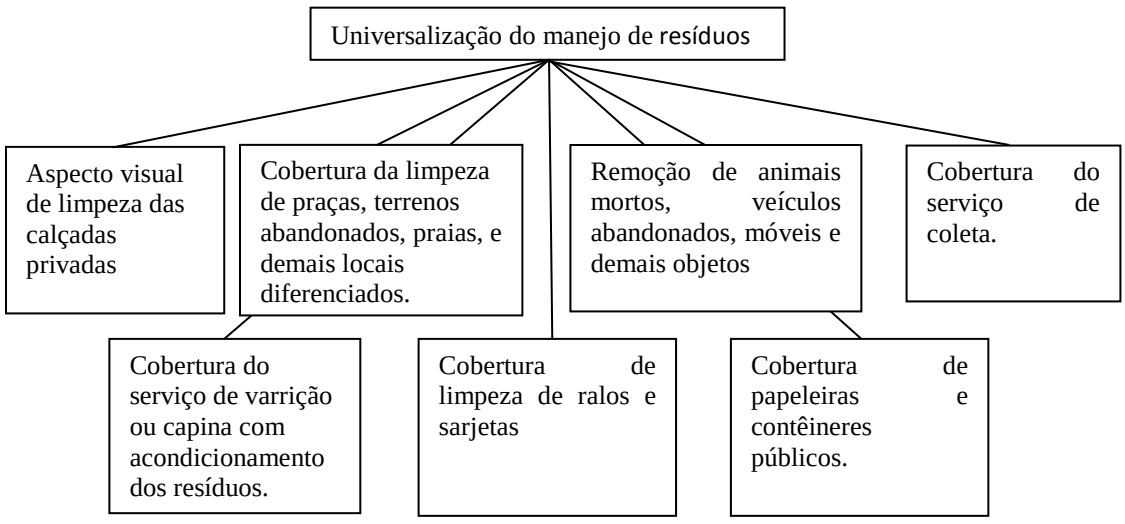


Figura 40: Descritores do indicador de Universalização do manejo dos resíduos.
Fonte: Autor

a. Aspecto visual de limpeza das calçadas privadas

As calçadas e o atendimento às legislações pertinentes são de responsabilidade do proprietário do terreno. Este descritor avalia a abrangência da limpeza das calçadas privadas em relação ao número total de calçadas (considerando uma calçada por terreno).

Quadro 24: Orientação para definição do descritor "Aspecto visual de limpeza das calçadas privadas"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Aspecto visual de limpeza das calçadas privadas	2 Acondicionamento	Porcentagem de calçadas privadas com aspecto visual limpo.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

b. Cobertura do serviço de varrição ou capina com acondicionamento dos resíduos

Segundo a PNRS, a cobertura dos serviços de varrição e capina deve ser universal nos limites territoriais da gestão. A intenção deste descritor é avaliar a abrangência deste serviço. A avaliação é realizada em porcentagem do município atendido pelo serviço. Esta avaliação está contida nas etapas Acondicionamento e Coleta.

Quadro 25: Orientação para definição do descritor "Cobertura do serviço de varrição ou capina com acondicionamento dos resíduos"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Cobertura do serviço de Varrição ou Capina com acondicionamento / coleta dos resíduos.	2 Acondicionamento 3 Coleta	Porcentagem de quadras cobertas pelo serviço de varrição ou capina.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

c. Cobertura da limpeza de praças, terrenos abandonados, praias, e demais locais diferenciados.

Estes locais podem não ser atendidos pelo serviço regular de limpeza. Além de ser responsável pela limpeza das vias públicas, a GIRSU é responsável pela limpeza de praças, terrenos abandonados, praias, dentre outros locais. Este serviço pode ser realizado de forma diferenciada do serviço regular de limpeza.

Quadro 26: Orientação para definição do descritor “Cobertura da limpeza de praças, terrenos abandonados, praias”

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Cobertura da limpeza de praças, terrenos abandonados, praias, com acondicionamento/coleta dos resíduos.	2 Acondicionamento 3 Coleta	Porcentagem de praças, terrenos abandonados e praias. abrangidos pelo serviço de limpeza e coleta de resíduos	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

d. Cobertura de limpeza de ralos e sarjetas

Ralos e sarjetas são alvo de resíduos não acondicionados adequadamente, e precisam de serviçode limpeza, para que desempenhem suas funções. A limpeza de ralos e sarjetas também é entendido como um serviço diferenciado do serviço regular de limpeza.

Quadro 27: Orientação para definição do descritor “Cobertura de limpeza de ralos e sarjetas “

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Cobertura da limpeza de ralos e sarjetas com acondicionamento/ coleta dos resíduos.	2 Acondicionamento 3 Coleta	Porcentagem de ralos e sarjetas abrangidos pelo serviço de limpeza e coleta dos resíduos.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

e. Remoção de animais mortos, veículos abandonados, móveis e demais objetos.

Animais mortos, veículos, móveis, eletrodomésticos abandonados, dentre outros necessitam de manejo. Neste se avalia a cobertura do atendimento do serviço de remoção, seja esta requerida por fiscalização do órgão ou por ocorrência requisitada pela população.

Quadro 28: Orientação para definição do descritor “Cobertura de remoção de animais mortos, veículos abandonados, móveis e demais objetos”

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Remoção de animais mortos, veículos abandonados, móveis e demais objetos.	3 Coleta e Transportes	Porcentagem de atendimento do serviço de remoção de animais mortos, veículos abandonados, móveis e demais objetos em relação ao número total de ocorrências de abandono destes objetos.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

f. Cobertura de papeleiras e contêineres públicos.

Os cidadãos de um município geram resíduos não somente em seus domicílios, mas também ao transitarem por vias públicas. É de responsabilidade da GIRSU a instalação e manutenção de papeleiras e contêineres em número suficiente para atender à demanda de acondicionamento de resíduos nas vias públicas, reduzindo a possibilidade de despejo de resíduos no solo. Este descritor avalia a presença de papeleiras e contêineres em relação ao território de responsabilidade da gestão.

Quadro 29: Orientação para definição do descritor "Cobertura de papeleiras e contêineres públicos e coleta".

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Cobertura de papeleiras e contêineres públicos / coleta dos resíduos destes.	2 Acondicionamento	Porcentagem de quadras com papeleiras e contêineres públicos.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

g. Cobertura do serviço de coleta.

O serviço de coleta de resíduos deve abranger todos os pontos de disponibilização, seja de porta em porta, seja os Locais de Entrega Voluntária (LEV).

Quadro 30: Orientação para definição do descritor "Cobertura doserviço de coleta"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Cobertura do serviço de coleta de resíduos.	3 Coleta	Porcentagem de pontos acondicionadores atendidos pelo serviço de coleta.	100% . . 50% a 59% . . 0% a 9% Sem dados	10 . . 5,0 . . 0 0

5.5.2.3 Regularidade, continuidade e funcionalidade do manejo

A PNRS indica que o manejo de resíduos deve ser regular, continuo e funcional. Estes são importantes da GIRSU, pois estão diretamente relacionados com a qualidade dos serviços prestados. Os descritores deste indicador avaliam o aspecto visual dos logradouros após o serviço, frequência de realização do serviço, os horários que estes são desempenhados (Figura 40).

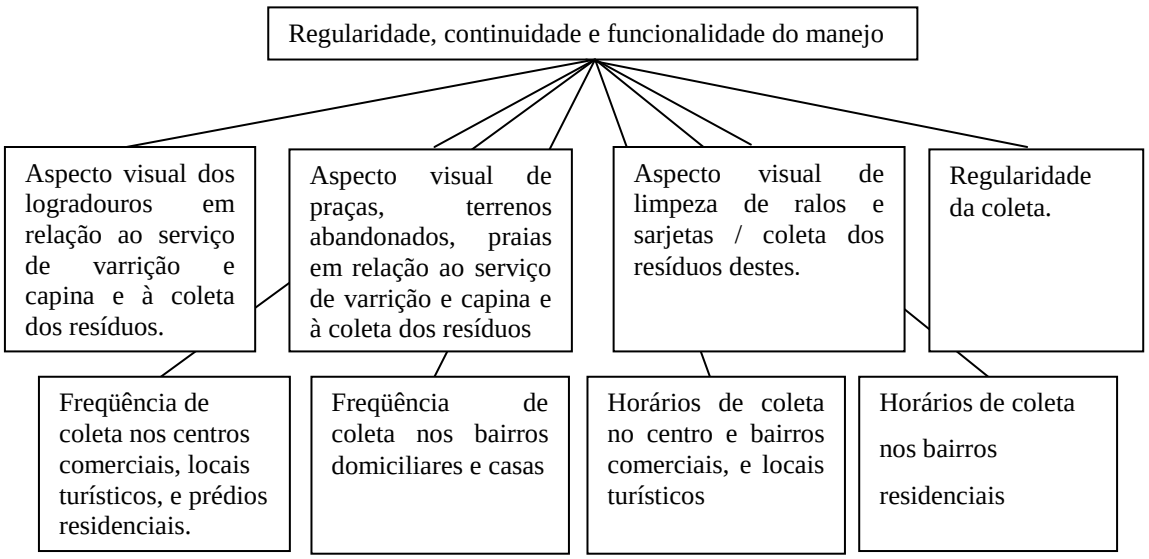


Figura 41: Descritores de regularidade, continuidade e funcionalidade do manejo.
Fonte: Autor

a. Aspecto visual dos logradouros em relação ao serviço de varrição e capina e à coleta dos resíduos.

A avaliação deste considera a inspeção dos logradouros e passeios de responsabilidade do GIRSU ou a existência de reclamações. Dantas (2008), mostra que em municípios pequenos, esta avaliação pode ser feita mais rapidamente. Já em municípios maiores, a avaliação pode ser realizada em cada bairro, região central, aplicando-se, então a média aritmética.

Quadro 31: Orientação para definição do descritor “Aspecto visual dos logradouros em relação ao serviço de varrição e capina e à coleta dos resíduos”

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Aspecto visual dos logradouros em relação ao serviço de varrição e capina / coleta dos resíduos.	2 Acondicionamento 3 Coleta e Transportes	Aspecto visual dos logradouros em relação ao serviço de limpeza e coleta.	N1 – Bom (sem reclamações) N2a | N2b | N2c – Regular (reclamações esporádicas) N3a | N3b | N3c – Ruim (reclamações freqüentes) N4 – Não há informações	10 6 | 5,5 | 5 1 | 0,5 | 0 0

b. Aspecto visual de praças, terrenos abandonados, praias, etc. em relação ao serviço de varrição e capina e à coleta dos resíduos.

Este item é semelhante ao anterior, porém a avaliação agora aplica-se sobre outras áreas que não os logradouros da cidade, como terrenos abandonados, praças, praias, e outros..

Quadro 32: Orientação para definição do descritor “Aspecto visual de praças, terrenos abandonados, praias, etc. em relação ao serviço de varrição e capina e à coleta dos resíduos”

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Aspecto visual de praças, terrenos abandonados, praias, etc. em relação ao serviço de varrição e capina / coleta dos resíduos.	2 Acondicionamento 3 Coleta e Transportes	Aspecto visual das praças, terrenos, praias, etc. em relação ao serviço de limpeza e coleta.	N1 – Bom (sem reclamações) N2a | N2b | N2c – Regular (reclamações esporádicas) N3a | N3b | N3c – Ruim (reclamações freqüentes) N4 – Não há informações	10 6 | 5,5 | 5 1 | 0,5 | 0 0

c. Aspecto visual de limpeza de ralos e sarjetas / coleta dos resíduos destes.

Da mesma forma que os dois itens anteriores, avalia-se aqui a existência ou não de reclamações sobre os aspecto visual, especificamente de ralos e sarjetas. Este descritor está contido na etapa de Acondicionamento de resíduos.

Quadro 33: Orientação para definição do descritor “Aspectos de limpeza de ralos e sarjetas / coleta dos resíduos destes”.

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Resultado da limpeza de ralos e sarjetas / coleta dos resíduos.	2 Acondicionamento	Aspecto visual das praças, terrenos abandonados, praias, etc; em relação ao serviço de limpeza e coleta.	N1 – Bom (sem reclamações e em conformidade com leis específicas) N2a | N2b | N2c – Regular (reclamações esporádicas e/ou em desconformidade com leis específicas) N3a | N3b | N3c – Ruim (reclamações freqüentes e/ou em desconformidade com leis específicas) N4 – Não há informações	10 6 | 5,5 | 5 1 | 0,5 | 0 0
	3 Coleta e Transportes			

d. Regularidade da coleta.

A coleta deve ser realizada regularmente nos mesmos dias e horários em cada domicílio para que os moradores disponibilizem os resíduos próximo ao horário de coleta. Isto evita a degradação dos resíduos em vias públicas, a possibilidade de animais mexerem nos resíduos, bem como para manter as vias públicas limpas.

Quadro 34: Orientação para definição do descritor “Regularidade da coleta”

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Regularidade da coleta domiciliar.	3 Coleta e Transportes	Regularidade de dias e horários para a coleta dos resíduos.	N1 - Atendimento sempre nos mesmos dias e horários. N2 – Atendimento em dias e horários diversos.	10 0

e. Freqüência de coleta nos centros comerciais, locais turísticos, e prédios residenciais.

A coleta deve ser realizada com frequência para evitar o acúmulo e degradação nos pontos de geração de resíduos. Devido a características de quantidade de geração, pouco espaço para armazenamento e visitação turística, a frequência de coleta nos centros comerciais, locais turísticos e prédios residenciais deve ser diária.

Quadro 35: Orientação para definição do descritor "Freqüência de coleta nos centros comerciais, locais turísticos, e prédios residenciais."

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Freqüência de coleta nos centros comerciais, locais turísticos, favelas, prédios residenciais.	3 Coleta e transportes	Freqüência semanal de coleta de resíduos nos centros comerciais, locais turísticos, favelas, prédios residenciais.	N1 – diária; N2 – a cada 2 dias; N3 – a cada 3 dias; N4 – mais de 3 dias.	10 6 3 0

f. **Freqüência de coleta nos bairros domiciliares e casas.**

Devido às características de menor geração de resíduos, maior local para armazenamento, a frequência de coleta pode ser menor do que a anteriormente citada. Porém, para locais com o clima tropical e subtropical como é o caso do Brasil, reomenda-se que a frequência de coleta seja a cada 3 dias.

Quadro 36: Orientação para definição do descritor "Freqüência de coleta nos bairros domiciliares e casas".

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Freqüência de coleta nos bairros domiciliares de casas.	3 Coleta e transportes	Freqüência semanal de coleta de resíduos nos bairros domiciliares de casas.	N1 –Todos os dias; N2 – a cada 2 dias; N3 – a cada 3 dias; N4 – mais de 3 dias.	10 6 3 0

g. **Horários de coleta no centro e bairros comerciais, e locais turísticos**

Devido à movimentação intensa de pedestres nos centros e bairros comerciais, e locais turísticos, deve-se priorizar a coleta noturna nestes locais. Este descritor avalia os horários de coleta nestes locais.

Quadro 37: Orientação para definição do descritor "Horários de coleta no centro e bairros comerciais, e locais turísticos"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Horários de coleta no centro e bairros comerciais, e locais turísticos.	3 Coleta e transportes	Horário de coleta diurno ou noturno no centro e bairros comerciais, e locais turísticos.	N1 – Noturno N2 – Diurno	10 0

h. Horários de coleta nos bairros residenciais

Devido a maior ausência dos moradores em seus domicílios durante o período diurno, para não incomodar os moradores com os ruídos e movimentação dos serviços de coleta, valoriza-se a coleta diurna nestes locais. Pode-se utilizar quantidade menor de veículos de coleta representando economia financeira e de recursos naturais.

Quadro 38: Orientação para definição do descritor "Horários de coleta no centro e bairros residenciais"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Horários de coleta nos bairros residenciais.	3 Coleta e transportes	Horário de coleta diurno ou noturno nos bairros residenciais.	N1 – Diurno N2 – Noturno	10 0

5.5.2.4 Seletividade de manejo dos resíduos

Este indicador avalia a seletividade de manejo dos resíduos nas etapas de acondicionamento, coleta e transportes, e tratamentos do ciclo de vida dos resíduos. O manejo seletivo dos resíduos é importante, pois potencializa a possibilidade de reutilização, reciclagem destes através de processos de tratamento. O descritor avalia para cada grau de seletividade, a porcentagem de pontos acondicionadores com tal seletividade. Na etapa de coleta e transportes, é avaliada a porcentagem de pontos atendidos com coleta seletiva. E na etapa de tratamentos é avaliada a porcentagem de resíduos obtidos nos tratamentos nos dados graus de seletividade. A NBR 275/01 indica que os resíduos devem ser acondicionados e coletados em 8 seleções, -Papéis/Papelão, Plásticos, Vidros, Metais, Madeira, Orgânicos, Não recicláveis, Misturado (contaminados não separáveis) e Perigosos. A seletividade do manejo é dividido em seletividade dos resíduos comuns e seletividade dos resíduos perigosos (Figura 42).

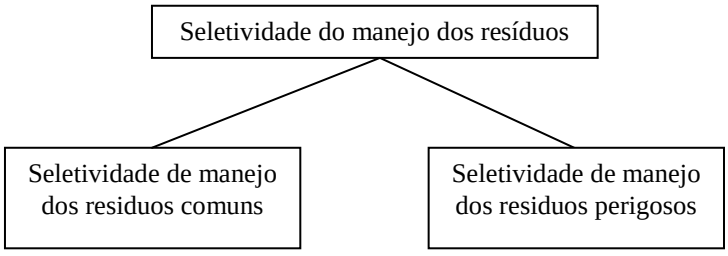


Figura 42: Seletividade do manejo dos resíduos.
Fonte: Autor

Estes descritores de seletividade de manejo avaliam a abrangência ou inexistência da acondicionamento de acordo com o grau de seletividade dos resíduos em cada etapa do ciclo de vida. Para a etapa de Acondicionamento,a seletividade é avaliada em relação à abrangência de todos os pontos geradores que acondicionam os resíduos em determinada seleção. Esta informação pode ser adquirida em campanhas de educação ambiental com visita de agentes que avaliariam o acondicionamento dos resíduos no local de geração para disponibilização para coleta. A abrangência de seletividade de disponibilização de resíduos. pode ser avaliada pelas guarnições de coleta de resíduos, ou pela abrangência de Locais de Entrega Voluntária (LEV) e contêineres para disponibilização seletiva de resíduos. Na etapa de Coleta, a seletividade é avaliada em relaçãoao serviço de coleta. Seja por coletas seletivas realizadas numa mesma operação, seja por coleta seletiva realizada em determinados dias e horários específicos. Na etapa de Tratamentos se avalia a seletividade rresultante dos tratamentos de resíduos. A seletividade na destinação final não é avaliada, já que os aterros acondicionam todos os tipos de resíduos. Os descritores de seletividade de resíduos são:

a. Seletividade e manejo de resíduos comuns

Resíduos comuns são todos os resíduos exceto os resíduos especiais como: pilhas e baterias, lâmpadas contendo mercúrio, pneumáticos, eletrônicos, embalagens de produtos tóxicos. A avaliação deste descritor é realizada observando-se qual a porcentagem de manejo na seletividade correspondente. A Figura 43 apresenta os descritores deste item e há uma descrição destes a seguir.

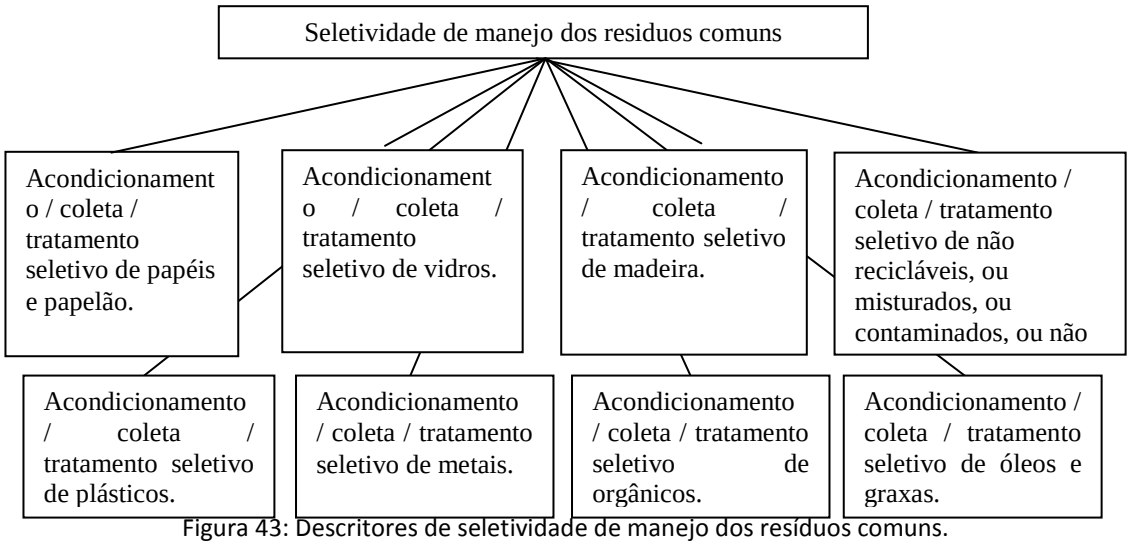


Figura 43: Descritores de seletividade de manejo dos resíduos comuns.
Fonte: Autor

Quadro 39: Orientação para definição do descritor “Seletividade e manejo de resíduos comuns”

Etapa do CV	Descritor	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
2.Acondicionamento, 3. Coleta, 4. Tratamentos	Acondicionamento / coleta / tratamento seletivo de papéis e papelão.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de papéis e papelão.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento seletivo de plásticos.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Plásticos.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento seletivo de vidros.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Vidros.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento seletivo de metais.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Metais.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento seletivo de madeira.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Madeira.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento seletivo de orgânicos.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Orgânicos.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento seletivo de não recicláveis, ou misturados,ou contaminados,ou não possível de separação.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de materiais não recicláveis, ou misturados, ou contaminados, ou não possível de separação.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento seletivo de óleos e graxas.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de óleos e graxas.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0

b. Seletividade de manejo de resíduos perigosos

Estes descritores avaliam o manejo seletivo de cada um dos resíduos especiais, como pilhas e baterias, produtos eletrônicos, lâmpadas contendo mercúrio, pneumáticos, embalagens de produtos tóxicos, (Figura 44).

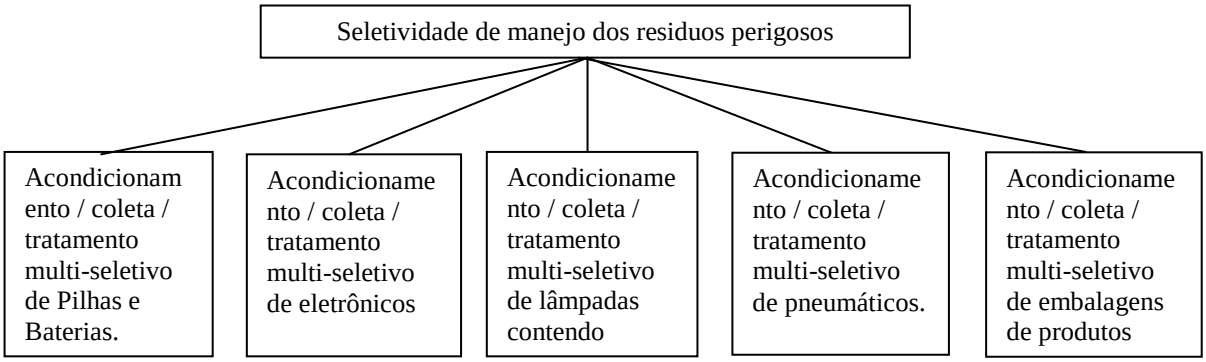


Figura 44: escritores de seletividade de manejo dos resíduos perigosos.
Fonte: Autor

Quadro 40: Orientação para definição do descritor "Seletividade de manejo de resíduos perigosos"

Etapa do CV	Descritor	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
2.Acondicionamento, 3. Coleta, 4. Tratamentos	Acondicionamento / coleta / tratamento multi-seletivo de Pilhas e Baterias.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Pilhas e Baterias.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento multi-seletivo de eletrônicos.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Aparelhos Eletrônicos.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento multi-seletivo de lâmpadas contendo mercúrio.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Lâmpadas contendo mercúrio.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento multi-seletivo de pneumáticos.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Pneumáticos.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0
	Acondicionamento / coleta / tratamento multi-seletivo de embalagens de produtos tóxicos.	Porcentagem de acondicionamento, coleta, tratamento seletivo de Embalagens de produtos tóxicos.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0

5.5.2.5 Tratamentos dos resíduos

O tratamento de resíduos sólidos compreende principalmente a triagem de resíduos não-orgânicos para sua reutilização, reciclageme o aproveitamento energético de materiais não recuperáveis. Estes podem ser realizados por órgãos públicos, bem como por associações de catadores. Os descritores deste indicador estão contidos na quarta etapa, “Tratamentos” e são apresentados na Figura 45.

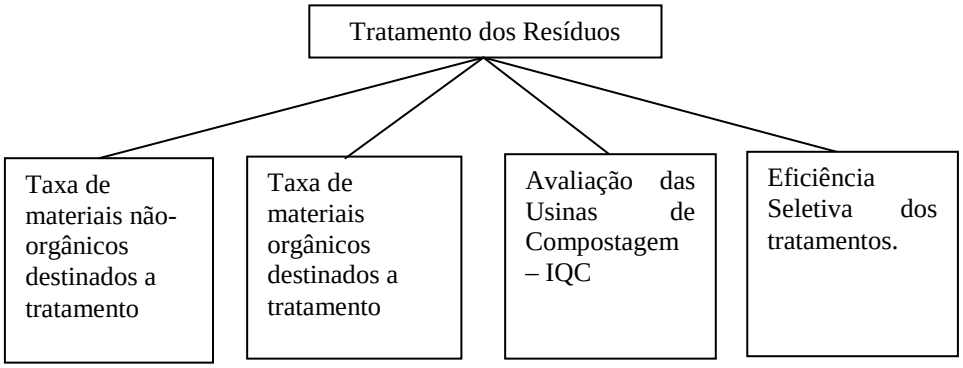


Figura 45: Descritores de tratamento dos resíduos.
Fonte: Autor

a. Taxa de materiais não-orgânicos destinados a tratamento.

Diz respeito à porcentagem dos materiais não orgânicos:papéis, plásticos, metais, dentre outros. Coletados na etapa anterior que foram destinados a processos de tratamento de triagem para reutilização ou reciclagem.

Quadro 41: Orientação para definição do descritor “Taxa de materiais não-orgânicos destinados a tratamento”

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Taxa de materiais não orgânicos destinados a tratamento.	4 Tratamentos	Porcentagem de materiais não orgânicos coletados destinados a tratamento.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0

b. Taxa de materiais orgânicos destinados a tratamento.

Diz respeito à porcentagem dos materiais não orgânicos coletados na etapa anterior. Esta porcentagem indica o quanto é destinado ao tratamentos biológicos.

Quadro 42: Orientação para definição do descritor “Taxa de materiais orgânicos destinados a tratamento”.

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Taxa de materiais orgânicos destinados a tratamento.	4 Tratamentos	Porcentagem de materiais orgânicos coletados destinados a tratamento.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0

c. Avaliação das Usinas de Compostagem – IQC

A compostagem é um processo complexo que envolve microorganismos e deve respeitar parâmetros operacionais e ambientais definidos em legislação. A Companhia Ambientaldo Estadode São Paulo (CETESB) desenvolveu um modelo de avaliação de usinas de compostagem: o Índice de Qualidade das Usinas de Compostagem (IQC). Este índiceengloba 40 indicadores divididos em 3 áreas: característica local, infra-estrutura implantada e condições operacionais. Esta avaliação está contida no Apêndice 3. O resultado do modelo pode ser:

Quadro 43: Orientação para definição do descritor “Avaliação das Usinas de Compostagem – IQC“

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem - IQC	4 Tratamentos	Conforme Índice de Qualidade de Compostagem – IQC no Apêndice 3.	N1 – condições adequadas N2 – condições parcialmente adequadas N3 – condições inadequadas N4 – Não há compostagem	10 – 8,1 8,0 – 6,1 6,0 – 0 0

d. Eficiência seletiva dos tratamentos

A eficiência dos processos de tratamento está ligada aos processos de tratamento e seletividade do manejo dos resíduos de acordo com os requisitos solicitados pelo destino deste (comprador, associação, etc..) e não inferior aos requisitos de regulamentos competentes.. Este descritor avalia a eficiência dos processos da recuperação dos resíduos destinados ao tratamento em relação a cada seletividade apresentados no indicador de seletividade de manejo dos resíduos.

Quadro 44: Orientação para definição do descritor "Eficiência seletiva dos tratamentos"

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Eficiência seletiva dos tratamentos	4 Tratamentos	Porcentagem da seleção tratada de acordo com os requisitos solicitados pelo destino deste (comprador, associação, etc..) e não inferior aos requisitos de regulamentos competentes.	↑ 100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0

5.5.2.6 Destinação Final dos Resíduos

Segundo a PNRS, a destinação mais adequada aos rejeitos - resíduos sem possibilidades técnicas ou econômicas devalorização - é o aterro sanitário. Outras formas de dispor os rejeitos são ilegais, como:vazadouros a céu aberto, acúmulo em áreas alagadas ou alagáveis. Os decritores para este quesito são apresentados na Figura 46 e estão descritos a seguir.

Figura 46: Descritores da destinação finaldos resíduos.
Fonte: Autor

a. Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos

Avalia a porcentagem de resíduos coletados destinados a aterros sanitários,

Quadro 45: Orientação para definição do descritor “Destinação Final dos Resíduosem Aterros Sanitários”.

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Destinação final em Aterros Sanitários	5 Destinação Final	Porcentagem dos resíduos encaminhados para Aterros Sanitários em relação ao total de resíduos encaminhados à destinação final.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0

b. Avaliação dos aterros de resíduos sólidos urbanos

A CETESB também desenvolveu um modelo de avaliação de aterros, classificando suas condições de local, infraestrutura e operação. Aplicação semelhante é a apresentada por Pereira, 2005. Esta avaliação está no Apêndice 4.

Quadro 46: Orientação para definição do descritor “Avaliação de local, infraestrutura e operação”.

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Avaliação dos aterros de resíduos sólidos urbanos	5 Destinação Final	Conforme Índice de Qualidade de Compostagem – IQA no Apêndice 4.	N1 – condições adequadas N2 – condições parcialmente adequadas N3 – condições inadequadas	10 – 8,01 8,0 – 6,01 6,0 - 0

c. Resíduos da Construção Civil destinados a Aterros Licenciados

A PNRS ressalta que os resíduos da construção civil (RCC) são de responsabilidade dos geradores destes resíduos. A Resolução do CONAMA 307/2002 relata que os municípios devem elaborar o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Este descritor avalia a existência do plano e da correta destinação dos RCC de acordo com suas legislações pertinentes.

Quadro 47: Orientação para definição do descritor “Resíduos da Construção Civil destinados a Aterros Licenciados“

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Resíduos da Construção Civil destinados a Aterros Licenciados.	5 Destinação Final	Porcentagem dos RCC encaminhados para Aterros Licenciados em relação ao total de RCC encaminhados à destinação final.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0

d. Resíduos dos Serviços de Saúde destinados a Aterros Licenciados.

Cabe aos municípios fiscalizar o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) a ser realizado pelo gerador (Resolução CONAMA 358/05). Este descritor avalia a destinação final, conforme as regulamentações pertinentes.

Quadro 48: Orientação para definição do descritor “Resíduos dos Serviços de Saúde destinados a Aterros Licenciados”

Descritor	Etapas do CV	Unidade de Medida	Escala Ordinal	Escala Cardinal
Resíduos dos Serviços de Saúde destinados a Aterros Licenciados.	5 Destinação Final	Porcentagem dos RSS encaminhados para Aterros Licenciados.	100% . 50% a 59% . 0% a 9% Sem dados	10 . 5,0 . 0 0

5.6 ESTRUTURAÇÃO MATEMÁTICA

A estrutura conceitual contempla os aspectos supracitados e seus descritores em uma estrutura hierarquica. As taxas de substituição foram estabelecidas peloautor deste trabalho juntamente com a engenheira de GIRSU da cidade de Biguaçu. Empregou-se o método de hierarquização de critérios proposta por Roberts (1979) e o software MACBETH de método de julgamento semântico par-a-par para orientar na sugestão das taxas de substituição (BANA E COSTA *et al*, 2005). Este programa apresenta uma faixa de valores para cada taxa de substituição. A

conclusão das taxas de cada aspecto foi estabelecida em conjunto com a engenheira dentro das faixas apresentadas pelo programa.

No método, a comparação deve ser realizada considerando o nível neutro e bom de cada critérioou descritor. Na Figura 47 é apresentado um exemplo de hierarquização empregando o método de Roberts, 1979. Neste é realizado a hierarquização de quatro descritores da avaliação técnica; D1, D2, D3 e D4 do aspecto “programas de educação para redução da geração de resíduos”. Neste método, a direita da diagonal que relaciona o mesmo descritor – D1;D1, D2;D2, D3;D3 e D4;D4, composta por apenas 0, se avalia em cada célula se o descritor contido na linha é mais importante do que o contido na coluna. No exemplo considerou-se que o descritor D1 é mais importante do que o D3, assim a célula D1;D3 recebere valor 1. No caso da célula D2;D3, considerou-se que odescritor D2 émenos importante que o D3,logo esta célula recebe valor 0; e a célula inversa, D3;D2 recebe valor 1. Após realizar esta correlação de importância entre os pares, soma-se os valores de cada linha. Esta soma indicou, na linha, a hierarquia decrescente de importância dos descritores como sendo D1, D3, D2 e D4.

Hierarquização dos Descritores						
	D1	**D2**	**D3**	**D4**	**Soma**	**Ordem**
D1	**0**	1	1	1	3	**1°**
D2	0	**0**	0	1	1	**3°**
D3	0	1	**0**	1	2	**2°**
D4	0	0	0	**0**	0	**4°**

Figura 47: Exemplo de hierarquização
Fonte: Adaptado de Roberts, 1979

Com a hierarquização apresentada acima, a Figura 48 apresenta um exemplo da aplicação do software MACBETH para a sugestão das taxas de substituição dos descritores hierarquizados acima e as faixas de valores sugeridos pelo programa, em vermelho no gráfico. Nesta figura o item N1 corresponde ao descritor técnico 1 “Porcentagem de pontos geradores abrangidos por programas de educação para oconsumo sustentável e redução de geração de resíduos”, correspondendo a uma taxa de substituição de aproximadamente 40%. O item N2 corresponde a “Porcentagem de pontos geradores abrangidos por programas de reutilização de resíduos na fonte”, e corresponde a taxa de substituição de 28%. O item N3 corresponde a “Porcentagem

de pontos geradores abrangidos por programas de reciclagem de resíduos na fonte", e corresponde a uma taxa de substituição de 17%. E o item N4 corresponde ao descritor "Porcentagem de pontos geradores abrangidos por taxação sobre a quantidade de resíduos gerados" correspondendo a uma taxa de substituição de 15%. A estrutura completa da avaliação ambiental está no Apêndice 2 e a estrutura completa da avaliação técnica está no Apêndice 1.

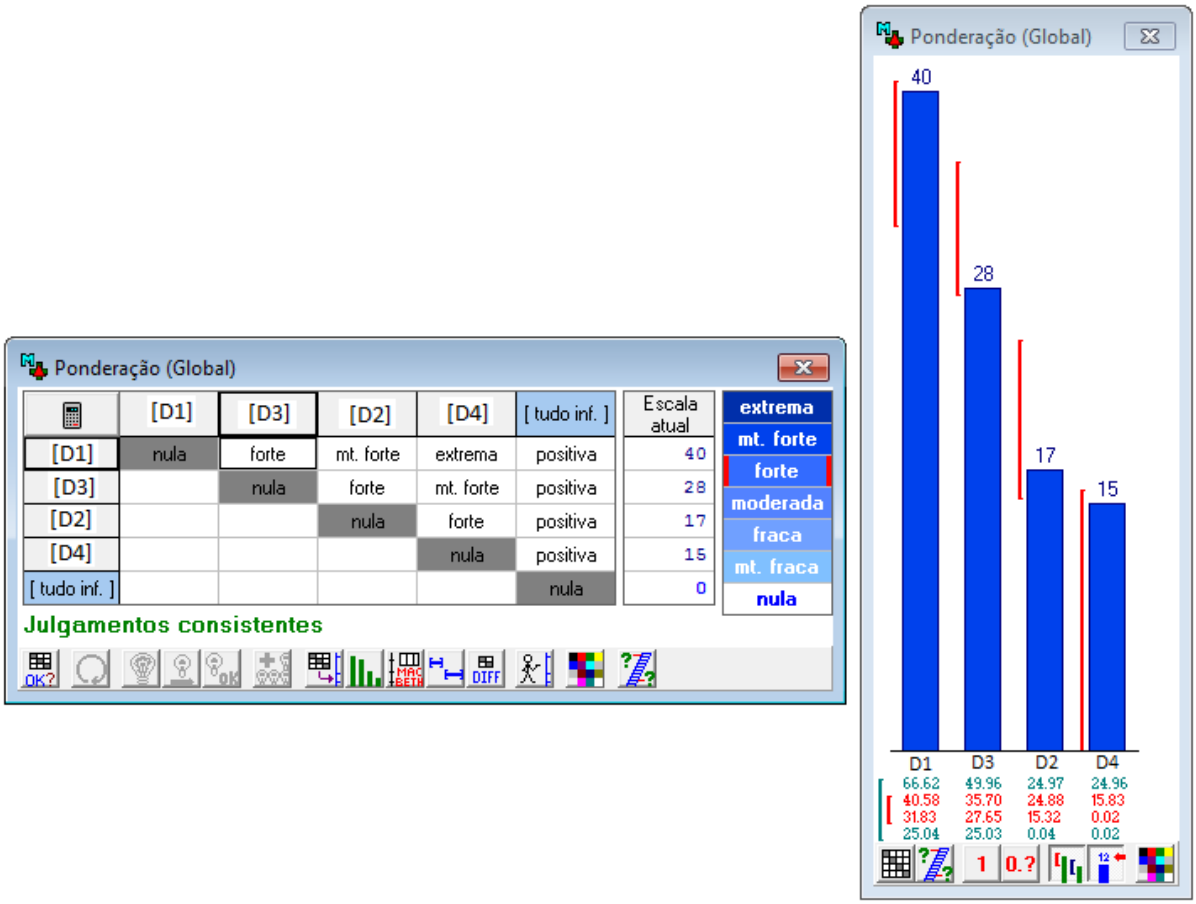


Figura 48: Faixa de ponderação sugerida pelo software MACBETH.
Fonte: Autor

Equação geral da avaliação

A equação geral obtida a partir da estruturação da avaliação técnica permite calcular o desempenho técnico da GIRSU. As funções completas do modelo estão contidas nos Anexos 2 e 3. Segue a composição da equação geral exposta a seguir:

$$V(a) = w_1 v_1[k_1 c_1(a) + k_2 c_2(a) + k_3 c_3(a) + k_3 c_3(a)] + w_2 .....$$

Onde:

$V(a) \rightarrow$ Valor Global da avaliação a.

$w_n \rightarrow$ Taxa de substituição da Etapa m.

$v_i \rightarrow$ Taxa de substituição do aspecto i.

$k_i \rightarrow$ Taxa de substituição dos aspectos e descritores 1, 2, ..., n.

$C_i(a) \rightarrow$ Escala cardinal do descritor 1, 2, ... , n.

m → Número de etapas do ciclo de vida.

i → Número de aspectos.

n → Número de descritores do modelo.

A representação matemática da avaliação técnica é apresentada a seguir. A forma completa desta está no Apêndice 2.

$$T=0{,}2\left\{\left[1\,0{,}25\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}+0{,}25\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}+0{,}25\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}+0{,}25\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}\right]\right\}+0{,}2\left\{\left[0{,}33\,0{,}2\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}+0{,}2\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}+0{,}2\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}+0{,}2\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}+0{,}2\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}\right]+\cdots\begin{pmatrix}10\\8\\7{,}5\\7\\6\\5{,}5\\5\\2{,}5\\2\\1{,}5\\1\\0{,}5\\0\end{pmatrix}\right\}$$

5.7 AUTOMATIZAÇÃO DO MODELO

O modelo de avaliação proposto foi automatizado usando uma planilha em Microsoft Excel. Nesta automatização há três abas principais. Uma aba referente à “Avaliação Técnica” (Apêndice 1), uma aba referente à “Avaliação Ambiental” (Apêndice 2), e uma aba referente às “Matrizes de Desempenho”. Nas duas primeiras abas citadas são apresentadas toda a estrutura conceitual do modelo de avaliação, bem como a análise de sensibilidade e recomendação de melhorias. À esquerda destas abas há um menu de instruções que indicam ao usuário o que é apresentado na linha à direita, e quais células (apontadas pela seta azul e vermelha) o usuário deve responder para avaliar o sistema de GIRSU. À direita deste menu está a estrutura de avaliação, as taxas de substituição de cada aspecto e descritor, o resultado

avaliado do aspecto. Também é apresentado a unidade de medida do descritor e o perfil de desempenho formado pelas respostas do conjunto de descritores. Seguindo as indicações apontadas pelas setas azuisvermelhas, os usuários poderão clicar na célula correspondente e definir os níveis “bom” e “neutro” de cada descritor, e nivelar os descritores, obtendo a avaliação do sistema de GIRSU. O resultado pode ser visualizado na forma de matriz ou no perfil de desempenho dos descritores. (Figura 50). Também é apresentado uma análise de sensibilidade do modelo e uma análise de sugestão de melhoria nos sistemas GIRSU, que apresente maior incremento na avaliação do modelo (Figura 49).

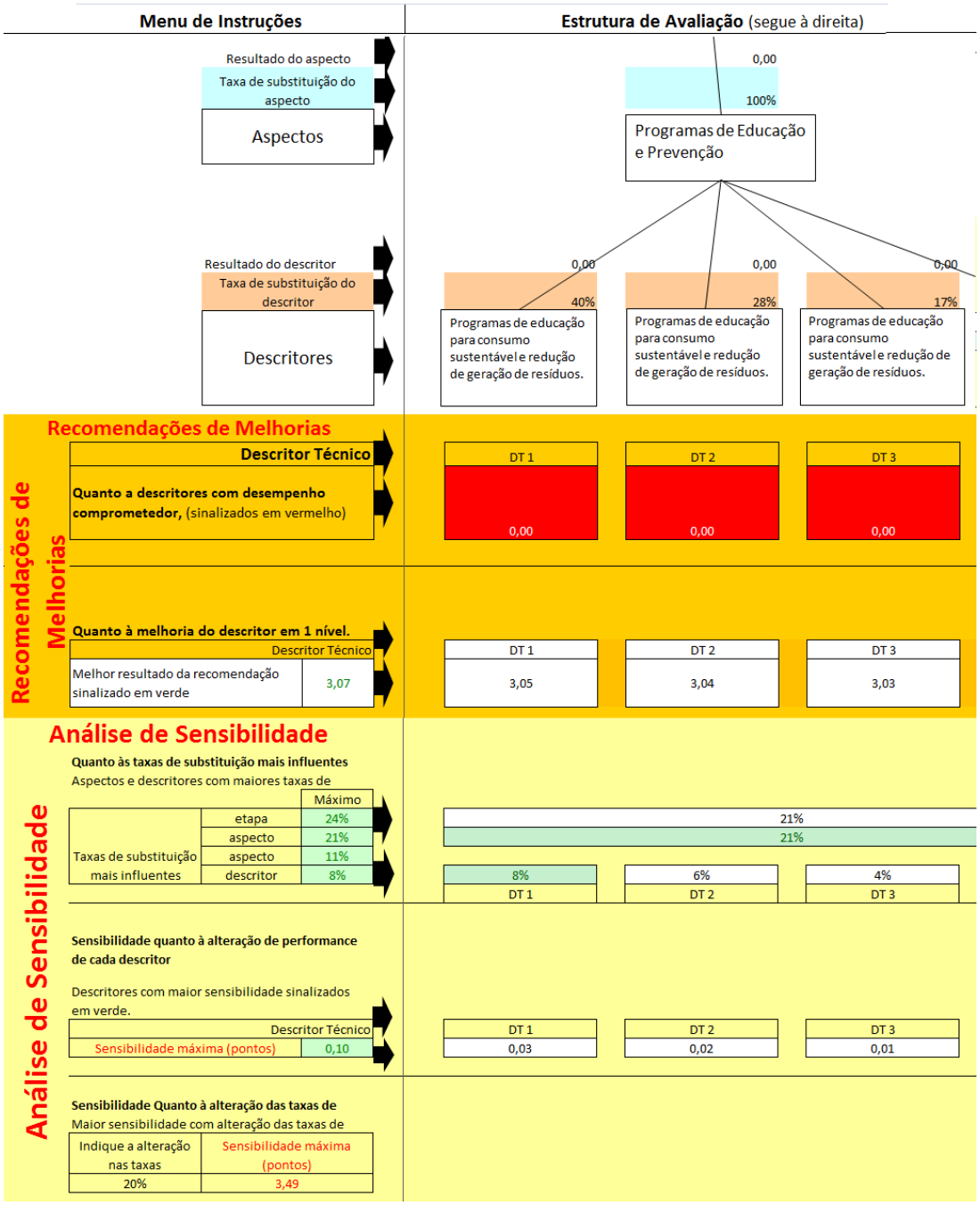


Figura 49: Automatização das Recomendações de Melhorias e das Análises de Sensibilidades.
Fonte: Autor

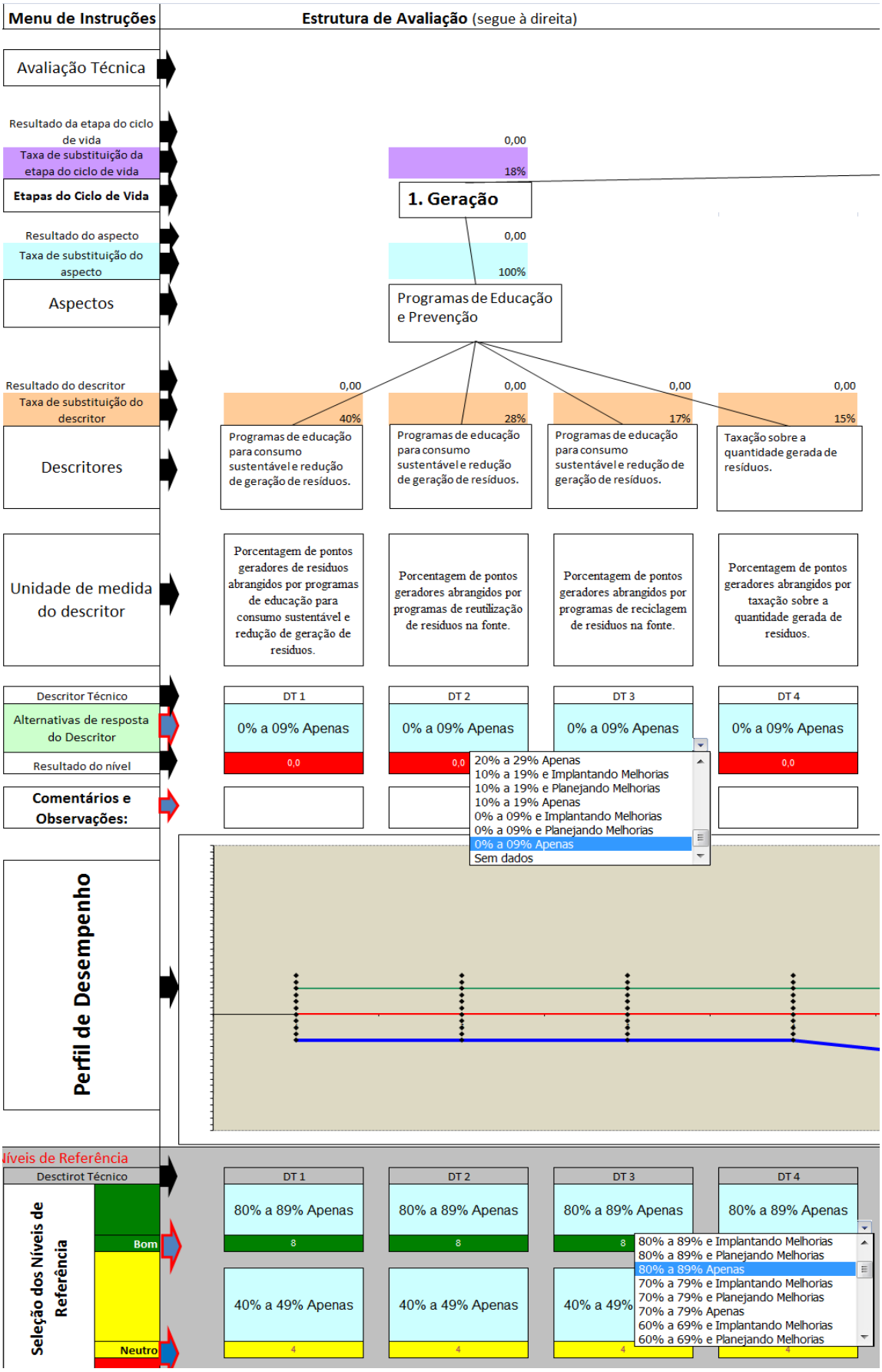


Figura 50:Automatização da avaliação técnica em Microsoft Excel.
Fonte: Autor

O programa também apresenta o resultado da avaliação numa escala de 0 a 100, onde 0 é o desempenho mínimo, e 100 o desempenho máximo. Este é apresentado na forma de um gráfico, onde também estão o níveis globais “neutro” e “bom”. O nível global bom foi estabelecido considerando todos os descritores de nívelbom, e o nivel global neutro foi estabelecido considerando todos os descritores no nível neutro. Estes servem para visualizar se globalmente o resultado da avaliação está abaixo do nível global neutro, ou entre os níveis globais neutro e bom, ou acima do nível global bom. Este gráfico serve para visualização global. Considera-se que o perfil de desempenho dos descritores é mais comunicativo na avaliação, pois apresenta com mais detalhes a situação do modelo avaliado. A Figura 51 apresenta a avaliação global técnica e ambiental e os níveis globais bom e neutro. Observa-se que o desempenho técnico global está muito abaixo do desempenho considerado neutro, ou seja, globalmente, o desempenho técnico é considerado comprometedor. Já o desempenho ambiental global encontra-se logo acima do desempenho considerado neutro.

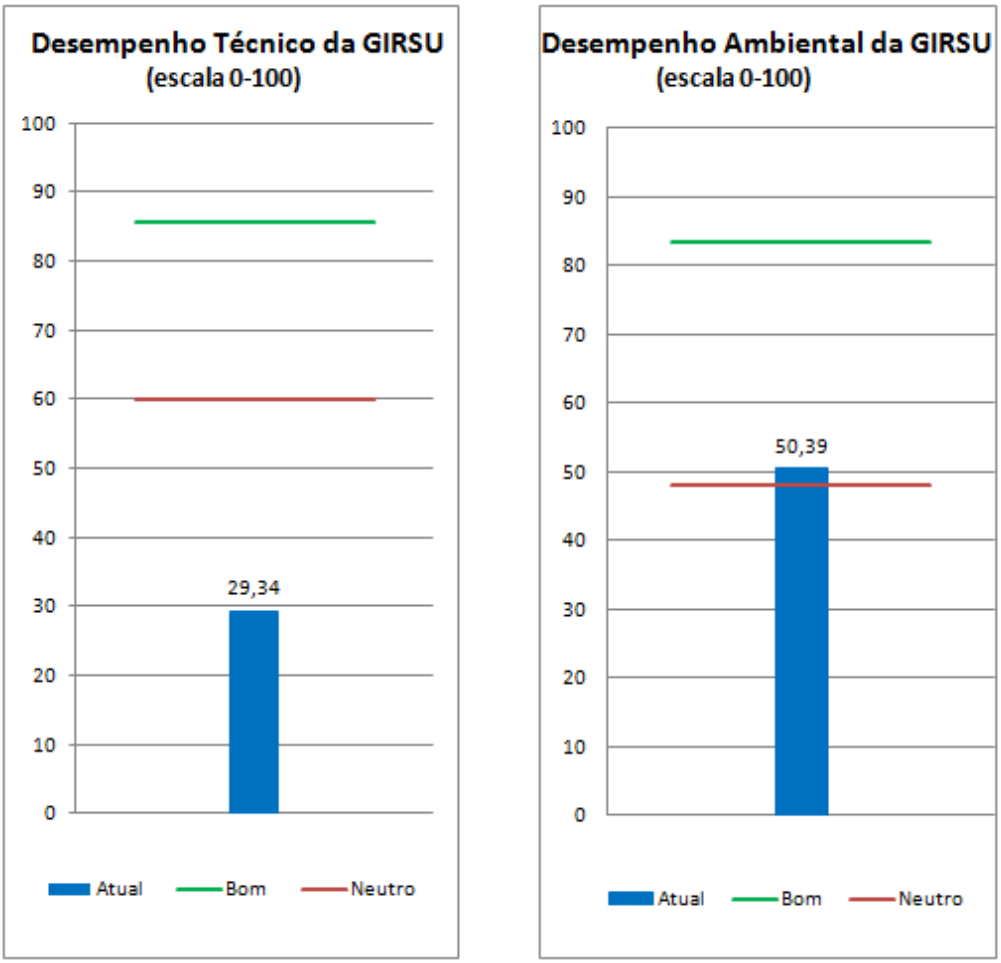


Figura 51: Representação gráfica da avaliação global técnica e ambiental, e os níveis globais neutro e bom.
Font: Autor

5.7.1 Matrizes de desempenhos

O modelo automatizado desenvolvido apresenta na aba de “Matrizes de Desempenho” duas matrizes, uma ambiental e uma técnica. As matrizes de desempenho relacionam os desempenhos dos referidos aspectos avaliados em cada etapa do ciclo de vida da GIRSU, apresentados nas abas de avaliação, como visível no quadro 49. Para a avaliação realizada no município de Biguaçu/SC é apresentado no quadro 49. O resultado em cada célula representa o desempenho na etapa do ciclo de vida. Este pode variar de 0 a 100, sendo 100 o desempenho máximo. O Apêndice 2 apresenta os descritores que compõe cada um destes aspectos e o resultado matemático dos descritores pertencentes ao aspecto queconfere seu desempenho na respectiva etapa do ciclo de vida. Com o objetivo de avaliar este desempenho numa escala de 0 a 100, onde 100 é o desempenho máximo, foi desconsiderada a taxa de substituição dos aspectos apresentados na matriz.

Quadro 49:Matriz de Desempenhos Técnicos da GIRSU.

Matriz de Desempenhos Técnicos da GIRSU						
Etapas / Aspectos	1 Geração	2 Acondicionamento	3 Coleta e Transportes	4 Tratamentos	5 Destinação Final	Média dos Desempenhos dos Aspectos
Programas de Educação e Prevenção	0,00					**0,00**
Universalização de Serviços de GIRSU		60,87	77,01			**68,94**
Regularidade, Continuidade e Funcionalidade do Manejo		46,36	54,10			**50,23**
Seletividade de Manejo		5,83	2,44	17,41		**8,56**
Tratamento dos Resíduos				12,97		**12,97**
Destinação Final Aterros Sanitários					66,26	**66,26**
Média dos Desempenhos das Etapas do CV	**0,00**	**37,69**	**44,52**	**15,19**	**66,26**	**29,34**

Fonte: Autor

A etapa de Destinação Final, com 66,26 pontos, apresentou os maiores desempenhos técnicos. As etapas de Acondicionamento e a etapa de Coleta e Transportes com desempenho de 37,69

e 44,52, respectivamente. Para facilitar a visualização do desempenho em cada etapa do ciclo de vida, o sistema está na forma de gráfico (Figura 52), que também apresenta a avaliação global técnica, que nesta aplicação resulta em 29,34 pontos.

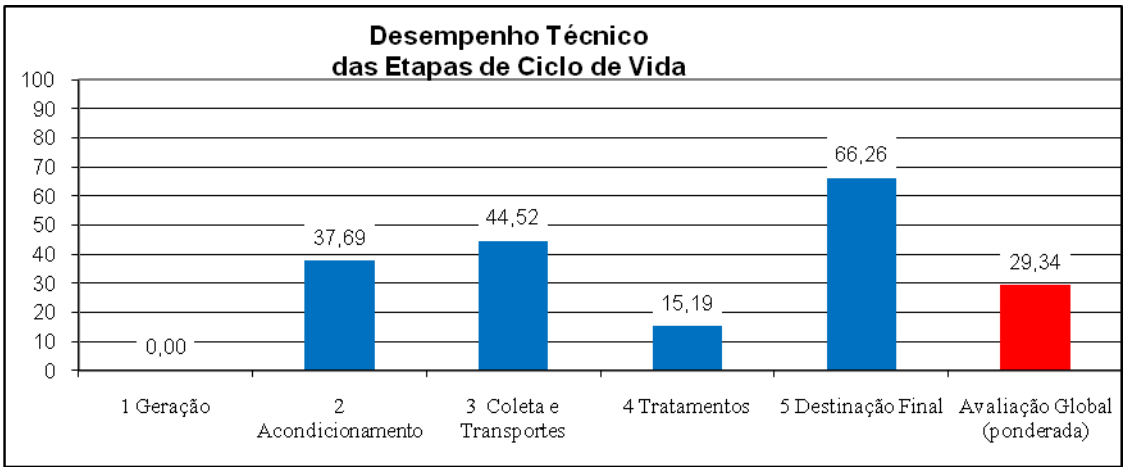


Figura 52: Desempenhos técnicos das etapas do ciclo de vida da GIRSU.
Fonte: Autor

O sistema automatizado apresenta os desempenhos técnicos na forma de gráfico (Figura 53). Os aspectos com maior desempenho foram a Universalização, a Destinação Final, e Regularidade, Continuidade e Funcionalidade de Manejo, com desempenho de 68,94, 66,26, e 50,23 pontos, respectivamente. Já os aspectos de Educação Ambiental, Seletividade de Manejo e Tratamento dos Resíduos foram os aspectos de menor valor, com 0,00, 8,56 e 12,97 pontos, respectivamente. Na mesma figura o desempenho técnico global é apresentado e seu resultado é de 29,34, significando que existem muitos parâmetros para serem melhorados, principalmente nos aspectos de Educação Ambiental e Políticas na Fonte, e na Seletividade de Manejo; para que o desempenho técnico seja mais satisfatório.

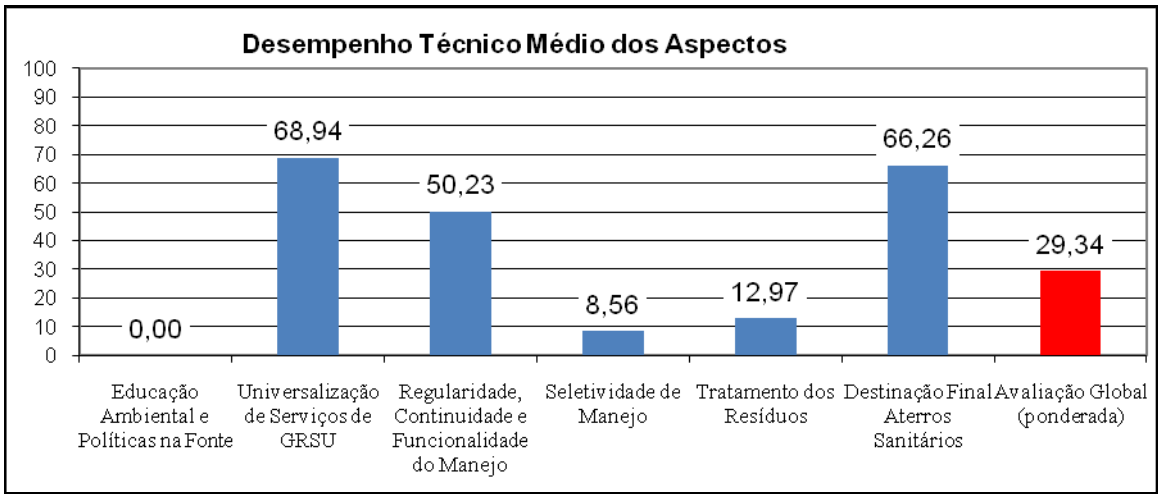


Figura 53: Desempenhos técnicos médios dos aspectos.
Fonte: Autor

Na aplicação do modelo de avaliação ambiental em Biguaçu-SC, as etapas do ciclo de vida com maiores desempenhos são: Coleta e Destinação Final, com 72,30 pontos, e a etapa de Tratamentos, com 63,47 pontos (Quadro 50). A avaliação global ambiental pontua 50,39 de um máximo de 100 pontos, representando que ainda existem ações que devem ser empregadas para melhorar esse desempenho. O sistema também apresenta este resultado na forma de um gráfico (Figura 54).

Quadro 50; Matriz de Desempenhos Ambientais da GIRSU.

Matriz de Desempenhos Ambientais da GIRSU							
Etapas / Aspectos		1 Geração	2 Acondicionamento	3 Coleta e Transportes	4 Tratamentos	5 Destinação Final	Média dos Desempenhos dos Aspectos
Consumos	Materiais		0,00	100,00	44,0	100,00	61,00
	Energia		100,00	0,00	11,82	0,00	27,95
Emissões	Gasosas	50,00	0,00	61,51	61,51	61,51	46,91
	Líquidas e Sólidas	0,00	10,00	100,00	100,00	100,00	62,00
	Sonoras		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Desempenhos das Etapas do CV		25,00	42,00	72,30	63,47	72,30	**50,39**

Fonte: Autor

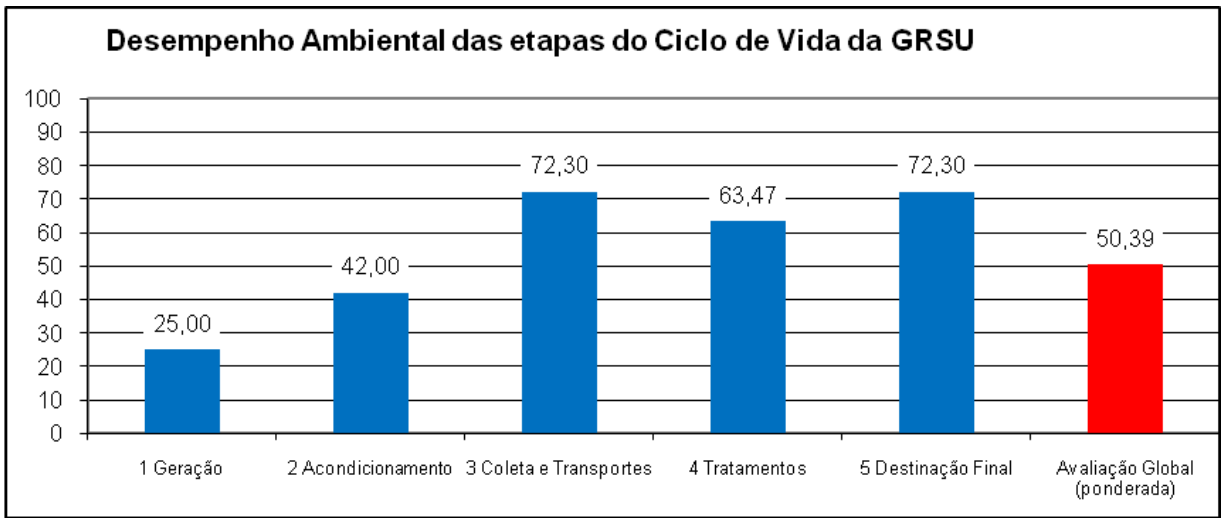


Figura 54: Gráfico de desempenhos ambientais de cada etapa do ciclo de vida.
Fonte: Autor

O sistema apresenta um gráfico com os desempenhos ambientais (Figura 55). Os aspectos com maior desempenho foi o de Emissões Sonoras, com o desempenho máximo alcançável neste modelo de avaliação. Este é seguido pelos aspectos de Emissões Líquidas e Sólidas e Consumo de Materiais, com 62,00 e 61,00 pontos. Observa-se que pode-se buscar reduzir as

emissões Gasosas, e o Consumo e Geração de Energia visto que estes apresentam 46,91 e 27,95. O desempenho ambiental global ponderado também é apresentado na mesma figura, com valor de 50,39 pontos do máximo de 100.

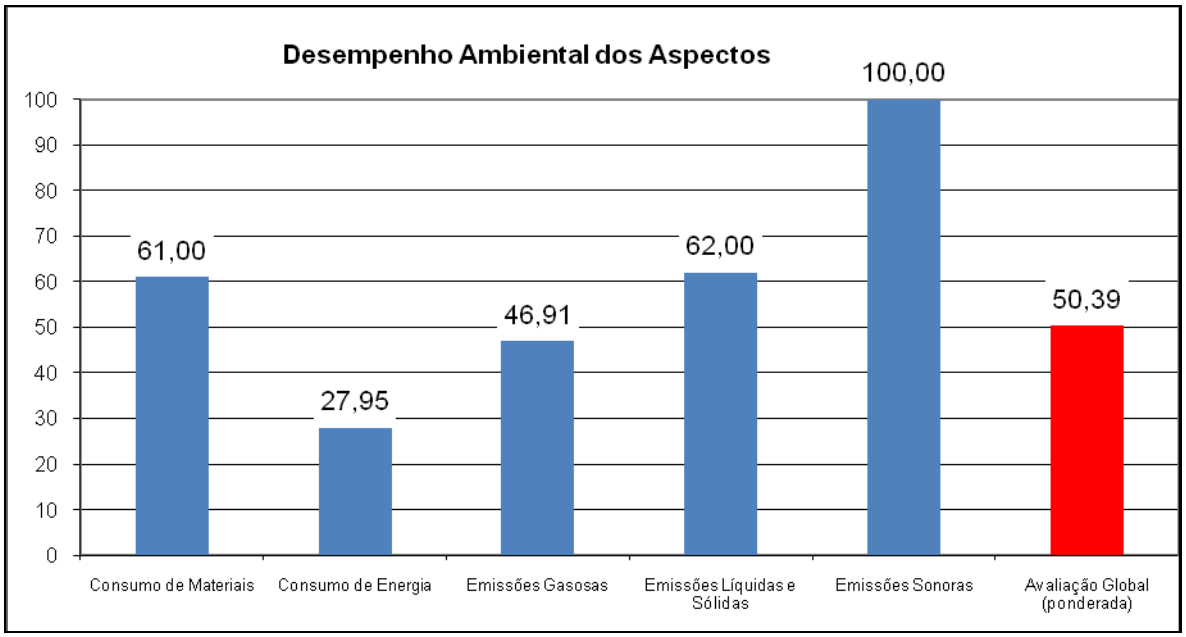


Figura 55: Desempenhos ambientais médios dos aspectos.
Fonte: Autor

Para conhecer o desempenho ambiental e técnico de forma mais detalhada, sugere-se que se analise os apêndices 2 e 3. Estes revelam o desempenho do estado atual de cada elemento de avaliação (descritores e seus desempenhos). Os descritores e desempenhos possíveis permitem identificar com mais acurácia as atitudes a serem tomadas para incrementar o desempenho. Para isto foi desenvolvido o sistema automatizado de recomendação de melhorias, apresentado no próximo item.

5.7.2 Sistema automatizado de recomendações para melhoria do estado atual do sistema GIRSU

O modelo de avaliação de desempenho possibilita projetar cenários e avaliar quais melhorias no sistema mais afetariam seu desempenho. Com o resultado destas análises de cenários, os tomadores de decisão podem concentrar mais esforços nas melhorias de maior influência na avaliação de desempenho.

Elaborou-se um sistema automatizado que destaca os descritores com desempenho considerado “comprometedor”, para indicar que necessitam de ações de melhorias até que estejam no nível de desempenho “mediano”. Também elaborou-se uma ferramenta que destaca os descritores que: se melhorados em 1 nível, são os que mais incrementam o resultado da avaliação. Assim, esta característica do modelo automatizado serve como ferramenta de auxílio à decisão. A Figura 56 apresenta um exemplo de recomendação de melhorias para Biguaçu-SC, e seus respectivos descritores. Na avaliação técnica, atualmente a melhoria que mais incrementaria o desempenho do sistema é o descritor técnico (DT) 35, que corresponde ao descritor “freqüência de coleta de resíduos nos centros comerciais, locais turísticos, favelas, prédios residenciais”. Os anexos 2 e 3 apresentam todas as recomendações de melhorias. O Apêndice 1 apresentam todas as recomendações para a melhora do desempenho técnico, e o Apêndice 2 para o desempenho ambiental.

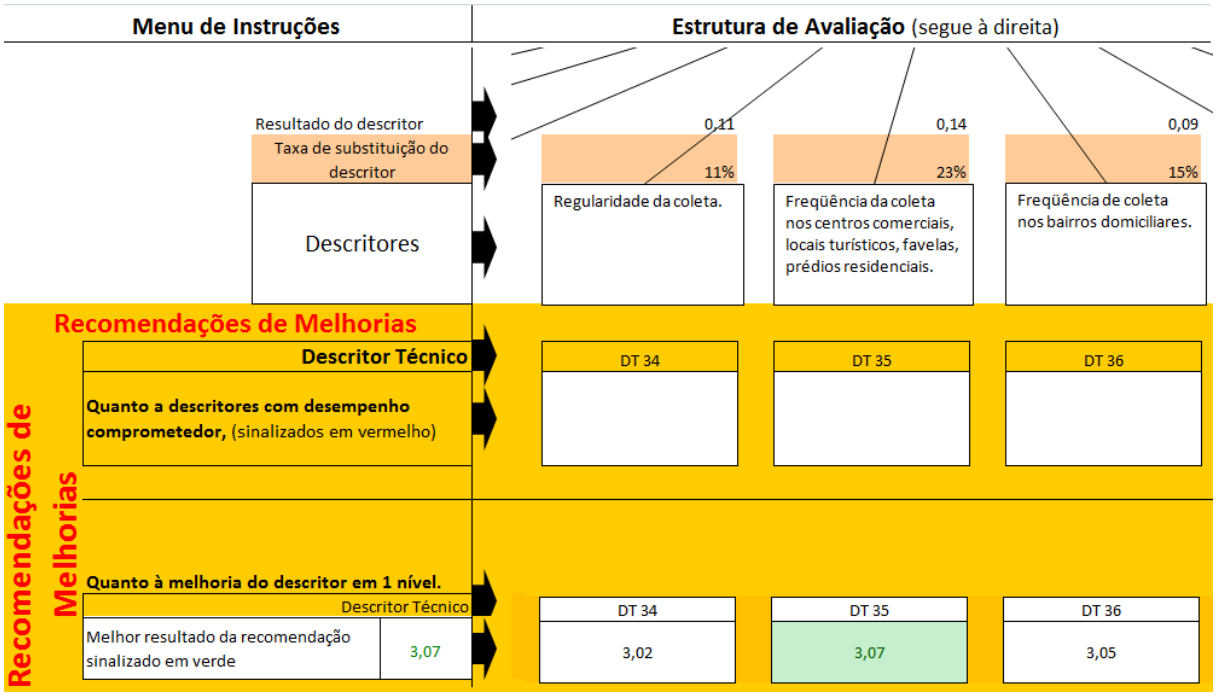


Figura 56: Exemplo de resultado de recomendação de melhorias técnicas no sistema de GIRSU.
Fonte: Autor

5.8 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Acoplado ao modelo automatizado, construiu-se uma ferramenta de análise de sensibilidade, tanto em relação às taxas de substituição, como em relação à escala cardinal dos descritores. Na análise de sensibilidade para as taxas de substituição considerou-se:

- a sensibilidade do resultado do modelo em relação à alteração de performance de cada descritor em um nível acima e abaixo do estado atual;
- os aspectos e descritores que mais contribuem para o resultado da avaliação;
- a sensibilidade do resultado do modelo em relação a alteração em +20% e -20% de cada taxa de substituição alteradas.

5.8.1 Os aspectos mais influentes

A ferramenta desenvolvida identifica em forma de taxa, a influência de cada aspecto e de cada descritor no resultado da avaliação. O programa realiza esta identificação apresentando a taxa global máxima computadas das etapas do ciclo de vida, dos indicadores e dos aspectos e sinalizando na cor verde as etapas do ciclo de vida, indicadores e descritores.

No modelo de avaliação técnica, a etapa do ciclo de vida com maior taxa de substituição global foi a etapa de acondicionamento com taxa de substituição global de 24% de participação. O indicador com maior taxa de substituição global, com 21% de participação, é o indicador de Programas de Educação e Prevenção. O descritor com maiores influências na avaliação técnica é o descritor DT 01, que corresponde à “Programas de educação para consumo sustentável e redução de geração de resíduos”, correspondendo a uma taxa de 8% (Figura 57). Já no modelo de avaliação ambiental, o descritor com maior taxa de influência é o de geração de resíduos sólidos e líquidos da etapa 1 (Geração), com 14% de participação. O Apêndice 1 apresentam todas as recomendações para a melhora do desempenho técnico, e o Apêndice 2 para o desempenho ambiental.

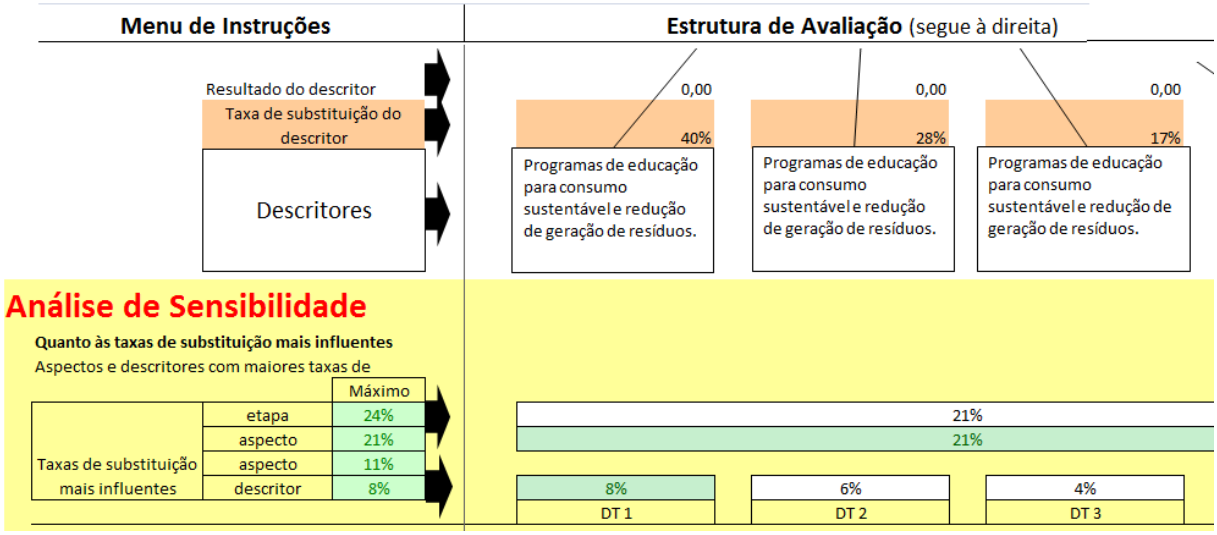


Figura 57: Influência dos descritores no modelo de avaliação técnica.
Fonte: Autor

5.8.2 Sensibilidade em relação à alteração de desempenho de cada descritor

Alterando-se a performance de cada descritor da avaliação técnica em um nível acima e em um nível abaixo, identifica-se os aspectos com maiores influências no resultado. Os que mais incrementam o desempenho são os mesmos descritores apresentados no módulo de sugestão de melhorias, ou seja, o descritor DT10 “Aspecto visual dos logradouros em relação à limpeza”, correspondendo um incremento de 0,40% pontos. Analogamente para a avaliação técnica, o descritor correspondente é o DA42 “Na aquisição, preferência por equipamentos e veículos projetados para reduzidas gasosas”, correspondendo a um incremento de 0,7%.

Na análise de sensibilidade para a redução de performance de cada descritor separadamente em um nível, o descritor que mais reduziu o desempenho do modelo técnico foi o descritor DT35 “Frequência de coleta nos centros comerciais, locais turísticos, favelas e prédios residenciais”, correspondendo a redução de aproximadamente 0,30%. Para o modelo ambiental, o descritor que mais reduziu o desempenho do modelo foi o descritor DA2 “Fiscalização para a não ocorrência de queima de resíduos pelos geradores, aoinvés de sua destinação adequada”, correspondendo a redução de aproximadamente 6,3% (Figura 58).

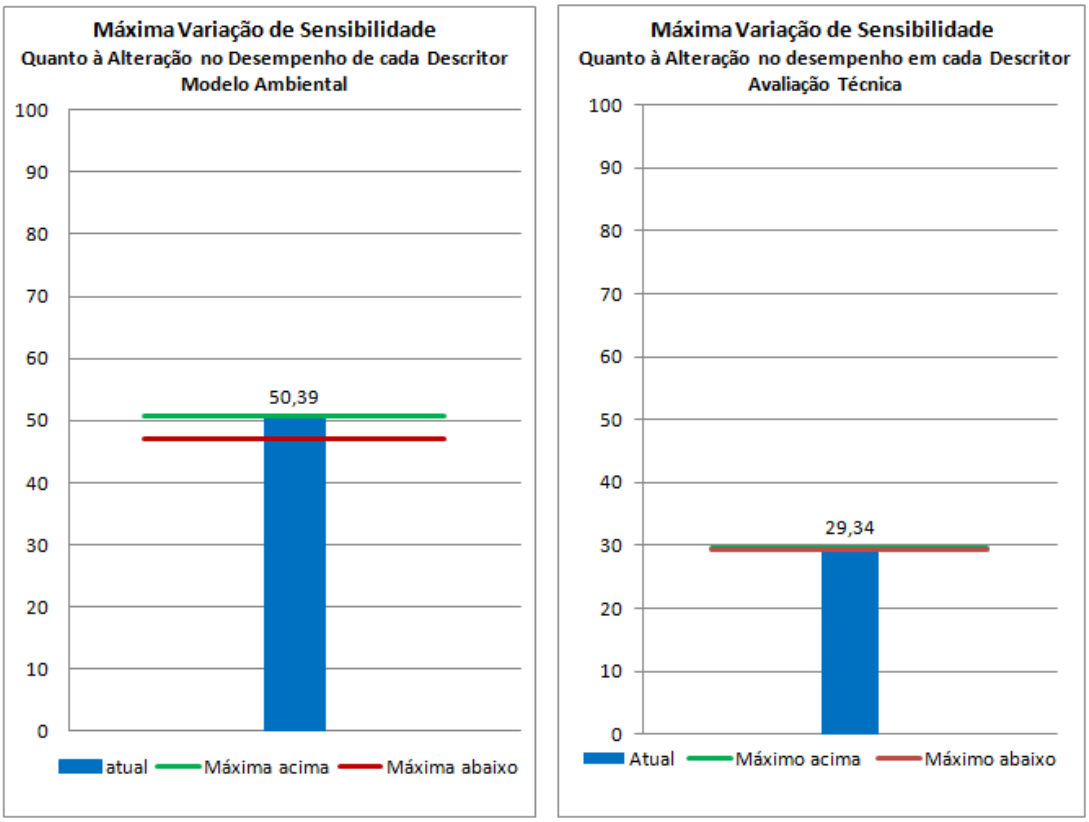


Figura 58: Máxima variação de sensibilidade para alteração do desempenho dos descritores.
Fonte: Autor

5.8.3 Sensibilidade em relação à alteração das taxas de substituição

Aplicando-se a análise com variação das taxas de substituição arbitrada em -10% a +10%, a maior sensibilidade para a avaliação técnica foi de 7%. Para a avaliação ambiental foi de 2,5%. Ambas apresentadadas na figura 59.

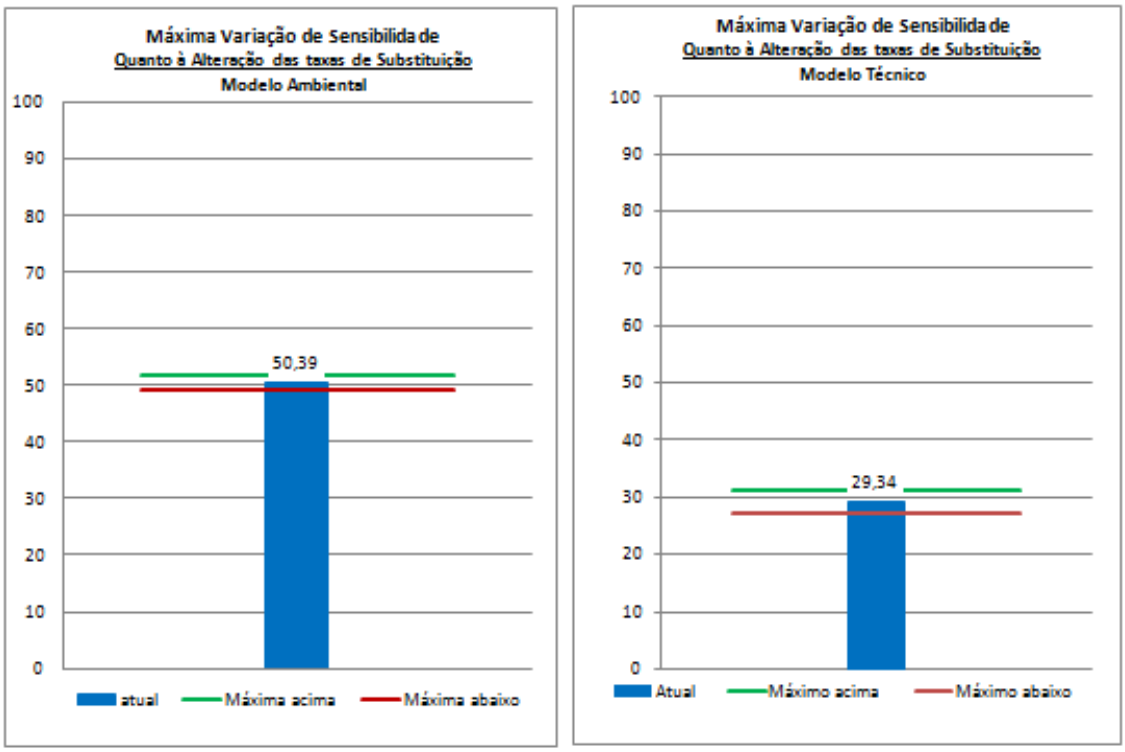


Figura 59: Máxima variação de sensibilidade para alteração das taxas de substituição em 10%.
Fonte: Autor

Em ambos os casos da análise de sensibilidade obteve-se variações de baixa magnitude, o que pode ser interpretado como um bom indicativo de que os modelos de avaliação técnico e ambiental aqui apresentados são robustos.

6. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as considerações finais sobre o trabalho desenvolvido.

6.1 ASPECTOS GERAIS

Muitos estudos foram desenvolvidos sobre a gestão integrada de resíduos sólidos urbanos resultando em avaliações de escopo geral desta gestão, porém pouco detalhados. Isto não permite conhecer o sistema avaliado em detalhes, nema identificação de ações de melhorias. Estes estudos são mais focados apenas em aspectos técnicos, havendo poucos estudos sobre aspectos ambientais da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. A avaliação por meio de abordagem de ciclo de vida dos resíduos ainda é rara, e as publicadas foram realizadas com abordagem tradicional de avaliação do ciclo de vida, que considera a quantificação dos fluxos de materiais e energia, e esbarra na falta de dados disponíveis e nos elevados recursos necessários para esta quantificação.

6.2 ALCANCE DOS OBJETIVOS

Com relação aos objetivos propostos no presente trabalho, o objetivo geral de “desenvolver um indicador de desempenho técnico e ambiental de gestão de resíduos sólidos de municípios e consórcios municipais e aplicá-lo” foi atingido conforme os modelos de avaliação apresentados no capítulo 4. O presente trabalho estruturou um modelo de avaliação técnica e ambiental do manejo de resíduos sólidos urbanos. O modelo de avaliação desenvolvido realiza uma avaliação mais aprofundada, ao considerar todos os aspectos diretamente relacionados ao manejo dos resíduos. A aplicação conjunta de MCDA e ACV na avaliação técnica e ambiental de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos pode ser considerada inovadora, já que não foi encontrado bibliografias que as aplicam em conjunto na forma realizada neste trabalho. A estruturação realizada em forma hierarquica exibe os conceitos, aspectos e descritores empregados, suas relações e suas importâncias relativas (taxas de

substituição). Isto confere transparência sobre como o modelo opera para realizar a avaliação, o que é uma vantagem desta abordagem. Além do modelo apresentar toda a estrutura de avaliação, ele apresenta ações que resultam na melhora do desempenho do sistema avaliado.

Após aplicação do modelo proposto no sistema de gestão de resíduos sólidos do Município de Biguaçu, o modelo proposto está aderido à realidade deste município. Isto reforça que o modelo proposto é viável e pode ser aplicado como indicador de desempenho técnico e ambiental do manejo de resíduos sólidos urbanos. Com o uso deste modelo é possível identificar quais aspectos técnicos e ambientais devem ser melhorados e o que melhoraria seu desempenho.

Com relação a cada objetivo específico, seguem comentários sobre cada um:

- Estruturar a avaliação de desempenho ambiental do sistema de gestão de resíduos.

Este objetivo específico foi atingido por meio da estruturação do modelo de avaliação de desempenho ambiental empregando conceitos de metodologia multicriterial de apoio à decisão (MCDA) e abordagem simplificada de ciclo de vida (ACV). Na elaboração a gestão foi dividida em etapas do ciclo de vida do manejo dos resíduos, e buscou-se atender aos requisitos de legislações pertinentes, boas práticas correntes e abordagem do ciclo de vida para maior detalhamento da avaliaçào. O resultado deste é um modelo estruturado de avaliação do desempenho ambiental de sistemas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.

- Estruturar a avaliação de desempenho técnico do sistema de gestão de resíduos.

Este objetivo específico foi atingido por meio da estruturação do modelo de avaliação de desempenho técnico por meio de metodologia multicriterial de apoio à decisão (MCDA) e divisão da gestão de resíduos em etapas do ciclo de vida. Buscou-se atender aos requisitos de legislações pertinentes, boas práticas correntes e abordagem e a abordagem de dividir a estrutura de avaliação em etapas do ciclo de vida como na avaliação ambiental, permite maior detalhamento da avaliação. O resultado deste é um modelo estruturado de avaliação do desempenho técnico de sistemas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.

- Materializar os modelos de avaliação sob a forma de um sistema informatizado.

O sistema informatizado realizado em Microsoft Excel exibe com transparência as estruturas de avaliação técnica e ambiental, apresentando a gestão dividida em etapas do ciclo de vida e os aspectos e descritores considerados, bem como as taxas de substituição destes. Parao usuário da ferramenta desenvolvida há indicações das células onde este pode selecionar a resposta ao referido descritor, resultando na avaliação do desempenho.

A ferramenta desenvolvida também apresenta o desempenho do sistema na forma de umgráfico que representa o perfil de desempenho do sistema, bem como na forma de matrizes de desempenho que relacionam o desempenho de cada indicador com cada etapa do ciclo de vida da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. Isto facilita a visualização do desempenho do sistema.

Somado a isto foi desenvolvido um sistema de análises de sensibilidade automatizadas que analisa a sensibilidade do modelo e confere maior credibilidade em relação à robustez matemática dos modelos de avaliação propostos.

- Verificar os pontos fortes e fracos do processo.

No sistema automatizado, a apresentação do perfil de desempenho dos descritores, além de facilitar a visualização do desempenho de cada descritor, também auxilia na identificação dos pontos fortes e fracos do sistema avaliado.

- Identificar ações para melhoria do processo.

Além da exibição do perfil de desempenho dos descritores, foi automatizado um sistema de identificação de ações necessárias para melhorar o desempenho de cada um destes descritores.

Para auxiliar na identificação de ações de melhoria, a ferramenta desenvolvida automaticamente identifica os descritores com desempenho abaixo do nível mínimo aceito pelo usuário do sistema, “Nível Comprometedor”, e também identifica as ações de melhoria

que mais incrementem o desempenho do sistema. Isto pode auxiliar os tomadores de decisão no planejamento de melhorias que mais incrementem o desempenho do sistema.

- Aplicação do modelo.

Em relação à aplicação no município de Biguaçu/SC, este expressa a situação atual do manejo dos resíduos urbanos no município. Aqui destaca-se algumas das características da situação de Biguaçu apresentadas pelo modelo e confrontadas com informações disponibilizadas pelos gestores deste serviço: O desempenho técnico global está na faixa comprometedora, e o desempenho ambiental global está na faixa mediana. Ele apresenta que não há dados sobre muitos dos descritores. Também apresenta que não há ações empregadas na etapa de geração, e poucas empregadas na etapa de Acondicionamento, os destaques são a realização do serviço de varrição e capina em praticamente todas as quadras do município, porém as papeleiras públicas abrangem apenas o bairro Centro do município. Existe coleta seletiva (orgânicos e não orgânicos), porém esta só abrange 15% do município, mas há a implantação de aumento desta. Os tratamentos de resíduos se restringem aos resíduos comuns não orgânicos coletados na coleta seletiva e há a implantação de incremento de tratamento de resíduos. Dos resíduos especiais, há reciclagem de parte dos resíduos eletrônicos coletados. A destinação final dos resíduos urbanos e dos resíduos de serviços de saúde é o aterro sanitário e aterros licenciados, respectivamente. Não há destinação adequada para os resíduos da construção civil. A avaliação ambiental o modelo apresenta que ainda há muito a ser realizado para a redução do fluxo de entradas e saídas nos processos de manejo dos resíduos sólidos no município. Com tudo isso, o modelo valoriza os pontos fortes do manejo de resíduos sólidos em Biguaçu, e sugere melhorias a serem realizadas.

6.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Algumas limitações foram identificadas:

- Além da fundamentação teórica a estruturação dos modelos de avaliação também contou em parte com a colaboração de alguns gestores de resíduos sólidos urbanos consultados. Porém especialistas não consultados, bem como os consultados neste trabalho, num outro momento,

poderiam sugerir alterações nos descritores empregados, na forma das estruturas de avaliação, bem como nas taxas de substituição, o que poderia alterar os resultados dos modelos propostos;

- A automatização realizada em Microsoft Excel é de fácil manuseio para avaliar o sistema desejado, porém, a alteração na estrutura conceitual de avaliação pode ser muito trabalhosa e deve ser realizada por conhecedor da metodologia MCDA.

6.4 CONCLUSÕES FINAIS

Acredita-se que o emprego da abordagem de avaliação simplificada do ciclo de vida no desenvolvimento do modelo de avaliação foi satisfatório pois considera separadamente as diversas etapas do ciclo de vida da gestão integrada dos resíduos sólidos, e relaciona estes aos fluxos de consumo de materiais, água e energia, bem como o fluxo de emissões sólidas, líquidas, gasosas e sonoras de cada etapa., confere um maior grau de detalhamento da avaliação, permitindo a identificação dos desempenhos de fluxo em cada etapa do ciclo de vida. Isto pode auxiliar na identificação de pontos fortes e fracos de cada fluxo em cada etapa do ciclo de vida da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. Para proporcionar maior detalhamento, o modelo de avaliação técnica também foi dividida nas mesmas etapas do ciclo de vida que a avaliação ambiental. Isto permite observar, para cada etapa, o desempenho técnico e ambiental.

O emprego de metodologia multicritério de apoio à decisão para o desenvolvimento dos modelos de avaliação permitiu que se unisse critérios diversos numa estrutura clara e transparente no tocante à apresentação das relações dos critérios empregados. Esta também proporcionou o desenvolvimento do perfil de desempenho dos descritores. Com este visualiza-se os pontos fortes e fracos do sistema avaliado num gráfico. Isto, juntamente com a estruturação matemática permite a visualização e identificação de melhorias mais vantajosas – que mais incrementem o desempenho do sistema.

O emprego do software MACBETH foi muito útil para a estruturação matemática dos inúmeros descritores e critérios ao empregar julgamentos semânticos par-a-par de critérios.

O modelo foi desenvolvido para ser aplicável a qualquer município de diferentes tamanhos e características de gerenciamentoo integrado de resíduos sólidos urbanos, sendo que os modelos. O auxílio da engenheira da Fundação Municipal de Meio Ambiente de Biguaçu e a aplicação do modelo neste município foi muito importante, pois proporcionou melhorias estruturais dos modelos, o pleno desenvolvimento destes e e a adesão destes à realidade do município.

Conclui-se que o emprego de metodologia multicriterial de apoio à decisão e avaliação simplificada do ciclo de vida, é satisfatório no desenvolvimento de um modelo de avaliação técnica e ambiental da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. Espera-se que este seja útil para avaliar e apoiar a decisão em gestão integrada de resíduos sólidos urbanos.

6.5 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a validação do modelo de avaliação proposto por mais especialistas e gestores de GIRSU, e a aplicação deste em mais municípios e consórcios para avaliar e auxiliar no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, I. F. **Proposição de uma Rede de Associações de Catadores na Região da Grande Florianópolis:** Alternativa de Agregação de Valor aos Materiais Recicláveis. Florianópolis, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, UFSC, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR ISO: 14031. Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro, 2004. 38p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR ISO 10004. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR ISO: 14040. Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2009. 21p.

ALAM, R., CHOWDHURY, M.A.I., HASAN, G.M.J., KARANJIT, B., SHRESTHA, L.R. Generation, storage, collection and transportation of municipal solid waste – A case study in the city of Kathmandu, capital of Nepal. **Waste Management,** 28 pg 1088-1097. 2008

BANA e COSTA, C. A., VASNICK, J. C. *Applications of the MACBETH Approach in the Framework of na Additive Aggregation Model.* **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, v.6. n.2. p. 107-114. 1997

BANA e COSTA, C. A., DE CORTE, J. M., VASNICK, J. C On the mathematical foundations of MACBETH.. L Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. Cap 10. V78 Springer NY 2005.

BRASIL, Lei nº 11.445 5 de janeiro de 2007 Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

CASTILHOS JR, A. B.; MEDEIROS, P. A.; FIRTA, I. N.; LUPATINI, G.; SILVA J. D. **Principais processos de degradação de resíduos sólidos urbanos**. In: Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para municípios de pequeno porte. CASTILHOS JR, A. B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003. p. 19-50.

CIASC, Centro de Informação e Automação do Estado de Santa Catarina, disponível em <http://www.mapainterativo.ciasc.gov.br/sc.phtml>, Acessado em 12 de agosto de 2010

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N.º 275, de 25 de abril de 2001. Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva. Diário Oficial da República Federativa Brasileira.19 jun.2001, p80.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N.º 401, de 04 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.. Diário Oficial da República Federativa Brasileira.05 nov.2008, p.108-109.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N.º 416, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa Brasileira.01 out.2009, p. 64-65

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N.º 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa Brasileira.17 julho 2002, p. 95-96

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N.º 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 04 mai., 2005, p.63-65.

CURRAN, M. A. **Development of life cycle assessment methodology: a focus on co-product allocation - Allocatie in Milieugerichte Levenscyclusanalyse**. 2008. Tese. Erasmus University Rotterdam, Holanda

DANTAS, K. M. C. **Proposição e avaliação de sistemas de gestão ambiental integrada de resíduos sólidos através de indicadores em municípios do Estado do Rio de Janeiro**. (Tese do Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro) 2008

DEN BOER, J.; DEN BOER, E.; JAGER, J. LCA-IWM: A decision support tool for sustainablility assessment of waste management systems. **Waste Management.** 27. 1032-1045. 2007

DE FEO, G.; MALVANO, C. The use of LCA in selecting the Best MSW management system. **Waste Management** (2009), doi:10.1016/j.wasman, 2008.12.021

DESA/DSD. **Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies**, New York, 2001

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; DUTRA, A.; PETRI, S. M. **Identificando e analizando problemas de performance: o uso da avaliação de desempenho (*Feedback, Coaching e Counseling*) para melhorar a produtividade dos empregados.** (Apostila da disciplina EPS 7007 – Avaliação de Desempenho; 1º semestre, 2007; Florianópolis – UFSC, 2007)

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. **Notas de aula da disciplina de Introdução á MCDA-c.** – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão:metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001

FINNVEDEN, G.; BJÖRKLUND, A.; REICH, M. C. Flexible and robust strategies for waste management in Sweden. **Waste Management**. v 27, p. 51-58. 2007

GALLOPIN, G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. **Environmental Modelling & Assessment**. N. 1, p. 101-117. 1996

GRAEDEL, Thomas E. **Streamlined Life-Cycle Assessment.** Ed. Prentice Hall. 1998.

HOCHSCHORNER, Elisabeth; FINNVEDEN, Göran. Life Cycle Approach in the Procurement Process: The Case of Defense Materiel. **International Journal of Life Cycle Assessment.** Vol. 11. I. 3. Pág 200-208. 2006.

HUR, Tak; LEE, Jiyong; RYU, Jiyeon; KWON. Eunsun. Simplified LCA and matrix methods in identifying the environmental aspects of a product system. **Journal of Environmental Management.** V75. Pág 227-237. 2005

JARDIM, N. S. *et al*. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo. IPT, 1995

JOFRE, S.; MORIOKA, T. *Waste management of electric and electronic equipment: comparative analysis if end-of-life strategies.* **Journal of Material Cycles Waste Management**. v. 7. p.. 24-32. 2005

BENEDET JUNIOR, G. **Avaliação de Incertezas em Inventários de Ciclo de Vida**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

KAEBERNICK, H. **Simplified Lifecycle Assessment for the Early Design Stages of Industrial Products.** 2003

KAPLAN, P. Ö.; BARLAZ, M. A.; RANJITHAN, S. R. A Procedure for Life-Cycle-Based Solid Waste Management with Consideration of Uncertainty. **Journal of Industrial Ecology**. v. 8. n. 4. 2005

KIJAK, R.; MOY, D. A Decision Support Framework for Sustainable Waste Management. **Journal of Industrial Ecology.** V. 8, n. 3, 2004

KIPERSTOK, A. **Inovação e Meio Ambiente: elementos para o desenvolvimento sustentável na Bahia.** 1.ed. Salvador, 2003

KOLLIKKATHARA, N.; FENG, H.; STERN, E. A purview of waste management evolution: Special emphasis on USA. **Waste Management.** v.29 p.974-985. 2009

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade.** 1.ed. 2003

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI Jr, A; COUTINHO, S. M. V.; CARVALHO, F. R. **Modelos para a construção de indicadores de desenvolvimento sustentável para gestão e gerenciamento de resíduos.** ICTR 2004 – Congresso Brasileiro ede Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável – Florianópolis – SC

McDOUGALL, F. R.; WHITE, P. R.; FRANKE, M.; HINDLE P. **Integrated Solid Management: a Life Cycle Inventory.** PG Books Ltd, Bodmin, Cornwall UK, ed.2, 2001

MENDES, M. R. **A comparison of the environmental impact of municipal solid waste management options by life cycle assessment.** 2002. Tese - Doutorado na Graduate School of Engineering, University of Tokyo, Tokyo

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação.** 206f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002

MILLET, D. *Does the potential of the use of LCA match the design team needs?*. **Journal of Cleaner Production.** v.15, p. 335-346. 2007

MINCIARDI, R.; PAOLUCCI, M.; ROBBA, M.; SACILE, R. Multi-objective optimization of solid waste flows: Environmentally sustainable strategies for municipalities. **Waste Management.** V28 p2202-2212, 2007

MONTEIRO, J. H. P. *et al*. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001

OECD, **OECD Key Environmental Indicators**. Disponível em <www.**oecd**.org/data**oecd**/20/40/37551205.pdf>. Acesso em: 10 fevereiro 2010

PDPMB, Plano Diretor da Prefeitura Municipal de Biguaçu, <http://www.bigua.sc.gov.br/lei_plano_diretor_2009.pdf>, Acessado em 09 de agosto de 2010.

PEREIRA, A. V. R. P. **Desenvolvimento de um Indicador para Avaliação de Desempenho de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

PETRI, S. M. **Modelo para Apoiar a Avaliação das Abordagens de gestão de Desempenho e Sugerir Aperfeiçoamentos: Sob a Ótica Construtivista.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

PMB, Prefeitura Municipal de Biguaçu, <http://www.bigua.sc.gov.br/index.php?item=dados>, Acessado em 09 de agosto de 2010

POLAZ, C. N. M. **Indicadores de Sustentabilidade para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos

ROBERTS, S. F. **Three Representation Problems: Ordinal, Extensive, and Difference Measurement. In: ROTA, Glan-Rota**. Encyclopedia of Mathematics and Its Aplications. Measurement Theory. v. 7. p. 101-147, 1979

ROSS, S.; EVANS, D. *Use of Life Cycle Assessment in Environmental Management.* **Environmental Management**, v. 29, n.1, p. 132-142. 2002

RUMMLER, G. A.; BRACHE, A. P. **Melhores Desempenhos das Empresas**. São Paulo: Makron Brooks, 1994

SALTHOFER, S.; OBERSTEINER, G.; SCHNEIDER, F.; LEBERSORGER, S. *Potentials for the prevention of municipal solid waste*. **Waste Management**, v. 28. P. 245-259. 2008

SCREMIN, L. B. **Desenvolvimento de um sistema de apoio aogerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

SMAPMB, Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Biguaçu. <http://www.bigua.sc.gov.br/index.php?sel=noticias_geral&id_coluna=874>, Acessado em 09 de agosto de 2010

SOARES, S. R.; PEREIRA, S. W. Inventário da produção de pisos e tijolos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida. **Ambiente Construído**, v.4, n.2, p. 83-94. Jun. 2004

SOARES, S. R., TOFFOLETTO L. and DESCHÊNES, L. *Development of weighting factors in the context of LCIA*. **Journal of Cleaner Production**. v 14. P. 649-660. 2006

TANAKA, M. *Waste management for a sustainable society*. **Journal of Material Cycles Waste Management**. V. 9, p. 2-6, 2007

WILSON, D. C. Development drivers for waste management. **Waste Management and Research.** V. 25, Pg. 198-207, 2007

WITTMAIER, M.; LANGER, S.; SAWILLA, B. Possibilities and limitations of life cycle assessment (LCA) in the development of waste utilization systems – Applied examples for a region in Northern Germany. **Waste Management**. 2009

ZECKHAUSER, R. J.; KEENEY, R. L.; SEBENIUS, J. K. **Wise Choices: decisions, games, and negotiations**. PG, 237, 1996

Anexo 1: EXEMPLO DO ÍNDICE DE CONDIÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS – ICGR

ÍNDICE DE CONDIÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS- ICGR

Município: Nova Friburgo
Órgão gestor: Secretaria Meio Ambiente
Tipo de contrato de gestão: administração direta/ concessão
Respons:Fernando Cavalcante Contato: (22) 2529-3263

Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba do Sul
Consórcio: não
Data vistoria: 15/ 06/ 2007
Responsável pela vistoria: Katia Monte Chiari

Item	Sub-item	Avaliação	Peso	Pontos
CARACTERÍST. DO SISTEMA	cobertura da coleta regular domiciliar e comercial	C = 90 %	5	5
		70% =C< 90%	3	
		C < 70%	0	
	coleta seletiva de resíduos recicláveis	implantada	5	5
		parcialm.implan.	3	
		não realiza	0	
	coleta de resíduos do serviço de saúde	realiza/controla	2	2
		não	0	
	coleta de resíduos da construção civil	realiza	3	3
		não	0	
	coleta de equip. eletrôn., baterias, pilhas (inserv.)	sim	1	0
		não	0	
	coleta de pneus	sim/ sem relev.	1	0
		não	0	
	aspecto visual dos logradouros quanto à varrição	bom	4	4
		regular	2	
		ruim	0	
	aspecto visual dos logradouros quanto à capina, roçada e poda	bom	4	4
		regular	2	
		ruim	0	
	frota de veículos e equipamentos	adeq. e sufic.	4	4
		insuf. ou inadeq	0	
	existência de papeleiras e coletores nos locais públicos	suficiente	3	2
		regular	2	
		inexistente	0	
	sub-total 1	máximo	32	29

Item	Sub-item	Avaliação	Peso	Pontos
PLANEJAMENTO DO SISTEMA	controle de solicitações e reclamações	sim	2	2
		não	0	
	existência de equipe de fiscalização	sim	3	0
		não	0	
	existência de Plano de Gestão	sim	5	5
		não	0	
	planejamento da coleta regular	sim	4	4
		não	0	
	plano integrado de gestão de RCC	sim	3	0
		não	0	
	planejamento da gestão de RSS	sim	3	3
		não	0	
	planejamento da varrição de logradouros	sim/ diária	3	3
		não	0	
	existência de plano de capina, roçada e poda	sim	2	2
		não	0	
	programas de educação ambiental e conscientização	sim	5	5
		parcial	3	
		não realiza	0	
	auto sustentabilidade econômico financeira	sim	3	0
		não	0	
	programas de inclusão de catadores no sistema	sim/ aus. catad.	3	3
		não	0	
	apoio à gestão partici-pativa e consórcios	sim	2	2
		não	0	
	sub-total 2	máximo	38	29

Item	Sub-item	Avaliação	Peso	Pontos
CONDIÇÕES OPERACIONAIS	remoção do lixo público	adequada	4	4
		inadequada	0	
	operacionalização da coleta regular domiciliar e comercial	adequada	5	5
		parcialm. adeq	3	
		inadequada	0	
	operacionalização da coleta seletiva	adequada	5	3
		parcialm. adeq	3	
		não real./inadeq.	0	
	controle financeiro do sistema	realiza	2	2
		não realiza	0	
	controle de desempenho	realiza	3	0
		não realiza	0	
	avaliação crítica - introdução de objetivos e metas	realiza	2	2
		não realiza	0	
	destinação final de RSS	adequada	3	0
		inadequada	0	
	operação de unidade de reciclagem	adequada	3	3
		inadeq. / inexist.	0	
	reaproveitamento dos resíduos orgânicos	adequado	4	0
		parcial	2	
		inoper./ inexist.	0	
	destinação final dos resíduos sólidos urbanos do município	ater sanit/ a ene	5	5
		ater parc adeq.	3	
		lixão / inadeq.	0	
	destinação final dos resíduos da construção civil	reutiliz./reciclage	4	0
		aterro	2	
		destin. inadeq.	0	
	realização de limpeza de de ralos e sarjetas	sim	2	2
		não	0	
	remoção de animais mortos e veículos abandonados	sim/ atvés solicit.	2	0
		não realiza	0	
	limpezas especiais (terrenos vazios, praias, favelas, etc)	sim	2	2
		não realiza	0	
	controle de utilização e manutenção da frota	realiza/ terceriz.	4	4
		não realiza	0	
	controle de acidentes do trabalho	sim	3	3
		não	0	
	controle de utilização EPI's (bota, luva, másc.,etc)	sim	4	4
		não	0	
	controle de absenteísmo nas equipes	sim	3	3
		não	0	
	sub-total 3	máximo	60	42

Soma dos pontos (Sub-total 1+2+3)		130	100
ICGR = Soma dos pontos / 13	ICGR =		7,69

ICGR	Avaliação
0 a 6,0	Gestão inadequada
6,01 a 8,0	Gestão parcialm. adequada
8,01 a 10	Gestão adequada
Avaliação:	Gestão parcialmente adequada

Anexo 1: Modelo de avaliação proposto por Dantas (2008).

APÊNDICE 1: MODELO DA AVALIAÇÃO TÉCNICA

APÊNDICE 2: MODELO DA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

APÊNDICE 3 –ÍNDICE DE QUALIDADE DE USINAS DE COMPOSTAGEM (IQC)

IQC - Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem					
Questão		Possibilidades		Resposta	Pontuação
1	Proximidade de	Longe >50	4	onge >500r	4
		Próximo	0		
2	Proximidade de Corpos	Longe >200m	4	Próximo	0
		Próximo	0		
3	Profundidade do Lençós	Maior 3m	2	de 1 a 3m	1
		de 1 a 3m	1		
		de 0 a 1m	0		
4	Permeabilidade do Solo	Baixa	2	Baixa	2
		Média	1		
		Alta	0		
5	Condições do Sistema	Boas	2	Regulares	1
		Regulares	1		
		Ruins	0		
6	Isolamento visual	Bom	2	Bom	2
		Ruim	0		
7	Legalidade de	Permitido	4	Permitido	4
		Proibido	0		
	subtotal1				14
8	Aterro para rejeitos	Adequadc	2	Controladc	1
		Controlad	1		
		Inexistent	0		
9	Cercamento da	Sim / Desr	1	Desneces	1
		Não	0		
10	Portaria ou	Sim / Desr	2	Desneces	2
		Não	0		
11	Controle de	Sim/Balan	2	im/Balanç	2
		Não	0		
12	Poço de recepção	Sim / Desr	4	Não	0
		Não	0		
13	Esteira de	Sim / Desr	5	Desneces	5
		Não	0		
14	Pátio de cura /	Sim	4	Não	0
		Não	0		
15	Impermeabilizaçã o do	Existente	5	nsuficient	2
		Insuficien	2		
		Inexistent	0		
16	Equipamento para	Sim / Desr	2	Desneces	2
		Não	0		
17	Baias para	Sim / Desr	3	Desneces	3
		Não	0		
18	Cobertura das	Sim	2	Não	0
		Não	0		
19	Prensas para	Sim	1	Sim	1
		Não	0		
20	Peneira para	Sim	1	Não	0
		Não	0		
21	Instalações de apoio	Boas	3	Regulares	1
		Regulares	1		
		Inexistent	0		
22	Drenagem de	Sim	2	Sim	2
		Não	0		
23	Drenagem de	Sim	2	Não	0
		Não	0		
24	Sistema de	Sim	2	Não	0
		Não	0		
25	Mopnitoramento	Sim	2	Sim	2
		Não	0		
	Subtotal 2				24

Questão		Possibilidades		Resposta	Pontuação
26	Aspecto geral da usina	Bom	5	Bom	5
		Regulares	3		
		Ruim	0		
27	Existência de moscas	Pouca	3	Normal	1
		Normal	1		
		Excessiva	0		
28	Exalação de odores	Só próxim	5	ntro da usi	3
		Dentro da	3		
		fora da us	0		
29	Capacidade de	Suficiente	4	Suficiente	4
		Insuficien	0		
30	Triagem na esteira	Eficiente	5	Regular	2
		Regular	2		
		Insuficien	0		
31	Controle de revirada	Eficiente	6	Eficiente	6
		Regular	3		
		Inexistent	0		
32	Controle de umidade	Eficiente	4	nexistente	0
		Regular	2		
		Inexistent	0		
33	Controle de temperat	Eficiente	4	Eficiente	4
		Regular	2		
		Inexistent	0		
34	Controle de pH nas	Eficiente	4	Regular	2
		Regular	2		
		Inexistent	0		
35	Peneiramento depois	Eficiente	2	Eficiente	2
		Regular	1		
		Inexistent	0		
36	Qualidade do material	Bom	4	Ruim	0
		Regular	2		
		Ruim	0		
37	Funcionamento do	Eficiente	4	Regular	2
		Regular	2		
		Inexistent	0		
38	Funcionamento do	Eficiente	2	Eficiente	2
		Regular	1		
		Inexistent	0		
39	Funcionamento do	Eficiente	3	Regular	1
		Regular	1		
		Inexistent	0		
subtotal 3					34
Total					72
ICQ = soma / 12					6,00

Avaliação	ICQ
Condições Adequadas	8,01 a 10,0
ndições Parcialmente Adequad	6,01 a 8,0
Condições Inadequadas	0,0 a 6,0

Fonte: Adaptado de Dantas(2008)

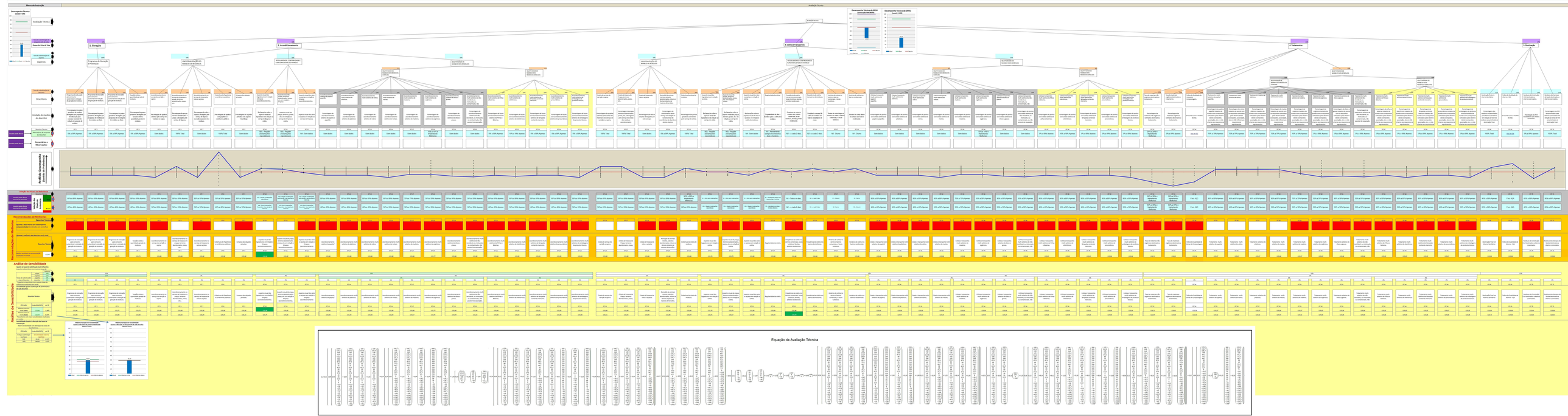
APÊNDICE 4 –ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS (IQA)

IQA - Índice de Qualidade de Aterros												
Questão		Possibilidades		Resposta	Pontuação	Questão		Possibilidades		Resposta	Pontuação
1	Capacidade de	adequada	4	adequada	4	27	Proteção de	existente	1	existente	1
		nadequad	0					nexistente	0		
2	Permeabilidade do solo	baixa	4	média	2	28	recolhimento	sim	4	sim	4
		média	2					não	0		
		alta	0			29	Compactação do	sim	5	sim	5
3	Proximidade de	nga (>500r	4	nga (>500r	4			não	0		
		próximo	0			30	Presença de	sim	1	sim	1
4	Proximidade de	nge (>200r	5	próximo	0			não	0		
		próximo	0			31	Presença de	sim	1	não	0
5	Profundidade do lençol	maior 3m	4	de 1 a 1m	0			não	0		
		de 1 3 m	2			32	Presença de	sim	2	sim	2
		de 1 a 1m	0					não	0		
6	Qualidade do material	ba (site-ar	4	ba (site-ar	4	33	Presença de	sim	3	sim	3
		regular	2					não	0		
		ruim	0			34	Existência de	sim	3	não	0
7	Disponibilidade do	suficiente	4	nsuficient	0			não	0		
		nsuficient	0			35	co-disposiçã	sim	3	sim	3
8	Condições de sistema	boas	3	regulares	2			não	0		
		regulares	2			36	Descarga de	sim	4	não	0
		ruins	0					não	0		
9	Isolamento Visual	bom	4	bom	4	37	Funcionamento da	Bom	4	Bom	4
		ruim	0					Ruim	0		
10	Legalidade de	c. Permiti	4	c. Permiti	4	38	Funcionamento da	Bom	2	Bom	2
		pc. Proibid	0					Ruim	0		
subtotal					24	39	Funcionamento da	m / s. Gera	5	Ruim	0
11	Cercamento da	sim	2	sim	2			Ruim	0		
		não	0			40	Funcionamento da	m / s. Gera	5	m / s. Gera	5
12	portaria/ guarita	sim	2	não	0			Ruim	0		
		não	0			41	Funcionamento	Bom	2	Bom	2
13	controle de cargas	sim	2	sim	2			Ruim	0		
		não	0			42	Funcionamento	Bom	2	Bom	2
14	Acesso à frente de	bom	2	ruim	0			Ruim	0		
		ruim	0			43	Funcionamento	Bom	2	Ruim	0
15	trator de esteiras ou	ermanent	4	riodicame	2			Ruim	0		
		riodicame	2			44	Funcionamento	sem relev	2	sem relev	2
		nexistente	0					Ruim	0		
16	outros equipam	sim	1	sim	1	45	Manutenção dos acessos	Boa	2	Regular	1
		não	0					Regular	1		
17	impermeabilizaçã	sim	5	sim	5			Péssima	0		
		não	0			subtotal					37
18	Drenagem do	sim	5	não	0	Total					89
		não	0			ICA = soma / 14					6,36
19	Drenagem de	sim	4	sim	4						
		não	0								
20	Drenagem de	sim	2	sim	2						
		não	0								
21	sistema de	sim	4	não	0						
		não	0								
22	sistema de	sim	5	sim	5						
		não	0								
23	Monitoramento	sim	2	sim	2						
		não	0								
24	Monitoramento	sim	2	sim	2						
		não	0								
25	Monitoramento da estabilid	sem relev	2	nsuficient	1						
		nsuficient	1								
		nexistente	0								
26	Plano de fechame	sim	1	não	0						
		não	0								
subtotal					28						

Avaliação	ICQ
Condições Adequadas	8,01 a 10,0
ndições Parcialmente Adequad	6,01 a 8,0
Condições Inadequadas	0,0 a 6,0

Fonte: Adaptado de Dantas (2008)

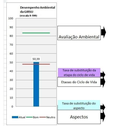
Apêndice 1: Estrutura da Avaliação Técnica

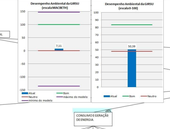


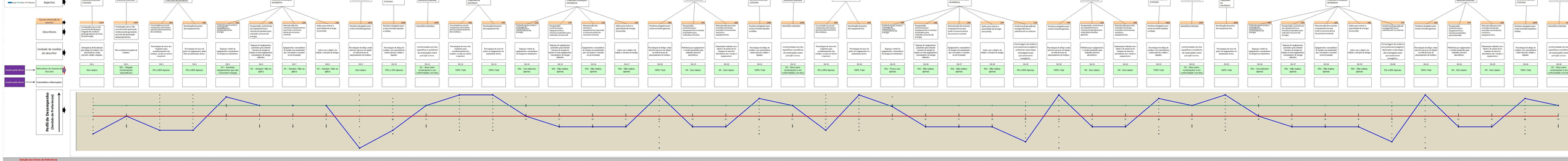
Apêndice 2: Estrutura da Avaliação Ambiental

Menu de Instruções

Avaliação Ambiental







Seleção dos Níveis de Referência

| | | |

APÊNDICE 3 –ÍNDICE DE QUALIDADE DE USINAS DE COMPOSTAGEM (IQC)

IQC - Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem					
Questão		Possibilidades		Resposta	Pontuação
1	Proximidade de	Longe >50	4	onge >500r	4
		Próximo	0		
2	Proximidade de Corpos	Longe >200m	4	Próximo	0
		Próximo	0		
3	Profundidade do Lençós	Maior 3m	2	de 1 a 3m	1
		de 1 a 3m	1		
		de 0 a 1m	0		
4	Permeabilidade do Solo	Baixa	2	Baixa	2
		Média	1		
		Alta	0		
5	Condições do Sistema	Boas	2	Regulares	1
		Regulares	1		
		Ruins	0		
6	Isolamento visual	Bom	2	Bom	2
		Ruim	0		
7	Legalidade de	Permitido	4	Permitido	4
		Proibido	0		
	subtotal1				14
8	Aterro para rejeitos	Adequadc	2	Controladc	1
		Controlad	1		
		Inexistent	0		
9	Cercamento da	Sim / Desr	1	Desneces	1
		Não	0		
10	Portaria ou	Sim / Desr	2	Desneces	2
		Não	0		
11	Controle de	Sim/Balan	2	im/Balanç	2
		Não	0		
12	Poço de recepção	Sim / Desr	4	Não	0
		Não	0		
13	Esteira de	Sim / Desr	5	Desneces	5
		Não	0		
14	Pátio de cura /	Sim	4	Não	0
		Não	0		
15	Impermeabilização do	Existente	5	nsuficient	2
		Insuficien	2		
		Inexistent	0		
16	Equipamento para	Sim / Desr	2	Desneces	2
		Não	0		
17	Baias para	Sim / Desr	3	Desneces	3
		Não	0		
18	Cobertura das	Sim	2	Não	0
		Não	0		
19	Prensas para	Sim	1	Sim	1
		Não	0		
20	Peneira para	Sim	1	Não	0
		Não	0		
21	Instalações de apoio	Boas	3	Regulares	1
		Regulares	1		
		Inexistent	0		
22	Drenagem de	Sim	2	Sim	2
		Não	0		
23	Drenagem de	Sim	2	Não	0
		Não	0		
24	Sistema de	Sim	2	Não	0
		Não	0		
25	Mopnitoramento	Sim	2	Sim	2
		Não	0		
	Subtotal 2				24

Questão		Possibilidades		Resposta	Pontuação
26	Aspecto geral da usina	Bom	5	Bom	5
		Regulares	3		
		Ruim	0		
27	Existência de moscas	Pouca	3	Normal	1
		Normal	1		
		Excessiva	0		
28	Exalação de odores	Só próxim	5	ntro da usi	3
		Dentro da	3		
		fora da us	0		
29	Capacidade de	Suficiente	4	Suficiente	4
		Insuficien	0		
30	Triagem na esteira	Eficiente	5	Regular	2
		Regular	2		
		Insuficien	0		
31	Controle de revirada	Eficiente	6	Eficiente	6
		Regular	3		
		Inexistent	0		
32	Controle de umidade	Eficiente	4	nexistente	0
		Regular	2		
		Inexistent	0		
33	Controle de temperat	Eficiente	4	Eficiente	4
		Regular	2		
		Inexistent	0		
34	Controle de pH nas	Eficiente	4	Regular	2
		Regular	2		
		Inexistent	0		
35	Peneiramento depois	Eficiente	2	Eficiente	2
		Regular	1		
		Inexistent	0		
36	Qualidade do material	Bom	4	Ruim	0
		Regular	2		
		Ruim	0		
37	Funcionamento do	Eficiente	4	Regular	2
		Regular	2		
		Inexistent	0		
38	Funcionamento do	Eficiente	2	Eficiente	2
		Regular	1		
		Inexistent	0		
39	Funcionamento do	Eficiente	3	Regular	1
		Regular	1		
		Inexistent	0		
				subtotal 3	34
				Total	72
				ICQ = soma / 12	6,00

Avaliação	ICQ
Condições Adequadas	8,01 a 10,0
ndições Parcialmente Adequad	6,01 a 8,0
Condições Inadequadas	0,0 a 6,0

Fonte: Adaptado de Dantas(2008)

APÊNDICE 4 –ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERROS (IQA)

IQA - Índice de Qualidade de Aterros												
Questão		Possibilidades		Resposta	Pontuação	Questão		Possibilidades		Resposta	Pontuação
1	Capacidade de	adequada	4	adequada	4	27	Proteção de	existente	1	existente	1
		nadequad	0					nexistente	0		
2	Permeabilidade do solo	baixa	4	média	2	28	recolhimento	sim	4	sim	4
		média	2					não	0		
		alta	0			29	Compactação do	sim	5	sim	5
3	Proximidade de	nga (>500r	4	nga (>500r	4			não	0		
		próximo	0			30	Presença de	sim	1	sim	1
4	Proximidade de	nge (>200r	5	próximo	0			não	0		
		próximo	0			31	Presença de	sim	1	não	0
5	Profundidade do lençol	maior 3m	4	de 1 a 1m	0			não	0		
		de 1 3 m	2			32	Presença de	sim	2	sim	2
		de 1 a 1m	0					não	0		
6	Qualidade do material	ba (site-ar	4	ba (site-ar	4	33	Presença de	sim	3	sim	3
		regular	2					não	0		
		ruim	0			34	Existência de	sim	3	não	0
7	Disponibilidade do	suficiente	4	nsuficient	0			não	0		
		nsuficient	0			35	co-disposiçã	sim	3	sim	3
8	Condições de sistema	boas	3	regulares	2			não	0		
		regulares	2			36	Descarga de	sim	4	não	0
		ruins	0					não	0		
9	Isolamento Visual	bom	4	bom	4	37	Funcionamento da	Bom	4	Bom	4
		ruim	0					Ruim	0		
10	Legalidade de	c. Permiti	4	c. Permiti	4	38	Funcionamento da	Bom	2	Bom	2
		pc. Proibid	0					Ruim	0		
	subtotal				24	39	Funcionamento da	m / s. Gera	5	Ruim	0
11	Cercamento da	sim	2	sim	2			Ruim	0		
		não	0			40	Funcionamento da	m / s. Gera	5	m / s. Gera	5
12	portaria/ guarita	sim	2	não	0			Ruim	0		
		não	0			41	Funcionamento	Bom	2	Bom	2
13	controle de cargas	sim	2	sim	2			Ruim	0		
		não	0			42	Funcionamento	Bom	2	Bom	2
14	Acesso à frente de	bom	2	ruim	0			Ruim	0		
		ruim	0			43	Funcionamento	Bom	2	Ruim	0
15	trator de esteiras ou	ermanent	4	riodicame	2			Ruim	0		
		riodicame	2			44	Funcionamento	sem relev	2	sem relev	2
		nexistente	0					Ruim	0		
16	outros equipam	sim	1	sim	1	45	Manutenção dos acessos	Boa	2	Regular	1
		não	0					Regular	1		
17	impermeabilizaçã	sim	5	sim	5			Péssima	0		
		não	0			subtotal					37
18	Drenagem do	sim	5	não	0	Total					89
		não	0			ICA = soma / 14					6,36
19	Drenagem de	sim	4	sim	4						
		não	0								
20	Drenagem de	sim	2	sim	2						
		não	0								
21	sistema de	sim	4	não	0						
		não	0								
22	sistema de	sim	5	sim	5						
		não	0								
23	Monitoramento	sim	2	sim	2						
		não	0								
24	Monitoramento	sim	2	sim	2						
		não	0								
25	Monitoramento da estabilid	sem relev	2	nsuficient	1						
		nsuficient	1								
		nexistente	0								
26	Plano de fechame	sim	1	não	0						
		não	0								
	subtotal				28						

Avaliação	ICQ
Condições Adequadas	8,01 a 10,0
ndições Parcialmente Adequad	6,01 a 8,0
Condições Inadequadas	0,0 a 6,0

Fonte: Adaptado de Dantas (2008)