

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**A GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS: UMA
ABORDAGEM POR MEIO DA ANÁLISE MULTIOBJETIVO
E MULTICRITÉRIO**

BERNARDO SOUZA CORDEIRO

ORIENTADOR: MARCO ANTONIO ALMEIDA DE SOUZA

DISSERTAÇÃO EM
TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

PUBLICAÇÃO: PTARH.DM – 132/2010
BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO – 2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**A GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS: UMA
ABORDAGEM POR MEIO DA ANÁLISE MULTIOBJETIVO
E MULTICRITÉRIO**

BERNARDO SOUZA CORDEIRO

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS.**

APROVADA POR:

Prof. MARCO ANTONIO ALMEIDA DE SOUZA, Ph.D. (UnB)
(Orientador)

Prof. OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO, D.Sc. (UnB)
(Examinador Interno)

Prof. MIGUEL MANSUR AISSE, D.Sc. (UFPR)
(Examinador Externo)

Brasília - DF, 16 de Abril de 2010.

FICHA CATALOGRÁFICA

CORDEIRO, BERNARDO SOUZA.

A Gestão de Lodos de Fossas Sépticas: Uma Abordagem por Meio da Análise Multiobjetivo e Multicritério. [Distrito Federal. 2010].

xviii, 143 p. 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2010).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Lodo de fossa séptica

2. Análise Multicritério

3. Gestão de lodos de fossas sépticas

4. Seleção de Sistemas

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CORDEIRO, B. S. (2010). A Gestão de Lodos de Fossas Sépticas: Uma Abordagem por Meio da Análise Multiobjetivo e Multicritério. Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM - 132/2010, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 143 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Bernardo Souza Cordeiro

Título: A Gestão de Lodos de Fossas Sépticas: Uma Abordagem por Meio da Análise Multiobjetivo e Multicritério.

Grau: Mestre

Ano: 2010

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta publicação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva os direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Bernardo Souza Cordeiro.

Rua Honório Lobo 69, Centro

Formosa – GO CEP: 73801-450

Endereço eletrônico: cordeirobs@gmail.com

*Ao meu pai, meu maior incentivador na realização deste mestrado,
e à minha mãe, cujo amor e dedicação não tenho palavras para descrever,
dedico cada segundo de esforço empregado na realização deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, que proporcionaram todas as condições necessárias à realização desse mestrado. Agradeço também a meus irmãos, que mostraram paciência e mantiveram ótima convivência ao longo de todo esse período vivido.

Agradeço à Talita, minha companheira e confidente, que foi quem mais compartilhou comigo as dores e alegrias desse mestrado.

Ao professor Marco Antônio, que transpôs a relação convencional entre professor e aluno, tornando-se um grande amigo. Agradeço pela amizade.

Aos colegas que compartilharam comigo os momentos difíceis dessa jornada.

Ao povo brasileiro, que, por intermédio do CNPq, me confiou e concedeu uma bolsa de estudos.

A GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS: UMA ABORDAGEM POR MEIO DA ANÁLISE MULTIOBJETIVO E MULTICRITÉRIO

RESUMO

O intuito desta dissertação foi a elaboração de uma metodologia de apoio à gestão de lodos de fossas sépticas com base em métodos multiobjetivo e multicritério. A problemática desses resíduos caracteriza-se pela existência de diversos objetivos a serem cumpridos, pelo grande número de alternativas possíveis, pelos diferentes critérios de comparação dessas alternativas e pela presença de atores com aspirações e influências variadas no processo decisório. Em virtude disso, procurou-se desenvolver uma ferramenta que permitisse levar em consideração essa complexidade do problema. Para se alcançar essa proposta, debruçou-se sobre diferentes fontes de informações: referências bibliográficas técnicas e científicas, consulta a especialista e avaliação de um caso real.

Como parte da metodologia de pesquisa, foi realizado o I *Workshop* em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas, com o intuito de reunir especialistas para discutir a gestão dos lodos de fossas sépticas e coletar dados para esta dissertação. Para tanto, foi realizada uma série de apresentações ligadas à temática da gestão dos lodos de fossa séptica. Em seguida, foi aplicado aos convidados um questionário desenvolvido com apoio da técnica *Delphi* de aquisição de dados em grupos de pessoas, com adaptações. Obtiveram-se dados a respeito da definição do problema local, dos objetivos do plano de gestão, do levantamento dos atores, da quantificação da influência desses atores na gestão dos lodos de fossas e da definição de critérios de avaliação de alternativas e seus pesos.

Desenvolveu-se a metodologia de apoio na forma de treze passos a serem seguidos por quem se propõe a utilizá-la. Foi proposta a divisão de cada alternativa em quatro partes: coleta, transporte, tratamento e destinação final. A metodologia utilizada para a avaliação dos critérios foi a elaboração de planilhas pontuadas, nas quais se atribuem notas para as alternativas levantadas. Quatro classes de objetivos são consideradas na metodologia proposta: econômico/ financeiros, ambientais, sociais e técnicos, que se desdobraram em oito critérios de avaliação de alternativas.

Aplicou-se a metodologia de apoio ao caso da cidade de Formosa, Goiás. Ela mostrou-se eficiente em sua aplicação na cidade, com relativa simplicidade operacional. Os resultados obtidos foram coerentes com o que já é realizado pela companhia de saneamento local, que realiza o cotratamento dos lodos de fossas na estação de tratamento de esgotos.

O uso de métodos multiobjetivo e multicritério permitiu acrescentar à análise do problema as perspectivas de diferentes objetivos, como econômico, social e ambiental. Essa diversidade de fatores considerados e inseridos na metodologia de apoio mostrou-se pertinente e pode ser de utilidade para instituições responsáveis pela gestão do lodo de fossas sépticas, de modo que os interesses de determinado ator do processo decisório não se sobreponha ao de outros, inclusive aos da população em geral.

PALAVRAS-CHAVE: lodo de fossa séptica, gestão de lodos de fossas sépticas, análise multicritério, seleção de alternativas.

THE SEPTAGE MANAGEMENT: AN APPROACH BY MEANS OF MULTIOBJECTIVE AND MULTICRITERIA ANALYSIS

ABSTRACT

The main purpose of this dissertation is the elaboration of a methodology to support the septage management. The septage problem is characterized by the existence of multiple objectives to be fulfilled, the great number of possible alternatives, the different criteria to compare the alternatives and the diversity of actors, with their own aspirations and different degree of influence in the decision taking. In order to reach this goal, a great variety of sources were researched: technical and scientific resources, experts and a case study.

As a part of the research methodology, a conference entitled “I Workshop on Septage Management” was accomplished in order to gather experts to discuss the septage management and collect data. A series of lectures about septage management were presented. Following them, a questionnaire was applied to the guests, witch was developed using the Delphi technique. The data obtained were the definition of the local problem, the objectives of the management plan, the description of the actors and the quantification of their influence.

The methodology developed comprises thirteen steps. The alternatives were divided into four parts: collection, transportation, treatment and final destination. The methodology chosen to evaluate the criteria were score tables, where the performance of the alternatives were measured. Four classes of objectives were considered: economical/ financial, environmental, social and technical, which were then divided into eight evaluation criteria.

The methodology to support the septage management was applied to the city of Formosa, Goiás. It has shown to be efficient in its application, with operational simplicity. The obtained results were coherent with the strategy of management being used by local sanitation company, which co-treats the septage with the conventional sewage.

The use of multiobjective and multicriteria approach added different views to the problem analysis, such as economic, social and environmental. This diversity of factors considered and used in the methodology was considered consistent and it can be used by institutions in charge of the septage management, so that the interests of a certain actor will not surpass another's, including the population in general.

KEYWORDS: septage, septage management, multicriteria analysis, selection of alternatives.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	5
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 – LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS E SUA PROBLEMÁTICA	6
3.1.1 – Fossas Sépticas	6
3.1.2 – Lodos de Fossas Sépticas	8
3.1.3 – Composição e Características dos Lodos de Fossas Sépticas	9
3.2 – GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS	11
3.2.1 – Alguns Aspectos Conceituais	11
3.2.2 – Algumas Experiências ou Recomendações na Gestão de Lodos de Esgoto ou de Fossas Sépticas	15
3.3 – ASPECTOS TEÓRICOS DO PLANEJAMENTO	18
3.4 – MÉTODOS MULTIOBJETIVO E MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO	21
3.4.1 – Alguns Conceitos Básicos	23
3.4.2 – Classificação dos Métodos Multiobjetivo e Multicritério	24
3.4.3 – Método PROMETHEE	25
3.4.4 – Método da Programação de Compromisso	28
3.4.5 – Método TOPSIS	29
3.4.6 – Métodos da Série ELECTRE	30
3.4.7 – Método AHP	35
3.5 – TOMADA DE DECISÃO E OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES COM GRUPOS DE PESSOAS	38
3.5.1 – Técnica Nominal de Grupo (TNG)	39
3.5.2 – Técnica <i>Delphi</i>	40
3.5.2.1 – Aplicações da Técnica <i>Delphi</i>	42
4 – METODOLOGIA DE PESQUISA	44
5 – FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APOIO À GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS	48
5.1 – O I WORKSHOP EM GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS	48
5.1.1 – Resultados do Workshop	50
5.1.2 – Comentários adicionais sobre os resultados do Workshop	54

5.2 – METODOLOGIA DE APOIO À GESTÃO DOS LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS	56
5.2.1 – Descrição da metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas	56
5.2.2 – Levantamento de Alternativas	65
5.2.2.1 – Coleta	67
5.2.2.2 – Transporte	72
5.2.2.3 – Tratamento ou Condicionamento	72
5.2.2.4 – Destinação final	79
5.2.3 – Levantamento e avaliação dos critérios	83
5.2.3.1 – Critério de custo de implantação	85
5.2.3.2 – Critério de custo de operação e manutenção	87
5.2.3.3 – Critério de impactos negativos na implantação	89
5.2.3.4 – Critério de Impactos sociais e ambientais negativos da operação	90
5.2.3.5 – Critério de geração de renda / empregos	92
5.2.3.6 – Critério de aceitabilidade	93
5.2.3.7 – Critério de complexidade da operação	93
5.2.3.8 – Critério de Confiabilidade	94
6 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APOIO À GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS – CIDADE DE FORMOSA, GOIÁS	96
6.1 – DESCRIÇÃO GERAL DA CIDADE DE FORMOSA – GO	96
6.1.1 – Aspectos Históricos	96
6.1.2 – Geografia e Economia	97
6.1.3 – Infraestrutura de Saneamento	101
6.2 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APOIO	105
6.2.1 – Passo 1: Definição do Problema Local e Objetivos do Plano de Gestão ..	105
6.2.2 – Passo 2: Levantamento de dados sobre a cidade	106
6.2.3 – Passo 3: Definição dos Atores	107
6.2.4 – Passo 4: Formulação e triagem inicial das alternativas	107
6.2.5 – Passos 5 e 6: Definição dos critérios e construção da matriz de avaliação	110
6.2.5.1 – Custo de implantação	110
6.2.5.2 – Critério de custo de operação e manutenção	111
6.2.5.3 – Critério de impactos negativos na implantação	111

6.2.5.4 – Critério de impactos sociais e ambientais negativos da operação	112
6.2.5.5 – Critério de geração de renda / empregos	112
6.2.5.6 – Critério de aceitabilidade	112
6.2.5.7 – Critério de complexidade da operação	113
6.2.5.8 – Critério de Confiabilidade	113
6.2.6 – Passo 7 e seguintes: Avaliação das alternativas	114
6.2.6.1 – Definição dos pesos	114
6.2.6.2 – Aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério	115
6.2.6.3 – Programação de Compromisso	120
6.2.6.4 – TOPSIS	121
6.2.6.5 – AHP e Promethee II	121
6.2.6.6 – ELECTRE III	122
6.2.6.8 – Comentários gerais sobre os resultados dos métodos multiobjetivo e multicritério	123
6.2.6.9 – Continuação da aplicação da metodologia de apoio	123
6.2.7. Avaliação da Metodologia de Apoio	126
7 – CONCLUSÕES	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132
REFERÊNCIAS EM <i>APUD</i>	138
APÊNDICE	139
APÊNDICE A	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Exemplo do esquema básico de funcionamento de uma fossa séptica	7
Figura 4.1 – Fluxograma da metodologia de pesquisa	47
Figura 5.1 – Fluxograma da metodologia de apoio	58
Figura 5.2 – Composição de uma alternativa genérica	65
Figura 5.3 – Obtenção de alternativas em uma localidade hipotética quando há partes sucessivas que não são necessariamente compatíveis	66
Figura 5.4 – Coleta do lodo de uma fossa séptica utilizando tanque de sucção	69
Figura 5.5 – Tanque de sucção de pequeno porte com bombeamento mecânico	71
Figura 5.6 – Coleta do lodo utilizando equipamento de bombeamento movido manualmente	71
Figura 6.2 – Cidade de Formosa	98
Figura 6.2 – Localização de Formosa e do entorno do Distrito Federal	100
Figura 6.3 – Municípios pertencentes à RIDE (Brasil, 2003)	100
Figura 6.4 – Imagem de Formosa com destaque para o percurso do Córrego Josefa Gomes.	102
Figura 6.5 – Imagem da ETE Formosa, a Lagoa Feia, ao fundo, e a nascente do Rio Preto	104
Figura 6.6 – Imagem de Formosa com destaque para a delimitação aproximada da região com coleta e tratamento de esgoto	104
Figura 6.7 – Número de vezes em que as alternativas 9, 10, 11 e 12 se posicionaram na 1º posição (a), na 2ª (b), na 3ª (c) e na 4ª (d)	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Concentrações típicas dos constituintes de lodos de fossa	10
Tabela 3.2 – Características dos parâmetros convencionais nos lodos de fossa	10
Tabela 3.3 – Características dos lodos de fossa em dois países asiáticos	11
Tabela 3.4 – Versões do ELECTRE e algumas características	31
Tabela 3.5 – Escala de preferências no método AHP	36
Tabela 5.1 – Compilação das respostas do questionário aplicado no I <i>Workshop</i> em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas – Parte 1	51

Tabela 5.2 – Compilação das respostas do questionário aplicado no I <i>Workshop</i> em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas – Parte 2	53
Tabela 5.3 – Peso médio obtido para cada objetivo, com os respectivos critérios referenciados na Tabela 5.2	53
Tabela 5.4: Dados de possível relevância em um contexto local	60
Tabela 5.5: Síntese dos critérios para avaliação multiobjetivo e multicritério	84
Tabela 5.6: Planilha de avaliação dos custos de implantação	86
Tabela 5.7: Necessidade de área para diversos processos	87
Tabela 5.8: Magnitude do custo de construção para diversos processos	87
Tabela 5.9: Planilha de avaliação dos custos de operação e manutenção	88
Tabela 5.10: Custo de operação e de manutenção para diversos processos	89
Tabela 5.11: Necessidade de produtos químicos para diversos processos	89
Tabela 5.12: Planilha de impactos negativos na implantação	90
Tabela 5.13: Planilha de Impactos sociais e ambientais negativos da operação	91
Tabela 5.14: Potencial de odor para diversos processos	91
Tabela 5.15: Planilha de geração de renda / empregos	92
Tabela 5.16: Planilha de aceitabilidade	93
Tabela 5.17: Planilha de Complexidade da operação	94
Tabela 5.18: Necessidade de pessoal especializado para diversos processos	94
Tabela 5.19: Planilha de Confiabilidade	95
Tabela 6.1 – Previsão de crescimento populacional para o município de Formosa	101
Tabela 6.2 - Descrição das principais conseqüências do lançamento inadequado dos lodos de fossas sépticas para Formosa	106
Tabela 6.3 - Descrição das principais informações coletadas a respeito de Formosa	108
Tabela 6.4: Triagem inicial das alternativas	109
Tabela 6.5: Alternativas levantadas para a cidade de Formosa	110
Tabela 6.6: Matriz de avaliação (Payoff) das alternativas segundo cada critério	113
Tabela 6.7: Pesos normalizados calculados para cada objetivo, obtidos do Workshop	114
Tabela 6.8: Pesos normalizados calculados para cada objetivo, provenientes do <i>Workshop</i>	115
Tabela 6.9: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando peso igual para todos os critérios	117
Tabela 6.10: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos obtidos no Workshop	117

Tabela 6.11: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos que priorizam os critérios ambientais / sanitários	118
Tabela 6.12: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos que priorizam os critérios econômicos	118
Tabela 6.13: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos que priorizam os critérios sociais	119
Tabela 6.14: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos que priorizam os critérios técnicos	119
Tabela 6.12: Resultados obtidos da aplicação do ELECTRE III com o novo valor do limiar de veto	124
Tabela 6.13: Número de vezes em que as alternativas 9, 10, 11 e 12 se posicionaram da 1º à 4ª posição	124

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADASA	Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de Águas
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ELECTRE	<i>ELimination Et Choix Traduisant la RÉalité</i>
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura no Brasil
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PROMETHEE	<i>PReference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations</i>
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

PTARH	Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da Universidade de Brasília
RIDE	Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno
SANEAGO	Saneamento de Goiás S/A
SEDUMA	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do DF
TOPSIS	<i>Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution</i>

1 – INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das civilizações e com a tendência da concentração populacional em zonas urbanas, a necessidade de ações em saneamento aumentou. Seja pelo crescimento da preocupação ambiental ou por problemas de saúde pública, a coleta e o tratamento de águas residuárias são colocados no topo das agendas de discussão nas sociedades modernas.

No Brasil, a realidade da área de saneamento, no que tange às águas residuárias domésticas, apresenta diversos contrastes. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB (2002), publicada pelo IBGE, pouco mais de 40% dos municípios brasileiros dispõem de coleta de esgoto sanitário. Desse total, apenas 35% tratam esses esgotos coletados, sendo o restante lançado em estado bruto diretamente em rios, lagos ou no mar.

Por outro lado, nos municípios em que os esgotos não são coletados, cerca de 60% dos casos, deveriam idealmente estar sendo usados sistemas alternativos de tratamento. De fato, de acordo com a pesquisa supracitada, em torno de 90% dessas localidades utilizam fossas sépticas ou fossas secas como um sistema alternativo de tratamento de esgotos.

Considerando esses dados, percebe-se a importância e a abrangência que os sistemas de tratamento individual, em especial as fossas sépticas, têm no contexto do saneamento brasileiro. Seja por aspectos econômicos, técnicos ou até mesmo políticos, a ausência de redes de coleta forçou que se adotasse essa solução em grande parte das residências brasileiras. Entretanto, além do aspecto de saúde pública, sua importância do ponto de vista ambiental também é extremamente relevante. Isso porque esses sistemas, quando mal operados e seus resíduos dispostos de forma inadequada, geram impactos negativos tanto na saúde pública quanto no meio ambiente.

As fossas sépticas, do ponto de vista técnico, são sistemas anaeróbios de tratamento individual de esgotos sanitários. Entretanto, para se considerarem os diversos tipos de fossas existentes e para se utilizar um vocábulo mais próximo do entendimento dos decisores e da população, adota-se essa denominação popular.

Ao longo dos meses de funcionamento, as fossas sépticas geram diversos resíduos, provenientes do esgoto, e que são retidos em seu interior. Esses resíduos, genericamente chamados de lodos de fossas sépticas, devem ser removidos periodicamente, para não comprometerem o funcionamento do sistema. Nessas ocasiões, o conteúdo das fossas é bombeado, retirando todo sólido e líquido presente em seu interior.

Os lodos de fossas sépticas contêm grande quantidade de nutrientes, material orgânico e podem conter patógenos e diversos outros poluentes. Por esse motivo, devem ser dispostos adequadamente para evitar riscos ambientais e sanitários. Entretanto, é prática comum em países em desenvolvimento, como o Brasil, o lançamento indiscriminado de toneladas de lodos de fossas em redes de drenagem pluvial, corpos d'água ou terrenos baldios. Também é comum seu uso agrícola sem os cuidados e orientações pertinentes (Strauss e Montangero, 2002).

Diante dessa problemática, percebe-se que deve haver um planejamento no que se refere às atividades ligadas aos lodos de fossas sépticas. Segundo Koontz e O'Donnell (1981), planejar alguma atividade tem como principais motivos a proteção contra as incertezas, manter os esforços e a aplicação de recursos eficientemente focados nos objetivos e facilitar o controle das atividades. No caso da gestão dos lodos de fossas, a complexidade do problema, a existência de múltiplos interessados e as diversas alternativas disponíveis reforçam a necessidade de serem realizados planos que cumpram, no mínimo, os objetivos de proteção ambiental e sanitária.

Segundo Klingel *et al.* (2002), é comum e mais provável que parta do poder público o interesse pelo planejamento e gestão dos lodos de fossas. O pouco interesse do cidadão comum vem do fato de que ele não recebe benefícios diretos dessas ações, mas sim benefícios indiretos, como os de saúde. Isso mostra a importância que a conscientização das autoridades tem nesse processo, e de se estabelecerem ferramentas que orientem e facilitem a tomada de decisão.

Uma metodologia de apoio à decisão pode ser entendida como uma ferramenta que auxilia os decisores, dando instruções e orientações sobre etapas a serem cumpridas para se chegar à escolha de alternativas coerentes com os objetivos propostos. Geralmente, os problemas

na área de gestão em saneamento têm uma alta complexidade, sendo necessárias ferramentas desse tipo para se elaborarem planos de ação efetivos e sustentáveis.

Na gestão de lodos de fossa, esse quadro não é diferente. Os problemas são caracterizados pela existência de diversos objetivos a serem cumpridos, sendo eles sanitários, ambientais, econômicos, entre outros. Além disso, na avaliação das muitas alternativas possíveis, há uma grande quantidade de critérios de comparação. Também há diversos interessados, que têm diferentes graus de influência no processo decisório. Frente a esse universo, uma metodologia de apoio à gestão a ser proposto exigiria técnicas específicas para lidar com toda a complexidade do problema.

Nesse contexto, surgem os métodos multiobjetivo e multicritério, que são ferramentas matemáticas criadas para auxiliar na escolha de alternativas de compromisso com as peculiaridades dos problemas e com os diversos interesses. Acopladas aos métodos multiobjetivo e multicritério, torna-se usual recorrer a outras técnicas que venham a auxiliar o processo de decisão, como é o caso da técnica *Delphi* para a coleta de dados.

É focalizando essa realidade exposta que se propõe, neste trabalho, desenvolver uma metodologia de apoio à gestão de lodos de fossas sépticas que permita avaliar alternativas diversas de solução do problema e que leve em conta sua complexidade. Não se pretende com essa metodologia dar uma resposta definitiva à questão da gestão desses lodos, mas sim dar um passo em direção à melhoria da tomada de decisão nesse setor e fomentar a discussão dessa temática tão importante.

Essa dissertação é composta por 7 capítulos, sendo o primeiro deles esta introdução. No segundo capítulo, são apresentados os objetivos deste trabalho. No terceiro, é feita uma revisão bibliográfica, em que se preocupou em descrever aspectos gerais do planejamento, lodos de fossas sépticas, sua gestão e métodos multiobjetivo e multicritério. O Capítulo 4 expõe os procedimentos utilizados para a elaboração da pesquisa.

No Capítulo 5, são discutidos os resultados obtidos para a dissertação. Primeiramente, são apresentados os dados obtidos no I *Workshop* em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas.

Dando prosseguimento, é descrita a Metodologia de Apoio proposta e, no Capítulo 6, ela é aplicada a um caso real. No último capítulo, o sétimo, são tecidas as conclusões obtidas a respeito das etapas anteriores desse trabalho e feitas recomendações para trabalhos futuros a partir da experiência de realização desta dissertação.

2 – OBJETIVOS

Esta pesquisa teve o objetivo geral de desenvolver uma metodologia capaz de indicar e selecionar, para localidades e situações urbanas, as alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas que melhor atendam a critérios estabelecidos de acordo com a realidade local e com as preferências dos atores envolvidos. O intuito principal foi o desenvolvimento de uma metodologia capaz de auxiliar o planejamento de ações ligadas à gestão desses lodos em municípios brasileiros.

Os objetivos específicos da pesquisa foram assim delineados:

1. Adquirir compreensão global a respeito da problemática de gestão de lodos de fossas, incluindo:
 - As principais alternativas tecnológicas utilizadas no planejamento da gestão desses lodos em âmbito nacional e internacional;
 - Os objetivos de planos de gestão de lodos de fossas sépticas;
 - Os atores envolvidos e suas preferências.
2. Estudar e desenvolver modos de quantificar os principais critérios de avaliação de alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas;
3. Verificar o desempenho da metodologia desenvolvida por intermédio de sua aplicação a um estudo de caso;
4. Avaliar a pertinência da aplicação de abordagens multiobjetivo e multicritério em problemas de gestão de lodos de fossas sépticas.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS E SUA PROBLEMÁTICA

3.1.1 – Fossas Sépticas

As unidades popularmente conhecidas como fossas sépticas, do ponto de vista técnico, são sistemas anaeróbios de tratamento individual de esgotos sanitários, e possuem características básicas muito conhecidas e difundidas na literatura técnica de saneamento. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004) refere-se a esses sistemas de tratamento pela nomenclatura usual “fossas sépticas”, e as diferencia das chamadas “fossas secas” e “fossas negras”. Também há outras denominações, como a dada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) para os sistemas que seguem sua normatização, que é a de “tanques sépticos”. No entanto, no Brasil, percebe-se que a denominação “fossas sépticas” é utilizada amplamente para sistemas que não necessariamente seguem normatização alguma, como as chamadas latrinas, cloacas, fossas negras e fossas secas, entre outras. Em virtude disso, para exclusivo uso neste trabalho, optou-se por utilizar o termo “fossas sépticas” para se considerarem os diversos tipos de fossas existentes, feitas de acordo com normatização ou não, dando uma conotação genérica. Isso porque a gestão dos lodos de fossa é feita sem distinção do tipo de sistema utilizado. Outro aspecto considerado é o fato de o termo “fossa” ser um vocábulo mais próximo do entendimento dos decisores e da população em geral, usuária do sistema. Adicionalmente, o termo “fossa séptica” foi a nomenclatura usada pelo Programa de Pesquisas em Saneamento Básico - PROSAB, do qual esta pesquisa fez parte.

Segundo a ABNT (1993), os tanques sépticos (a partir de agora inseridos na denominação “fossas sépticas”) são unidades para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão anaeróbia. Enquadram-se nos sistemas de tratamento de águas residuárias *in situ*. São sistemas amplamente usados em localidades onde não há ou não é viável a instalação de redes de coleta de esgoto. Metcalf & Eddy (1991) confirmam essa afirmação, indicando que são aplicáveis a pequenas comunidades onde os custos de instalação e manutenção tornam as técnicas de tratamento convencionais impraticáveis.

Em seu funcionamento básico, as fossas sépticas devem exercer as funções de decantação, remoção de material flutuante e digestão anaeróbia do material decantado. Na Figura 3.1, é ilustrado o esquema de uma das configurações possíveis para fossas sépticas. Conforme mostra a figura, ao entrar na fossa, o esgoto bruto é conduzido à sua parte inferior, normalmente por uma placa defletora. A massa de sólidos sedimentáveis se acumula, constituindo o lodo de fundo, enquanto materiais flutuantes como alguns sólidos particulados, óleos e graxas se acumulam na superfície central, constituindo a espuma. A saída se dá na extremidade oposta, onde outra placa defletora impede a saída da espuma. O líquido efluente deve ser encaminhado a sistemas de pós-tratamento.

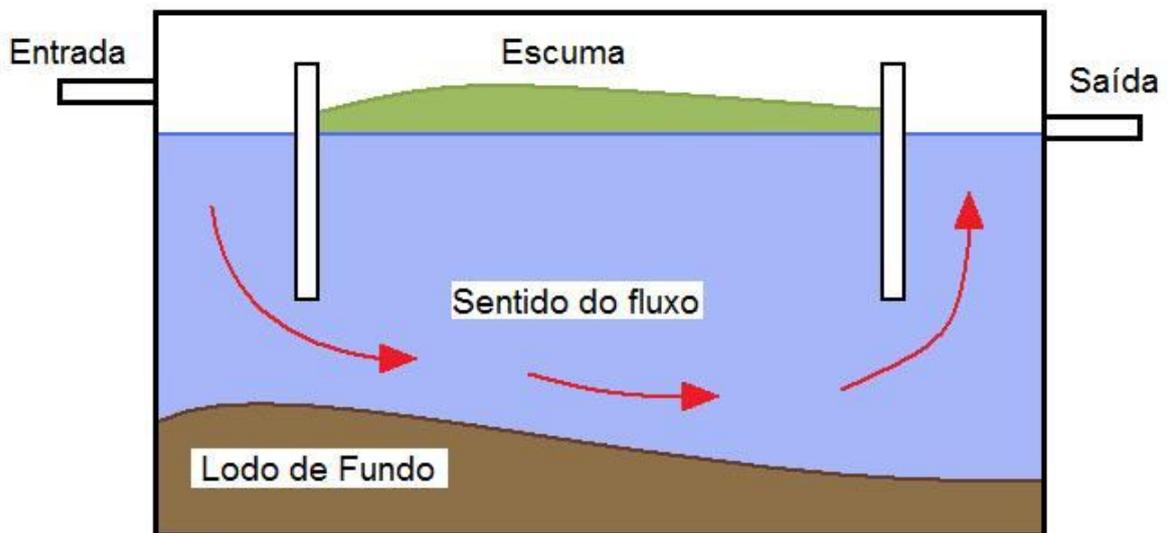


Figura 3.1 – Exemplo do esquema básico de funcionamento de uma fossa séptica

Parte do material orgânico acumulado no fundo é digerida por microrganismos facultativos e anaeróbios. Apesar da constante decomposição do material orgânico, globalmente há um acúmulo contínuo de lodo ao longo dos meses de operação. Paralelamente, a quantidade de espuma aumenta com o aporte de material do esgoto e também devido ao arraste de partículas pelos gases produzidos na decomposição do lodo. O aumento da quantidade de espuma e de lodo causa redução do volume útil da fossa séptica. Por esse motivo, esses acúmulos devem ser removidos periodicamente para não comprometerem o funcionamento do sistema (Metcalf & Eddy, 1991).

Atualmente no Brasil os aspectos que concernem às fossas sépticas são normatizados pela ABNT por intermédio de duas normas: a NBR 7.229/1993 e a NBR 13.969/1997. A primeira delas trata do projeto e dos aspectos construtivos e operacionais das fossas sépticas, e apresenta parâmetros para o dimensionamento e inspeção do funcionamento desses sistemas. A segunda norma trata do projeto, construção e operação para unidades de tratamento e disposição final dos efluentes líquidos tratados pelas fossas sépticas.

No âmbito internacional, há diversas publicações que normatizam e orientam procedimentos ligados ao projeto e manutenção de fossas sépticas. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*U.S. Environmental Protection Agency*) e o Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (*U.S. Army Corps of Engineers*) têm diversos documentos publicados que são referência internacional sobre o assunto. Como exemplo, há as publicações *Onsite Wastewater Treatment Systems Manual*, de 2002, e *Handbook for Management of Onsite and Clustered (Decentralized) Wastewater Treatment Systems*, de 2003 da EPA e *Design, Construction and Operation of Small Wastewater Systems*, de 1999, da U.S. ACE.

3.1.2 – Lodos de Fossas Sépticas

O chamado “lodo de fossas sépticas” é basicamente composto pelo lodo de fundo, pela espuma e pelo líquido presente no interior da fossa na ocasião do bombeamento de limpeza. Neste trabalho, obviamente pelo aspecto prático de gestão, os termos “lodo” e “lodo de fossa séptica” referem-se a todo o material bombeado, composto por esses três elementos, conforme nomenclatura adotada por Chernicharo (2007), pela ABNT (1993) e por Jordão e Pessoa (2005).

Entretanto, o mesmo material tem uma denominação diferenciada em inglês com o vocábulo *septage*, que parece ser uma contração de duas outras palavras (*septic e sewage*), querendo se referir a um líquido como esgoto, porém proveniente de um tanque séptico. O caráter mais de esgoto do que de lodo do material retirado dos tanques sépticos talvez tenha levado os especialistas em língua inglesa a evitar o termo lodo (*sludge*).

Outros termos também muito utilizados nesse contexto são *fecal sludge* (ou *faecal sludge*) e biossólidos, que abrangem ou, muitas vezes, até se confundem com os lodos de fossas

sépticas. Segundo Klingel *et al.* (2002), *fecal sludge*, ou, numa tradução literal, “lodo fecal”, é o lodo removido de qualquer tipo de sistema de tratamento de águas residuárias *in situ*, desde fossas sépticas a outros sistemas, padronizados ou não. Essa denominação coincide em parte com a usada neste trabalho para lodos de fossa, onde se pretende dar uma conotação mais genérica. Já o termo biossólidos, segundo o mesmo autor, refere-se à fração sólida e bioquimicamente estável desse “lodo fecal” e dos lodos de esgotos convencionais. Ainda seguindo Klingel *et al.* (2002), para receber tal denominação, os biossólidos devem apresentar segurança quanto à ação microbiológica, de modo que possam ser usados na agricultura. Essa definição coincide parcialmente com a de Shammas e Wang (2008a), que consideram como biossólidos apenas os sólidos orgânicos estabilizados provenientes de ETEs e que podem ser usados em condicionamento de solos. Em suma, a diferenciação feita entre os biossólidos e os “lodos de esgoto” (*sewage sludge*) é essencialmente o fato de os biossólidos terem passado por um processo de estabilização.

3.1.3 – Composição e Características dos Lodos de Fossas Sépticas

A composição dos lodos de fossas sépticas é extremamente variável, conforme é mostrado nas Tabelas 3.1 e 3.2. Segundo a USEPA (1999), ela depende de diversos fatores como, por exemplo, a ausência de caixa separadora de gordura antes da fossa séptica, a existência de triturador nas pias de cozinha e os hábitos e atividades de limpeza dos usuários. Ela também é influenciada pela frequência de limpeza da fossa, pelo clima local e pelas dimensões, além de outros detalhes do projeto da fossa.

O lodo retirado nas limpezas de fossas sépticas deve ter sua destinação seguindo critérios técnicos e legais. A ABNT (1993) recomenda que, em nenhuma circunstância, seja feito o descarte dos lodos de fossa em corpos d’água ou em galerias de águas pluviais. Essa recomendação deve-se ao risco ambiental e sanitário que a sua composição oferece, pois ele concentra poluentes afluentes ao tanque durante os meses de funcionamento. Nas Tabelas 3.1 e 3.2, que se referem à realidade estadunidense, notam-se, por exemplo, valores de DBO relativamente altos, maiores que os do esgoto convencional, que variam em torno de 350 mg/L. Também há valores altos de nutrientes (amônia, nitrogênio e fósforo) e de óleos e graxas. Do ponto de vista sanitário, as ameaças mais expressivas são advindas da possibilidade da presença de metais pesados e de doenças de veiculação hídrica, representativamente expressas pela alta concentração de coliformes fecais.

A Tabela 3.3 mostra a realidade de dois países asiáticos, em que o lodo também apresenta alto potencial poluidor e composição muito variável.

Tabela 3.1 – Concentrações típicas dos constituintes de lodos de fossa
(Metcalf & Eddy, 1991, modificada)

Parâmetro	Faixa de concentração (mg/L)	Valor usual (mg/L)
DBO ₅	2.000 a 30.000	6.000
Sólidos Totais	4.000 a 100.000	40.000
Sólidos Suspensos	2.000 a 100.000	15.000
Amônia	100 a 800	400
Nitrogênio Kjeldahl Total	100 a 1.600	700
Fósforo Total	50 a 800	250
Óleos e Graxas	5.000 a 10.000	8.000
Metais pesados	100 a 1.000	300

Tabela 3.2 – Características dos parâmetros convencionais nos lodos de fossa
(USEPA, 1999, modificada)

Parâmetro	Faixa de concentração
DBO ₅ (mg/L)	400 a 78.000
Sólidos Totais (mg/L)	1.100 a 130.000
Sólidos Suspensos (mg/L)	300 a 93.000
Amônia (mg/L)	440 a 78.000
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/L)	66 a 1.060
Fósforo Total (mg/L)	20 a 760
Óleos e Graxas (mg/L)	200 a 23.000
Coliformes totais (NMP/100mL)	10 ⁷ a 10 ⁹
Coliformes fecais (NMP/100mL)	10 ⁶ a 10 ⁸

Tabela 3.3 – Características dos lodos de fossa em dois países asiáticos
(Polprasert (2007), modificada)

Parâmetro	Japão	Bangkok, Tailândia
pH	7 a 9	7 a 8
DBO ₅ (mg/L)	4.000 a 12.000	800 a 4.000
DQO (mg/L)	8.000 a 15.000	5.000 a 32.000
Sólidos Totais (mg/L)	25.000 a 32.000	5.000 a 25.000
Sólidos Suspensos (mg/L)	18.000 a 24.000	3.700 a 24.000
Sólidos Voláteis (mg/L)	-	3.300 a 19.000
Amônia (mg/L)	100 a 800	400
Fósforo Total (mg/L)	800 a 1.200	-
Coliformes totais (NMP/100mL)	10 ⁶ a 10 ⁷	10 ⁶ a 10 ⁸
Coliformes fecais (NMP/100mL)	-	10 ⁵ a 10 ⁷
Vírus Bacteriófagos (NMP/100mL)	-	10 ³ a 10 ⁴
Pedregulho (%)	0,2 a 0,5	-

3.2 – GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS

Dois assuntos são focados neste item. Primeiramente, são discutidos alguns aspectos conceituais genéricos sobre gestão. Em seguida, apresentam-se algumas experiências e recomendações da literatura técnica na área de gestão dos lodos provenientes do tratamento de águas esgotos de fossas sépticas.

3.2.1 Alguns Aspectos Conceituais

De acordo com Motta (1999), a palavra “gestão” tem significado semelhante ao de “administração” ou “gerência”. Ela tem um sentido abrangente, que passa a idéia de dirigir ou administrar algo.

Segundo Schmidt (2005), é conveniente distinguir os termos “gestão” e “gerenciamento”, já que são muito semelhantes e ambos referem-se ao ato da administração. A diferença reside no fato de que a gestão é um termo mais genérico, vinculado à política ou à

administração pública. Já o termo gerenciamento tem um sentido ligado à realidade técnica ou operacional. Por exemplo, no contexto do saneamento, um plano de gestão pode ser visto como um instrumento que norteia ações amplas e de longo prazo da administração, seja ela municipal, estadual ou federal. É realizado por pessoal de um nível hierárquico mais alto. Por sua vez, um plano de gerenciamento é uma ferramenta utilizada na administração em nível hierárquico intermediário, para guiar ações de médio prazo. No nível hierárquico mais baixo, encontram-se os chamados planos operacionais (de manejo), que orientam atividades específicas e de curto prazo no setor. Há diversos outros usos para a palavra “gestão”.

Neste trabalho, adotou-se a palavra “gestão” da maneira como foi utilizada pelo PROSAB – 5, que está em uma interface entre os significados de “gestão” e “gerenciamento” do parágrafo anterior. Esse termo indica as ações que têm como intuito desenvolver e planejar políticas municipais ou regionais de saneamento de médio a longo prazo. Mas, além disso, considera-se também que na gestão deve haver preocupações mais específicas ou aprofundadas, como, por exemplo, elaborar e implementar as estratégias de coleta, transporte, tratamento e disposição final de lodos de fossas sépticas.

Um dos principais instrumentos legais que norteiam a gestão do saneamento ambiental no Brasil é a Constituição da República de 1988. No inciso VI do seu artigo 23, fica estabelecido que é competência de todas as esferas do poder público, desde o federal ao municipal, “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas”. Para cumprir essas duas ações desse artigo, políticas governamentais passarão necessariamente por uma gestão do saneamento em todos seus aspectos. Entretanto, o Artigo 24, nos seus incisos VI e VIII, determina que apenas a União, os Estados e o Distrito Federal podem criar legislação sobre proteção ao meio ambiente, controle de poluição e sobre responsabilidades por danos ambientais.

O marco regulatório principal da gestão em saneamento no Brasil entrou em vigor em 2007 na forma da Lei 11.445, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico e instituiu a Política Federal de Saneamento. De acordo com essa lei, os princípios fundamentais da gestão dos serviços públicos de saneamento no Brasil são:

I - universalização do acesso;

- II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;
- III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;
- IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;
- V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;
- VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;
- VII - eficiência e sustentabilidade econômica;
- VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;
- IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;
- X - controle social;
- XI - segurança, qualidade e regularidade;
- XII - integração das infra-estruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Segundo essa lei, verifica-se que é buscado o acesso universal ao saneamento básico, de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente, mas com soluções técnicas que levem em conta as condições e particularidades locais, garantindo projetos sustentáveis. Nesse contexto, podem ser fortalecidas as tecnologias de tratamento e manejo das águas residuárias *in situ*, como a fossa séptica. Outro ponto relevante é a ênfase dada à necessidade de se realizar a gestão do saneamento integrada com outras políticas, como as sociais, de saúde, de desenvolvimento urbano e de recursos hídricos.

De fato, no contexto atual de saneamento, fala-se freqüentemente sobre gestão e gerenciamento integrados. Do ponto de vista dos resíduos, como os lodos de fossa ou de

ETEs, significa escolher modelos de gestão que se baseiam em alternativas técnicas combinadas, de forma que se possam atingir os objetivos ambientais, econômicos e sociais em conjunto ou paralelamente. A integração implica em um envolvimento e compartilhamento de uma visão comum por parte dos diversos níveis da administração, das diversas áreas de atuação do poder público e da sociedade (Schmidt, 2005).

Apesar da importância do tema, o texto da Lei 11.445/2007 não apresenta referências diretas às fossas ou tanques sépticos. Ela apenas estabelece, em seu Artigo 5º, que as ações de saneamento executadas por “soluções individuais” devem ser consideradas como serviço público de saneamento quando o usuário depende de terceiros para operar o sistema. E as fossas sépticas urbanas se encaixam nesse caso, já que a limpeza periódica, realizada por terceiros, é atividade fundamental para a operação de sistema. A outra menção feita na lei é no Artigo 45, § 1º, que admite o uso de “soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários” quando há ausência de redes públicas de saneamento básico.

Segundo a ABNT (2004), os lodos de fossa são considerados resíduos sólidos e devem ser geridos como tal. Apesar disso, na Lei 11.445/2007, também não há uma referência específica à gestão de lodos de fossas ou lodos de tratamento de águas residuárias, nem uma indicação de que se devem considerar esses lodos como resíduos sólidos. A alínea *c* no inciso I do Capítulo 3 afirma que, para os efeitos dessa lei, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são o:

“conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas”

Nota-se que essa lei restringe resíduos sólidos ao aspecto de lixo doméstico ou de limpeza pública. Contudo, o Projeto de Lei 1.991/2007, que visa a instituir a Política Nacional de Resíduos Sólidos, segue a mesma linha de definição da ABNT. Ele afirma que os resíduos sólidos são os “resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem urbana, industrial, de serviços de saúde, rural”, entre outras. Por esse motivo, e por ser utilizada no meio técnico brasileiro, segue-se, neste trabalho, a recomendação técnica da ABNT, considerando os lodos de fossas sépticas como resíduos sólidos urbanos e utilizando para sua gestão as mesmas premissas desses últimos.

3.2.2 Algumas Experiências ou Recomendações na Gestão de Lodos de Esgoto ou de Fossas Sépticas

Segundo Fernandes *et al.* (2001), na avaliação das alternativas de gestão sustentável dos lodos de águas residuárias, há, necessariamente, algumas atividades seqüenciais. A primeira delas é a diminuição da produção, optando-se por processos ou técnicas de tratamento que produzam menos lodos. Em seguida, deve-se buscar a produção de lodo com características adequadas para sua destinação posterior. Em terceiro lugar, deve-se fazer aproveitamento da maior quantidade possível de lodo, utilizando alternativas como o uso agrícola ou a recuperação de áreas degradadas. Alternativas como a incineração e a disposição em aterros sanitários devem ser usadas somente quando há características no lodo que impossibilitem qualquer outro aproveitamento.

De fato, há uma preocupação internacional com a melhoria de todas as etapas dos sistemas de gerenciamento de lodos provenientes de águas residuárias. Nesse contexto, o uso dos lodos se destaca como a alternativa mais promissora, tanto do ponto de vista econômico como ambiental (Fernandes *et al.*, 2001).

Segundo Klingel *et al.* (2002), o tratamento de águas residuárias *in situ* é prática comum nos países em desenvolvimento, seja por meio de fossas sépticas ou outras soluções. Os autores confirmam que, para haver segurança ambiental e sanitária, deve ser feito o manejo adequado do material acumulado nas fossas, independentemente do tipo de disposição usada. De acordo com esses autores, quando não há gestão organizada do poder público no gerenciamento dos lodos de fossa, as iniciativas no manejo dos lodos se resumem à sua remoção periódica. Nesse caso, a tarefa de projetar, executar e operar o sistema local cabe ao próprio usuário, que geralmente não tem conhecimentos acerca dos problemas advindos do lodo.

Fiuza Júnior e Philippi (2005) realizaram estudo a respeito da gestão de medidas de saneamento *in situ* na cidade de Blumenau, Santa Catarina. A pesquisa constatou que, apesar de amplamente usadas, as fossas sépticas se encontravam, em sua maioria, subdimensionadas e fora de conformidade com as normas da ABNT. Mesmo assim, elas eram recomendadas e aceitas pela prefeitura, sendo a solução mais usada pela população.

Identificou-se que a coleta dos lodos de fossa era feita por empresas particulares, e o lodo era encaminhado para ETEs em municípios vizinhos. Porém, ficou claro na pesquisa que a capacidade das ETEs de receber esse lodo já estava próxima de seu limite, e a distância a ser percorrida até as ETEs servia como desestímulo às práticas adequadas. Isso mostrou a necessidade urgente de o município modificar o modelo de gestão de lodos. Então, levando em conta as peculiaridades locais, os pesquisadores sugeriram a construção de estações de tratamento exclusivas para lodos de fossa.

Ingallinella *et al.* (2002), reconhecendo que a gestão dos lodos de fossas em países em desenvolvimento tem sido negligenciada, discutiram diversos aspectos relativos a esse tema. Um dos principais tópicos abordados diz respeito à logística das fossas e do tratamento do lodo. Esses autores afirmam em seu trabalho que é mais aconselhável o uso de fossas sépticas coletivas, atendendo várias residências simultaneamente, principalmente em locais com dificuldades de acesso para caminhões de coleta do lodo. Em relação ao tratamento do lodo, é recomendado fortemente o uso do chamado tratamento “semi-centralizado”. Nesse tipo de gestão, pequenas unidades de tratamento e condicionamento são dispostas nos diversos bairros ou microrregiões, em contraposição ao uso de uma única e grande unidade de tratamento. O motivo de se adotar esse modelo é diminuir os custos gerais de coleta, transporte e tratamento. O processo consistiria em uma separação sólido-líquido seguida de desidratação da parte sólida, ficando o lodo pronto para algum tipo de uso. Segundo esses autores, realizando a redução do volume de água, os custos com transporte podem chegar a ser cerca de 1/12 do custo de transporte do lodo bruto.

Visando a uma melhor compreensão dessa problemática, Strauss *et al.* (2008) relacionam as principais causas dos problemas relacionados aos lodos de fossas. Alguns deles são: a baixa prioridade nas agendas políticas, bases regulatórias e legais inadequadas, falta de interação entre os atores (moradores, corpo técnico, políticos), falta de especificações dos papéis e das obrigações dos empreendedores, custos de manutenção para os usuários, dificuldades de acesso para limpezas das fossas, entre outros.

Para vencer essas barreiras e para garantir que todo lodo de fossa tenha disposição adequada, sem lançamentos ilegais, deve-se, necessariamente, agir nos aspectos institucionais e regulatórios, econômico-financeiros e técnicos. A consciência dos

problemas e a vontade política devem ser estimuladas, promovendo a fiscalização e outras medidas que garantam a sustentabilidade na gestão dos lodos. (Strauss *et al.*, 2008).

Fernandes *et al.* (2001) apresentam uma abordagem metodológica para seleção de alternativas de processamento e destinação final para lodos de ETEs. Essa metodologia consiste em uma série de aspectos a se levar em consideração seqüencialmente. O primeiro item diz respeito ao processamento e destinação final do lodo, levando em conta a interdependência que há entre eles. As etapas de processamento necessárias ao lodo de uma determinada ETE estão diretamente ligadas ao seu tipo de tratamento, dimensões e sua localização, assim como ao destino final que se deseja implementar. O processamento do lodo pode compreender a estabilização, condicionamento, desidratação, desinfecção, entre outros. Um segundo item a ser considerado na metodologia proposta é a verificação do desempenho das alternativas em escala real, de preferência sob condições semelhantes às locais. Em seguida, deve-se verificar se é satisfatória a flexibilidade do sistema de processamento e das opções de destinação final para absorver variações na qualidade e quantidade do lodo. O item seguinte é a consideração dos custos envolvidos em cada alternativa. É recomendado que os custos sejam divididos em custos de processamento, transporte e disposição final, e devem estar inclusas as fases de implantação, operação e manutenção. Um último item a ser considerado é o impacto ambiental de cada alternativa, positivo ou negativo. Os autores sugerem, ao final, o uso de um método de ponderação aditiva para a escolha da alternativa mais adequada.

Shammas e Wang (2008a) sugerem sete condições para que uma alternativa de gestão de lodos de fossas sépticas seja aceitável. Elas são:

1. Deve ser legal;
2. Os locais (terrenos ou lotes) necessários para as atividades relacionadas à alternativa devem estar disponíveis;
3. O risco ambiental e sanitário deve atingir as exigências de entidades ou órgãos competentes;
4. À primeira vista, seus custos devem ser competitivos com outras alternativas viáveis;
5. Deve haver disponibilidade dos materiais e equipamentos necessários;

6. O contratado para executar a construção de instalações necessárias deve estar disponível para fazê-lo imediatamente após a fase de projeto, e o sistema deve estar operacional logo após a construção;
7. O sistema de financiamento deve ter regras claras e objetivas, e deve oferecer segurança.

3.3 – ASPECTOS TEÓRICOS DO PLANEJAMENTO

Neste subcapítulo são discutidos aspectos teóricos sobre o planejamento. Esse tema é considerado de grande importância no contexto de qualquer atividade de gestão em saneamento. O motivo de sua inclusão também se deve ao fato de que este trabalho visa a contribuir com o planejamento de atividades de gestão de lodos de fossas sépticas.

O planejamento é uma atividade fundamental na administração de qualquer atividade humana. Os planos auxiliam o ser humano a superar, com mais eficiência de tempo e de outros recursos, os problemas ou obstáculos que o impedem de atingir suas metas. Em outras palavras, planejar é estabelecer, com base em um esforço intelectual, uma seqüência coerente de etapas ou procedimentos lógicos que facilitem, orientem ou auxiliem o trabalho humano (Carvalho, 1978).

Segundo Koontz e O'Donnell (1974), o planejar é enxergar os problemas e definir como abordá-los para se chegar ao resultado esperado. Para isso se usa o raciocínio, definindo as etapas de trabalho que se deve realizar tendo como base o objetivo final, e utilizando as informações do mundo que se tem, sejam elas fatos ou estimativas.

Carvalho (1978) relata que a necessidade ou motivação que leva o ser humano a planejar pode ser estudada sob diversas abordagens, como a psicológica, a econômica e a político-social. A primeira sustenta que o ato de planejar é algo natural e inerente às atividades do ser humano e à estrutura de seu raciocínio. Segundo essa visão, o ser humano planeja até mesmo suas atividades mais simples do cotidiano, mesmo que não perceba quando o faz. A abordagem econômica defende a tese de que o planejamento surge da necessidade humana de evitar crises e garantir a manutenção de seu progresso material e econômico. Já a terceira abordagem, político-social, propõe que a organização social força a realização do planejamento. Historicamente, percebe-se que, com o progresso e o crescimento

populacional, a complexidade das atividades humanas aumenta. Então, a exigência de organização se torna maior, sendo necessário o planejamento para diminuir as incertezas na tomada de decisão e a aleatoriedade dos fenômenos dos quais se depende. Em outras palavras, busca-se diminuir a entropia do sistema “sociedade” ou, pelo menos, frear seu crescimento. Também, a sociedade tem um caráter dinâmico, e a retroalimentação das informações provenientes do planejamento permite por si só um direcionamento para o avanço da organização social.

De acordo com Koontz e O'Donnell (1981), o planejamento pode ser compreendido por meio de quatro aspectos principais e sempre presentes: contribuição aos objetivos, supremacia do planejamento, influência generalizada e eficiência dos planos.

O primeiro aspecto, contribuição aos objetivos, indica que, necessariamente, todo planejamento visa a facilitar que se chegue aos objetivos finais. Já o segundo aspecto, supremacia dos objetivos, indica que o planejamento idealmente precede todas as outras atividades de um empreendimento. A influência generalizada, terceiro aspecto, mostra que o planejamento deve estar presente em todos os níveis de autoridade da administração. Entretanto, nos diferentes níveis, sua natureza e abrangência são distintas. De fato, Koontz e O'Donnell (1981) afirmam que o que caracteriza um administrador é o fato de ter responsabilidade no planejamento, em qualquer nível administrativo. Por último, a eficiência dos planos indica um balanço entre sua colaboração para se alcançarem os objetivos e as adversidades ou prejuízos causados pelo plano. Em outras palavras, refere-se ao “benefício líquido” das medidas que se adotaram. O plano sempre busca favorecer os objetivos sem implicar em altos sacrifícios, como um consumo relativamente alto de recursos.

De fato, no setor do saneamento esses são fatores importantes. Alguns tipos comuns de planos, também presentes na administração do saneamento, são as diretrizes, estratégias, procedimentos, normas, programas e orçamentos (Koontz e O'Donnell, 1974).

Klingel *et al.* (2002) apontam que o primeiro passo para a formulação de um plano de ação é a conscientização, sobretudo por parte do decisor, de que há uma situação problemática. No caso dos lodos de fossa, é comum e mais provável que o interesse por seu planejamento e gestão parta do poder público. Esse pouco interesse do cidadão comum advém do fato de

que ele não recebe benefícios diretos dessas ações, mas sim benefícios indiretos decorrentes da melhoria ambiental e sanitária.

Um segundo passo do planejamento é explorar a situação ou contexto em que se insere o problema. Deve-se delinear o problema e estabelecer claramente os objetivos, variáveis e restrições que regem o sistema, para que não se gastem recursos com ações ou aquisição de informações irrelevantes (Klingel *et al.*, 2002). De fato, em países em desenvolvimento como o Brasil, onde a situação comum é a escassez de recursos para o saneamento, otimizar e planejar os gastos é algo vital para qualquer atividade.

Levando em conta essa idéia de explorar o contexto local no planejamento de qualquer projeto de saneamento, é importante conhecer as condições geográficas, socioeconômicas, aspectos políticos e legais, a infra-estrutura de saneamento já em operação e a existência de políticas ou planos de gestão desses lodos. Especificamente, para lodos de fossa, é necessário saber os tipos de fossas e de outras soluções de tratamento *in situ* utilizadas na região, para que se saiba o tipo de lodo com o qual se está lidando. Deve-se saber como é feita a coleta do lodo, quem a realiza (companhias privadas, agências municipais, particulares, etc), como ela é financiada e qual é a frequência de realização. Também é importante saber os problemas locais relacionados, como empecilhos à coleta, dificuldades de acesso aos locais de coleta, dificuldades com transportes. Um último ponto que se deve pesquisar para o planejamento da gestão dos lodos de fossa é o que é feito com o lodo coletado. É preciso verificar a existência de tratamento, disposição e reúso no local e, no caso de existirem, como são feitos e se há problemas ambientais existentes devido ao manejo inadequado (Klingel *et al.*, 2002).

O passo seguinte do planejamento é o estabelecimento de soluções para o problema. Para problemas na área de saneamento, Klingel *et al.* (2002) afirmam que é necessário que todos os envolvidos participem da escolha das soluções possíveis. É importante a escolha de tecnologia apropriada, que leve em consideração as condições locais, recursos financeiros, técnicos, mão-de-obra, e ela deve ter aceitação popular e das autoridades. O essencial, sobretudo em países em desenvolvimento como o Brasil, é que se garanta que a alternativa seja sustentável ao longo de seu tempo de vida útil.

Um último passo é a implementação do plano. Entretanto, isso não deve ser visto como o final do processo de planejamento. O aprendizado e as informações adquiridas a respeito do sistema devem servir para realimentar o processo de planejamento no futuro. Segundo Klingel *et al.* (2002), essa prática deve ser institucionalizada por intermédio do monitoramento e avaliação das atividades em realização, para que se possa verificar se os objetivos estão sendo atingidos.

3.4 – MÉTODOS MULTIOBJETIVO E MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

Esta seção do Capítulo 3 apresenta a discussão de aspectos básicos relacionados aos métodos multiobjetivo e multicritério e sua utilização. Em seguida, são apresentados modos de classificação desses métodos. Então, são discutidos de maneira sucinta cinco métodos amplamente conhecidos e sua estrutura básica de funcionamento. Eles serão ferramentas usadas em etapa posterior do trabalho.

A tomada de decisão é um processo inerente às atividades dos seres humanos. Mesmo em simples atividades do cotidiano, as pessoas se defrontam com ocasiões em que devem fazer escolhas ou definir o curso de uma situação. Nesse processo de escolha de um curso a se seguir, na grande maioria das vezes, depara-se com mais de um critério de comparação entre as alternativas ou opções que se dispõe. Na medida em que se aumenta a complexidade e a importância da decisão a ser tomada, a quantidade de alternativas possíveis e de critérios de avaliação aumenta consideravelmente. Também aumenta o número de pessoas e instituições com interesses no processo decisório.

Em casos como o descrito anteriormente, uma comparação simples ou intuitiva não é suficiente para garantir a escolha de uma alternativa apropriada do ponto de vista global. Também não se garante que os objetivos a que se propõe a intervenção sejam satisfeitos. Faz-se necessário, então, métodos de análise que consigam abordar o problema levando em conta essa complexidade.

Os métodos multiobjetivo e multicritério são técnicas de apoio à decisão que permitem comparar alternativas disponíveis considerando, simultaneamente, diversos aspectos de um problema, sejam eles políticos, sociais, ambientais, técnicos, econômicos, entre outros.

Também possibilitam a incorporação de preferências e aspirações das diversas partes envolvidas no problema (Souza e Cordeiro Netto, 2000).

Segundo Cordeiro Netto *et al.* (2000), outras técnicas, como por exemplo as baseadas em aspectos econômicos e financeiros, geralmente exploram apenas um tipo de critério. Já as análises multiobjetivo e multicritério conseguem traduzir melhor as vantagens e desvantagens de cada alternativa, utilizando um universo consideravelmente maior de critérios de avaliação. Entretanto, uma desvantagem apontada desses métodos é que necessitam de uma grande quantidade de informações, muitas vezes obtidas de forma subjetiva.

Harada (1999) também chama a atenção para o aspecto de “rigidez” de análises como as de custo-benefício ou custo-efetividade, em que pequenas diferenças determinam relação de preferência entre as alternativas sem levar em conta aspectos ou vantagens que uma opção um pouco mais cara poderia oferecer, inclusive em longo prazo. Adicionalmente, análises baseadas essencialmente nos custos hierarquizam alternativas onde, muitas vezes, deveria ser estabelecida uma condição de incomparabilidade ou veto.

Segundo Goicoechea *et al.* (1982), há alguns passos genéricos que se pode seguir na resolução de problemas multiobjetivo e multicritério. O primeiro deles é reconhecer a existência do problema e as necessidades de mudança no sistema. O segundo passo é o estabelecimento das metas e objetivos específicos da ação. Em seguida, devem-se identificar as variáveis que regem o sistema. Então, levando em conta as particularidades do problema, uma metodologia matemática multiobjetivo deve ser escolhida. Se possível, formulam-se funções objetivo com as variáveis definidas anteriormente e se estabelecem as restrições impostas pelo sistema e pelos recursos disponíveis. A partir dessas informações, gera-se uma solução para o problema. A adequabilidade dessa solução é avaliada pelo decisor responsável levando em conta todos seus aspectos, e como eles atendem aos objetivos propostos. Caso seja satisfatória, é implementada. Caso contrário, quando o desempenho de algum critério é inferior ao almejado, pode ser feita uma realimentação do sistema. Nesse caso, o decisor pode reduzir suas exigências para com alguns critérios e/ou mudar sua estrutura de preferências, e as etapas anteriores são refeitas. Se o decisor não abre mão de sua postura e não há modificações tecnológicas nem nos recursos que possam contornar a situação, nenhum plano pode ser implementado.

3.4.1 - Alguns Conceitos Básicos

Neste item são apresentados alguns conceitos importantes na análise de problemas multiobjetivo e multicritério. Um primeiro conceito é o de “Ator”, que vem do francês *acteur* e que tem o correspondente em língua inglesa *Stakeholder*. Atores são todos os envolvidos direta ou indiretamente na escolha das alternativas, e que têm interesses no processo decisório.

Geralmente, os atores têm suas preferências diferentes em relação aos objetivos na resolução do problema, e sua relevância na escolha da solução também é variada. Os atores podem ser do tipo “agido”, que não têm participação direta no processo decisório, mas exercem influência ou algum tipo de pressão (política, econômica, social, etc) sobre quem toma as decisões. Também existem os atores “intervenientes”, que têm participação direta no processo decisório. Esses últimos podem ser constituídos pelos agentes decisores, que são pessoas ou instituições formalmente ou moralmente encarregadas de tomar a decisão; pelos “facilitadores”, que apóiam ou promovem o andamento e outros aspectos do processo decisório; e pelos “analistas”, que estruturam o problema, seus fatores intervenientes, e ajudam os outros atores a compreendê-lo.

Outro conceito importante no contexto dos métodos multiobjetivo e multicritério é a definição dos objetivos do problema. Os objetivos constituem as condições em que, idealmente, os atores desejam que o sistema esteja. Podem ser factíveis ou não, e auxiliam na comparação do sistema a ser modificado com o ponto em que se deseja chegar. O conjunto de todos os objetivos forma a “Meta” de atuação, que é o caminho ou sentido para onde os esforços globalmente devem apontar.

Cada objetivo que se tem ao tentar solucionar um problema gera critérios que servem para avaliar as alternativas disponíveis. As conseqüências de cada alternativa segundo esses diversos critérios são geralmente organizados na forma de uma “matriz de avaliação” que também é conhecida como “matriz de *payoff*”, “matriz de conseqüências” ou “matriz de resultantes”. Neste trabalho, essa matriz será referenciada pela primeira designação. A matriz de avaliação é construída a partir das m alternativas a_1, a_2, \dots, a_m , e dos n critérios de decisão f_1, f_2, \dots, f_n . É composta pelos valores $f_i(a_j)$, que são os valores atribuídos a cada

alternativa a_j por cada critério f_i , sendo que as colunas variam de $j = 1$ até m e as linhas de $i = 1$ até n (Cordeiro Netto *et al.*, 2000).

Uma das principais características dos problemas multiobjetivo e multicritério se encontra no fato de que, na maioria dos casos, não há uma única solução ótima que maximiza simultaneamente o benefício em todos os critérios em questão. Ao contrário, há um conjunto de soluções ótimas, e cada uma delas satisfaz alguns dos critérios, mas não necessariamente apresenta bom desempenho em outros. Esse conjunto é comumente chamado de “Soluções Não-dominadas”. Então, ao se escolher uma das alternativas desse conjunto, não se estará atingindo um ótimo global, mas sim parcial. E também, ao abrir mão dessa alternativa para a escolha de outra que otimize um outro critério desejado, necessariamente algum outro critério terá seu desempenho prejudicado. Nesse caso, percebe-se a aplicação do conceito de ótimo de Pareto. Também é possível visualizar o conceito de “Compromisso” (*trade-off*), ou seja, quando há objetivos conflitantes em um problema deve-se abrir mão de certos benefícios em troca de outros.

3.4.2 - Classificação dos Métodos Multiobjetivo e Multicritério

Cohon e Marks (1975) apresentam uma classificação muito utilizada para os métodos multiobjetivo e multicritério, que é mostrada a seguir com exemplos:

1. Métodos que geram um conjunto de soluções não dominadas
 - Exemplos: Método dos pesos, método das restrições, método multiobjetivo linear.
2. Métodos com articulação prévia de preferências
 - Exemplos: Ponderação aditiva, programação por metas, função de utilidade, ELECTRE, PROMETHEE.
3. Métodos com articulação progressiva de preferências
 - Exemplos: Método dos passos, Método de solução seqüencial (SEMOPS), método do valor substituto de troca, programação de compromisso.

Uma classificação alternativa, apresentada por Souza (2007), sugere a divisão dos métodos em aspectos diferentes, mais específicos. Essa classificação permite que um método se enquadre em mais de uma classe simultaneamente.

1. Quanto às variáveis de decisão:
 - Métodos contínuos;
 - Métodos discretos.
2. Quanto ao modo de atuar frente ao agente decisor:
 - Articulação prévia de preferências;
 - Articulação progressiva de preferências.
3. Quanto à maneira de enfrentar o problema (Tipo de Funções Objetivo):
 - Determinísticos;
 - Estocásticos;
 - Conjuntos Difusos (*Fuzzy Analysis*).
4. Quanto ao tipo de aplicação:
 - Métodos de classificação (hierarquização);
 - Métodos de alocação (qualificação de alternativa).
5. Quanto ao modo de solução:
 - Teoria da Utilidade;
 - Deslocamento Ideal;
 - Compensações (*trade-offs*);
 - Funções de Valor;
 - Relações de Dominância.
6. Quanto ao número de agentes de decisão:
 - Com um único Agente Decisor;
 - Com multi-gestores (Decisão em Grupo).

3.4.3 – Método PROMETHEE

O PROMETHEE (do inglês *Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations*) constitui uma família de métodos multiobjetivo e multicritério que utilizam articulação prévia de preferências. Atualmente existem seis versões principais do método, conhecidas como PROMETHEE I, II, III, IV, V e VI. Adicionalmente, há o método GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Aid*), que é um conjunto de procedimentos gráficos para aplicação do PROMETHEE. Aqui, serão discutidas apenas as versões I e II, tradicionalmente usadas em estudos de recursos hídricos e meio ambiente.

A idéia básica do método é de construir uma estrutura de preferência entre alternativas, avaliando seus critérios dois a dois. Para isso, deve haver uma função de preferência que traduza a disposição que o decisor tem de escolher uma alternativa em detrimento de outra. Braga e Gobetti (2002) mostram que essa função pode ser expressa de acordo com a equação 3.1, onde P é a função de preferência de uma alternativa a em relação a uma b e f é um critério a ser maximizado.

$$P(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{se } f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)] & \text{se } f(a) > f(b), \end{cases} \quad (3.1)$$

Em um critério a ser minimizado, as condições devem ser invertidas, conforme a equação 3.2.

$$P(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{se } f(a) \geq f(b) \\ p[f(a) - f(b)] & \text{se } f(a) < f(b), \end{cases} \quad (3.2)$$

Conforme mostrado por Braga e Gobetti (2002), há uma série de funções de preferência $p[f(a) - f(b)]$ pré-estabelecidas para a comparação de alternativas. A depender da situação ou natureza do problema, pode-se escolher uma função p que relaciona a diferença no desempenho das alternativas no critério dado ($f(a) - f(b)$) a um valor entre 0 (indiferença) e 1 (preferência total), que traduz a preferência do decisor entre as alternativa a e b .

Com as preferências individuais de cada critério, calcula-se o chamado *índice de preferência global* para cada par de alternativas, que expressa a preferência entre duas alternativas levando em conta todos os critérios. Para duas alternativas genéricas a e b , ele pode ser calculado conforme a equação 3.3 (Braga e Gobetti, 2002).

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot P_i(a, b), \quad (3.3)$$

Onde: w_i = peso atribuído ao i ésimo critério

k = número de total critérios

Para a comparação entre todas as alternativas simultaneamente, pode-se construir uma matriz com os valores de $\pi(a, b)$ e $\pi(b, a)$ e, com base nela, identificar relações de dominância entre alternativas. Elas são traduzidas pelos *fluxos de importância positivo* (equação 3.4 - a) e *negativo* (equação 3.4 - b) (Braga e Gobetti, 2002).

$$\begin{aligned} \phi^+(a) &= \sum_{j=1}^n \pi(a, x_j), & (a) \\ \phi^-(a) &= \sum_{j=1}^n \pi(x_j, a). & (b) \end{aligned} \tag{3.4}$$

Onde: x_j é a j -ésima alternativa

O fluxo de importância positivo estima o quanto uma alternativa a é preferível em relação a todas as outras. Já o fluxo de importância negativo mostra o nível de rejeição ou fraqueza que a mesma alternativa tem quando comparada com as outras (Braga e Gobetti, 2002).

No PROMETHEE I é realizado um ordenamento parcial das alternativas, por pares. Para isso, consideram-se as condições apresentadas nas inequações 3.5.

$$\begin{aligned} a P^+ b, \text{ se e somente se, } \phi^+(a) &> \phi^+(b) \\ a P^- b, \text{ se e somente se, } \phi^-(a) &< \phi^-(b) \\ a I^+ b, \text{ se e somente se, } \phi^+(a) &= \phi^+(b) \\ a I^- b, \text{ se e somente se, } \phi^-(a) &= \phi^-(b) \end{aligned} \tag{3.5}$$

Onde: P indica preferência e I indica indiferença.

Então, uma alternativa a é preferida a uma b se acontecer $(a P^+ b)$ e $(a P^- b)$ ou se ocorrer $(a P^+ b)$ e $(a I^- b)$ ou então $(a I^+ b)$ e $(a P^- b)$. Haverá indiferença entre as alternativas somente se $(a I^+ b)$ e $(a I^- b)$. Nos demais casos, o método não permite comparação entre as alternativas (são consideradas incomparáveis). Essa comparação parcial pode ser útil ao decisor, entretanto ainda é vaga a análise se forem levantadas questões a respeito das alternativas incomparáveis (Braga e Gobetti, 2002).

Utilizando o PROMETHEE II é possível realizar um ordenamento das alternativas utilizando o *índice de importância líquido*, conforme a equação 3.6.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (3.6)$$

Então, uma alternativa a é preferível a b sempre que $\phi(a) > \phi(b)$, e haverá indiferença quando $\phi(a) = \phi(b)$. Apesar de que esse ordenamento completo facilite a decisão, deve-se analisar também as incomparabilidades apresentadas pelo PROMETHEE I, que podem ser advindas de detalhes relevantes da realidade do problema.

3.4.4 – Método da Programação de Compromisso

A Programação de Compromisso, do inglês *Compromise Programming*, é um método interativo com articulação progressiva de preferências. Segundo Goicoechea *et al.* (1982), é uma técnica de “proximidade espacial”, ou seja, identifica as alternativas que estão mais próximas de uma condição ideal do sistema, que não necessariamente é factível. Esse conjunto de alternativas pode ser chamado de *soluções de compromisso*.

De acordo com Goicoechea *et al.* (1982), uma maneira de construir a solução ideal é concebendo um vetor com as mesmas dimensões das alternativas. Nesse vetor, cada elemento corresponde ao valor máximo entre todas as alternativas para um determinado critério. Entretanto, muitas vezes o máximo valor oferecido pelas alternativas para um determinado critério não necessariamente constitui a condição ideal nas aspirações dos atores. Pode-se então, de outra maneira, construir esse “vetor ótimo” levando em conta as aspirações dos atores para com o sistema.

Para se definir um conjunto de soluções não dominadas, deve-se calcular a distância L_S que cada alternativa se encontra em relação à solução ideal. Segundo Goicoechea *et al.* (1982), uma das mais comuns formulações usadas para isso é a apresentada na equação 3.7.

$$L_S = \left(\sum_{i=1}^n \alpha^S_i |f_i^* - f_i(x)|^S \right)^{1/S} \quad (3.7)$$

Sendo: f_i^* - solução ideal para o critério avaliado

$f_i(x)$ - valor obtido pela alternativa para o critério avaliado

S – parâmetro para verificação da sensibilidade, sendo que $1 \leq S \leq \infty$

α_i - peso atribuído ao i ésimo critério

n – número de critérios

Deve-se lembrar que os valores da matriz de avaliação devem sofrer uma normalização antes do uso dessa formulação, para evitar problemas com ordem de magnitude dos critérios e com suas dimensões.

Aplicada a equação 3.7 a todas as alternativas, o conjunto das soluções de compromisso é encontrado nas alternativas que apresentam a mínima distância L_S para o conjunto de pesos α_i dados.

3.4.5 – Método TOPSIS

Segundo Vergara *et al.* (2004), o método TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) possui similaridade com a Programação de Compromisso. É também um método de “proximidade espacial” e que procura a proximidade de uma solução positiva ideal (aqui chamada PIS – *Positive Ideal Solution*). Entretanto, o TOPSIS incorpora na análise o desejo se estar “longe” de uma solução negativa ideal (NIS – *Negative Ideal Solution*). É importante lembrar que “positivo” ou “negativo” não são aqui utilizados no seu sentido matemático. Então, nesse método, procura-se uma solução que esteja o mais próximo possível de uma solução idealmente satisfatória ou desejável e, simultaneamente, o mais afastado possível de uma solução idealmente insatisfatória ou indesejável.

Vergara *et al.* (2004) enumeram cinco passos para a aplicação do TOPSIS. O primeiro é separar os critérios em que o aumento é desejável ($f_j(x)$ - Vetor dos critérios com comportamento crescente) daqueles em que a diminuição do valor gera maior benefício ($f_i(x)$ - Vetor dos critérios com comportamento decrescente). O segundo passo é calcular os vetores da solução negativa ideal (f^-) e da positiva ideal (f^*). Então, no terceiro passo, calculam-se as distâncias normalizadas em relação à PIS, chamada d_s^{PIS} , e à NIS, d_s^{NIS} , conforme as equações 3.8 (a) e (b).

$$d_s^{PIS} = \left\{ \sum_{j=1}^J w_j^S \left[\frac{f_j^* - f_j(x)}{f_j^* - f_j^-} \right]^S + \sum_{i=1}^I w_i^S \left[\frac{f_i(x) - f_i^*}{f_i^- - f_i^*} \right]^S \right\}^{1/S} \quad (a)$$

(3.8)

$$d_s^{NIS} = \left\{ \sum_{j=1}^J w_j^S \left[\frac{f_j(x) - f_j^-}{f_j^* - f_j^-} \right]^S + \sum_{i=1}^I w_i^S \left[\frac{f_i^- - f_i(x)}{f_i^- - f_i^*} \right]^S \right\}^{1/S} \quad (b)$$

Onde: f_i^* - solução ideal para o critério crescente avaliado

f_j^* - solução ideal para o critério decrescente avaliado

$f_i(x)$ - valor obtido pela alternativa para o critério crescente avaliado

$f_j(x)$ - valor obtido pela alternativa para o critério decrescente avaliado

S – parâmetro para verificação da sensibilidade, sendo que $1 \leq S \leq \infty$

w_i - peso atribuído ao i ésimo critério

w_j - peso atribuído ao j ésimo critério

J – número total de critérios com comportamento crescente

I – número total de critérios com comportamento decrescente

O quarto passo é o cálculo do chamado *Coefficiente de Similaridade*, que representa o quanto a alternativa em questão se aproxima da solução positiva ideal. Ele se encontra entre 0 e 1, e é calculado como mostra a equação 3.9.

$$C^* = \frac{d_s^{NIS}}{d_s^{PIS} + d_s^{NIS}} \quad (3.9)$$

O quinto e último passo é o ordenamento das alternativas, que é feito a partir do Coeficiente de Similaridade. A alternativa com C^* mais próximo de 1 é considerada a mais apropriada, ou seja, mais próxima da solução positiva ideal e, simultaneamente, mais afastada da solução ideal negativa.

3.4.6 – Métodos da Série ELECTRE

O ELECTRE, do francês *ELimination Et Choix Traduisant la RÉalité* (Tradução da Realidade por Eliminação e Escolha), é uma das principais e mais utilizadas séries de

métodos da escola europeia de análise de decisão. Algumas das versões do método são ELECTRE I até IV, ELECTRE IS e ELECTRE TRI. A Tabela 3.3 mostra algumas características desses métodos.

Tabela 3.4 – Versões do ELECTRE e algumas características

<i>Versão do ELECTRE</i>	<i>Primeira Referência</i>	<i>Tipo de Critério</i>	<i>Uso de Pesos</i>	<i>Tipo de Problema</i>
I	1968	Simples	Sim	Seleção
II	1973	Simples	Sim	Ordenação
III	1978	Pseudo	Sim	Ordenação
IV	1982	Pseudo	Não	Ordenação
IS	1985	Pseudo	Sim	Alocação
TRI	1992	Pseudo	Sim	Classificação

Serão discutidos apenas os aspectos básicos das versões ELECTRE I, II e III, sendo que essa última será utilizada em fase posterior do trabalho.

Segundo Souza (2007), uma das principais inovações trazidas pelos métodos ELECTRE diz respeito às mudanças na forma de se considerarem as situações de preferência. Tradicionalmente, havia certa rigidez. As situações de comparação possíveis eram a preferência estrita e a indiferença. Com o advento do ELECTRE, foram incorporados diferentes níveis de preferência e a incomparabilidade, situações possíveis no mundo real. Também, as relações de preferências não são transitivas, ou seja, se a é preferido em relação a b , e b é preferível a c , não necessariamente a é preferível a c .

O ELECTRE I tem como idéia gerar um subconjunto de alternativas preferidas (não-dominadas), com um certo grau tolerável de rejeição em relação a alguns critérios. (Gershon *et al.*, 1982, *apud* Braga e Gobetti, 2002). Esse subconjunto é conhecido como *kernel* (cerne).

Para se determinar o *kernel*, deve-se primeiramente definir os pesos associados a cada critério. Esses pesos são estabelecidos pelos decisores e, com eles, calculam-se as equações 3.10.

$$\begin{aligned}
W^+ &= \sum_{i \in I^+} \alpha_i \\
W^= &= \sum_{i \in I^=} \alpha_i \\
W^- &= \sum_{i \in I^-} \alpha_i
\end{aligned}
\tag{3.10}$$

Onde: α_i = Peso atribuído a um critério i

W^+ = soma dos pesos dos critérios em que i é superior a j ;

$W^=$ = soma dos pesos dos critérios em que i é equivalente a j ;

W^- = soma dos pesos dos critérios em que i é inferior a j .

O passo seguinte na execução do método é a introdução dos conceitos de concordância e discordância. A concordância entre duas alternativas i e j é a tendência do decisor em escolher a alternativa i em detrimento da j . O índice de concordância representa essa grandeza matematicamente (equação 3.11), e varia de 0 a 1. Segundo Braga e Gobetti (2002), é conveniente construir uma *matriz de concordância*, onde um elemento $C(i,j)$ está localizado na linha i e na coluna j . O índice de discordância representa o desconforto ou rejeição que o decisor tem em escolher uma alternativa i em lugar de uma j . É definido conforme a equação 3.12 e, de maneira semelhante ao índice de concordância, deve-se montar também uma *matriz de discordância*.

$$C(i, j) = \frac{W^+ + \frac{1}{2}W^=}{W^+ + W^= + W^-} \tag{3.11}$$

$$D(i, j) = \max_{k \in I^-} \frac{[z(j, k) - z(i, k)]}{R^*} \tag{3.12}$$

Onde: $Z(j,k)$ = avaliação de cada alternativa i e j para o critério k em uma escala pré-definida pelos decisores;

R^* = maior valor da escala numérica adotada.

Por fim, podem-se definir os índices ou valores limites p e q , que variam entre 0 e 1. O valor p representa o índice de concordância mínima aceitável pelo decisor, e o q representa a discordância máxima permitida. Uma alternativa é preferida em relação a outra apenas se $C(i,j) \geq p$ e $D(i,j) \leq q$. Caso contrário, o método não permite compará-las. A partir disso, é possível se construir um gráfico de preferências relativas entre todas as alternativas, que

auxiliará na definição do *kernel*. O *kernel* é encontrado levando em conta as seguintes afirmativas (Braga e Gobetti, 2002):

1. Nenhuma alternativa no *kernel* domina alternativa que também está no *kernel*.
2. Toda alternativa fora do *kernel* é dominada por pelo menos uma alternativa do *kernel*.

Com isso, encontram-se as alternativas preferidas para os limites específicos p e q . As alternativas fora do *kernel* são desconsideradas nas etapas seguintes do processo decisório.

O método ELECTRE II é uma extensão do I, e produz um ordenamento completo das alternativas. Para isso, executa-se o ELECTRE I com duas estruturas de preferência: uma forte e uma fraca. Na estrutura forte, usam-se valores exigentes para os limites de preferência, sendo um valor relativamente alto de p (mais próximo de 1) e um valor baixo de q (mais próximo de zero). Na preferência fraca, utilizam-se valores de p e q com certo nível de relaxamento. Então, realizam-se as chamadas classificações regressivas e progressivas, e o ordenamento entre as alternativas é feito a partir da média aritmética dessas duas classificações encontradas (Braga e Gobetti, 2002).

Segundo Braga e Gobetti (2002), a classificação progressiva pode ser realizada por processo iterativo. Ele se inicia selecionando os *kernels* nos gráficos de preferência forte e fraca, respectivamente chamados de C e A . Então, nessa primeira iteração $t=0$ selecionam-se as alternativas de C que também não são dominadas em A , e para cada uma delas atribui-se o valor $v'(x) = t + 1$ (número t da iteração mais 1). Então, essas alternativas selecionadas são retiradas da análise e repetem-se esses procedimentos novamente até não haver mais alternativas. Os valores de $v'(x)$ constituem a classificação progressiva de cada alternativa.

A classificação regressiva é feita revertendo-se as relações de preferência entre todos os elementos dos gráficos de preferência forte e fraca. Então, é obtida para cada elemento uma classificação igual à $v'(x)$ feita na classificação progressiva, porém aqui é chamada de $a(x)$. A classificação regressiva é realizada calculando os valores com a expressão $v''(x) = I + a_{max} - a(x)$, sendo que a_{max} é o valor máximo de $a(x)$. O ordenamento final das alternativas é feito pelo cálculo de um $m(x)$, que é a média aritmética dos v' e v'' de cada alternativa. A alternativa com menor valor de $m(x)$ é a preferida, e a ordem de prioridade entre todas elas é estabelecida de forma crescente com o $m(x)$.

O método ELECTRE III é um método multiobjetivo amplamente difundido e usado em situações de incerteza. É considerado um aperfeiçoamento das versões anteriores. Nele, além das noções de preferência p e de indiferença q , introduz-se o conceito de veto v . O veto representa a possibilidade de o decisor, por algum motivo, ignorar a comparação entre duas alternativas. Define-se $i_m(a)$ como o valor do critério m atribuído para a alternativa a , e $q(\cdot)$, $p(\cdot)$ e $v(\cdot)$ como, respectivamente, as funções de indiferença, preferência e veto. Sabendo que as alternativas são avaliadas duas a duas, há quatro situações possíveis: indiferença, preferência fraca, preferência forte e incomparabilidade. Matematicamente, essas situações são definidas conforme as inequações 3.13 para um critério decrescente (Cordeiro Netto *et al.*, 1993).

$$\begin{aligned}
 \text{Indiferença:} & \quad i_m(b) < i_m(a) + q(i_m(a)) \\
 \text{Preferência fraca:} & \quad i_m(a) + q(i_m(a)) < i_m(b) < i_m(a) + p(i_m(a)) \\
 \text{Preferência forte:} & \quad i_m(a) + p(i_m(a)) < i_m(b) \\
 \text{Incomparabilidade:} & \quad i_m(a) + v(i_m(a)) < i_m(b)
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

No método ELECTRE III, também são calculados, para cada critério, índices de concordância entre as alternativas, conforme as equações 3.14. Segundo Cordeiro Netto *et al.* (1993), aqui esse índice indica o grau de confiança com que se afirma que a alternativa a é tão boa quanto a alternativa b . Então, é construída uma matriz de concordâncias para o critério m , semelhante ao que é feito para o ELECTRE I.

$$\begin{aligned}
 C_m(a,b) = 0 & \quad \text{se} \quad i_m(a) + p(i_m(a)) \geq i_m(b) \\
 C_m(a,b) = 1 & \quad \text{se} \quad i_m(a) + q(i_m(a)) \leq i_m(b) \\
 C_m(a,b) \text{ é linear} & \quad \text{se} \quad i_m(a) + q(i_m(a)) < i_m(b) < i_m(a) + p(i_m(a))
 \end{aligned} \tag{3.14}$$

Também é criada nesse método uma *matriz de discordância*. Os índices de discordância, que compõem essa matriz, variam entre 0 e 1 e medem, para cada critério, o grau de desconfiança ou desconforto em se afirmar que uma alternativa a é tão boa quanto uma b . Os elementos dessa matriz são calculados conforme as inequações 3.15.

$$\begin{aligned}
 D_m(a,b) = 0 & \quad \text{se} \quad i_m(a) + p(i_m(a)) \leq i_m(b) \\
 D_m(a,b) = 1 & \quad \text{se} \quad i_m(a) + v(i_m(a)) \geq i_m(b) \\
 D_m(a,b) \text{ é linear} & \quad \text{se} \quad i_m(a) + p(i_m(a)) < i_m(b) < i_m(a) + v(i_m(a))
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

No ELECTRE III há, adicionalmente, o cálculo de um índice de credibilidade, que permite a construção de uma *matriz de credibilidade*. Isso é feito utilizando os valores das matrizes de concordância e discordância para um determinado critério m . Segundo Cordeiro Netto *et al.* (1993), o índice de credibilidade mostra com que medida uma “alternativa a desclassifica a alternativa b ”, ou a verossimilhança com a qual o decisor escolhe a alternativa a em detrimento da b .

O primeiro passo na construção da matriz de credibilidade é o cálculo de uma *matriz de concordância global*, que calcula um índice geral da concordância entre duas alternativas levando em conta todos os critérios simultaneamente. Esse cálculo é feito conforme a equação 3.16.

$$C(a,b) = \sum_{m=1}^I C_m(a,b) \cdot w_m \quad (3.16)$$

Onde: w_m é o peso atribuído ao critério m , sendo que $\sum_{m=1}^I w_i = 1$.

O próximo passo é definir $L(a,b)$, que é o conjunto dos critérios em que o índice de discordância é maior que o de concordância global, ou seja, $D_m(a,b) \geq C(a,b)$. Se esse conjunto é vazio, o valor do índice de credibilidade é igual ao do índice concordância, $Cr(a,b) = C(a,b)$. Caso contrário, o índice de credibilidade é dado pela equação 3.17.

$$Cr(a,b) = C(a,b) \cdot \prod_{i \in L(a,b)} \frac{[1 - D_m(a,b)]}{[1 - C(a,b)]} \quad (3.17)$$

A partir do índice de credibilidade, o ordenamento das alternativas é realizado com apoio de um algoritmo de “destilação” apresentado por Skalka *et al.* (1992, *apud* Cordeiro Netto *et al.*, 1993).

3.4.7 – Método AHP

O método AHP, do inglês *Analytic Hierarchy Process* ou Método Analítico Hierárquico, é um método multiobjetivo e multicritério apresentado por Saaty (1991). De acordo com Gomes *et al.* (2004), é talvez o método multiobjetivo e multicritério mais difundido e

usado no mundo. É um método que se baseia na construção de hierarquias, no estabelecimento de prioridades entre alternativas e na consistência lógica.

O primeiro passo do método é o estabelecimento de uma hierarquia entre os objetivos, sub-objetivos e critério, de modo que possam ser visualizadas facilmente as relações hierárquicas existentes, de preferência na forma de um diagrama (Gomes *et al.*, 2004).

De acordo com Saaty (1991), o próximo passo é estabelecer a estrutura de julgamentos ou preferências relativa a um dado critério a_{ij} , considerando as alternativas duas a duas. Isso é feito comparando todas as alternativas i e j , conforme a escala mostrada na Tabela 3.4.

Tabela 3.5 - Escala de preferências no método AHP (Saaty, 1991, adaptada)

Intensidade de importância	Significado	Descrição
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Segundo Saaty (1991), para os elementos a_{ji} dominados, o valor de preferência atribuído é o inverso, ou seja, $a_{ji} = 1 / a_{ij}$. Com esses valores, pode-se construir uma matriz onde cada elemento é o valor a_{ij} correspondente ao grau de preferência em se escolher uma

alternativa i no lugar de uma j , como mostrado na equação 3.18. O decisor deverá realizar $n(n-1)/2$ comparações para cada critério, sendo que n é o número total de alternativas.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.18)$$

Essa matriz pode ser normalizada de acordo com a equação 3.19,

$$\bar{v}_i(A_j) = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (3.19)$$

Onde: $\bar{v}_i(A) =$ elemento a_{ij} normalizado.

A partir da matriz normalizada, o *vetor de prioridades* de uma determinada alternativa para o critério em avaliação pode ser determinado com a equação 3.20. Esse vetor expressa a preferência que uma alternativa tem frente a todas outras em um determinado critério. Quanto maior seu valor, melhor é considerada a alternativa, e a soma dos vetores de cada uma delas é igual a 1.

$$\bar{v}_k(A_i) = \sum_{j=1}^n \bar{v}_i(A_j) / n \quad (3.20)$$

Onde: n é o número de alternativas avaliadas.

O passo seguinte é o estabelecimento de uma estrutura de preferências entre os itens de cada nível hierárquico, de maneira semelhante ao que foi feito para as alternativas. Deve-se compará-los dois a dois levando em conta a opinião do decisor e também a escala da Tabela 3.5 e calcular então os vetores de prioridade entre critérios.

Após esses passos, o ordenamento das alternativas é feito utilizando a equação 3.21 para calcular o índice \bar{f} de todas alternativas. As alternativas com maior \bar{f} são consideradas melhores.

$$\bar{f}(A_j) = \sum_{i=1}^m \bar{w}_i(C_i) \cdot \bar{v}_i(A_j) \quad (3.21)$$

Onde: $A_j = j$ -ésima alternativa avaliada

$\bar{w}_i(C_i)$ = vetor de prioridades entre critérios

Segundo Gomes *et al.* (2004), após a aplicação do método AHP pode-se realizar um teste para se verificar a consistência da solução encontrada. Considerando n o número de alternativas comparadas e w o vetor de prioridade entre os critérios, λ_{\max} é definido como o autovetor da matriz de decisão A e é calculado conforme a equação 3.22.

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum \frac{v_i(A \times w)_i}{w_i} \quad (3.22)$$

O Índice de Consistência (IC) é então calculado com a equação 3.23 e, se o seu valor encontrado for menor que 0,1, a solução encontrada é consistente.

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (3.23)$$

3.5 – TOMADA DE DECISÃO E OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES COM GRUPOS DE PESSOAS

De acordo com Goicoechea *et al.* (1982), a existência de diversos decisores (ou gestores) em um problema é algo que introduz grande complexidade à análise de decisão. Conforme já introduzido anteriormente, não se trata de apenas escolher uma alternativa mais vantajosa ou viável, mas também de levar em conta, de alguma maneira, as opiniões e preferências desses decisores. E essas estruturas de preferência, potencialmente bastante individualistas, podem gerar resultados muito variados quando aplicadas à análise de um problema.

De maneira semelhante, o estabelecimento de um consenso entre decisores ou atores no levantamento de informações de problemas enfrentados e possíveis soluções também apresenta grande complexidade. Entre essas informações necessárias encontram-se os objetivos, critérios, pesos, etc. E conforme exposto em capítulos anteriores, essas

informações exercem grande influência nos resultados de problemas a serem solucionados utilizando métodos multiobjetivo e multicritério.

Para transpor os obstáculos mencionados, foram criados métodos de tomada de decisão e obtenção de informações com grupos de pessoas. Segundo Harsanyi (1977 *apud* Goicoechea *et al.*, 1982), esses métodos podem ser divididos em dois grupos: baseados na Teoria dos Jogos e baseados na Ética. O primeiro grupo visa a simular um comportamento individualista dos indivíduos, onde cada um busca maximizar seus próprios interesses no espaço coletivo. Já os métodos baseados na ética simulam um comportamento coletivo, no qual os interesses de todo o grupo são buscados simultaneamente.

No caso da gestão de lodos de fossas sépticas, é de interesse que, na obtenção de dados e soluções de consenso sobre o problema, um grande número de interesses difusos sejam satisfeitos. Os métodos baseados na Ética são os que se adéquam aos propósitos desse tipo de gestão.

Dos diversos métodos baseados na Ética existentes, pode-se destacar o método da Comparação Interpessoal Explícita de Preferências, os métodos de Utilidade do Grupo, o Processo de Planejamento Aberto Iterativo, a Técnica Nominal de Grupo e a Técnica *Delphi*. Segundo Brostel (2002), os dois primeiros caracterizam-se por um maior rigor teórico, e exigem a determinação de uma função de utilidade do grupo, geralmente proveniente da utilidade de cada indivíduo. O Processo de Planejamento Aberto Iterativo exige uma forte interação dos decisores em todos os estágios de planejamento, o que dificulta sua aplicação na prática. Por outro lado, a Técnica Nominal de Grupo e a Técnica *Delphi* possuem a vantagem da praticidade operacional: são de aplicação rápida e fácil. E não possuem o rigor teórico das duas primeiras. Por esse motivo, essas duas técnicas, sobretudo a *Delphi*, são amplamente usadas em problemas de todos os campos de engenharia, e serão descritas brevemente a seguir.

3.5.1 - Técnica Nominal de Grupo (TNG)

A Técnica Nominal de Grupo - TNG, também conhecida pela sigla em língua inglesa NGT (*Nominal Group Technique*), foi desenvolvida nos anos 60 do século XX. É uma metodologia para uso em situações de tomada de decisões complexas, e deve ser usada

para pequenos grupos de pessoas, preferencialmente de 5 a 9 participantes (Goicoechea *et al.*, 1982).

Os passos que caracterizam a aplicação da TNG são:

1. Geração das idéias de forma silenciosa, somente escrita;
2. As idéias geradas no primeiro passo circulam pelo grupo;
3. É feita uma discussão em série para esclarecer as dúvidas relativas às idéias;
4. Votação preliminar para definição da importância dos itens ou idéias em questão;
5. Há uma discussão a respeito do resultado da votação preliminar;
6. É feita uma votação final.

Segundo Goicoechea *et al.* (1982), esses passos são organizados por um “diretor” do grupo, que conduz todo o processo de votação e estabelecimento das preferências. A principal vantagem desse método é a rapidez. Todo o processo leva de 60 a 90 minutos. A principal desvantagem é a necessidade da presença de todos os participantes do grupo, que é muitas vezes inviável.

3.5.2 - Técnica *Delphi*

Segundo Linstone e Turoff (2002), a técnica *Delphi* é um método para estruturar o processo de comunicação em grupos ou equipes de trabalho, de modo que se possa lidar com problemas multidisciplinares e de complexidade elevada com mais facilidade e eficiência. Ela pode ser aplicada a quase todas as áreas do conhecimento humano. Entretanto, o que determina sua aplicabilidade são as circunstâncias do problema e a influência que o processo de comunicação em grupos exerce em sua resolução. O enquadramento dos problemas em pelo menos uma das seguintes situações pode indicar a viabilidade do uso do *Delphi*:

- Não é possível solucionar o problema com base em técnicas analíticas, mas julgamentos ou opiniões coletivas podem auxiliar o processo;
- Falta a alguns membros do grupo experiências de comunicação em grupo ou de trabalho em equipe, e há diferenças significativas em termos de experiência profissional entre eles;
- Não é possível a interação face a face entre todos os membros do grupo;

- Encontros freqüentes entre os membros do grupo são inviáveis, seja por motivos financeiros ou por limitações de tempo;
- Podem-se melhorar os resultados e a eficiência dos encontros por intermédio de processo de comunicação sistematizado;
- Por motivos diversos (ideológicos, políticos, etc), é desejável certo grau de anonimato no processo de comunicação e interação entre os membros da equipe;
- Deseja-se preservar as particularidades de cada indivíduo, de modo que ele não sofra influência de outros membros do grupo.

De acordo com Kayo e Securato (1997), a metodologia *Delphi* consiste em aplicar diversos questionários a especialistas por vários turnos ou rodadas consecutivas, com o intuito de se estabelecerem as tendências futuras do sistema. Com apoio de ferramentas estatísticas, os resultados parciais são usados para compor os questionários subseqüentes. O objetivo final da pesquisa é a composição de cenários que possam auxiliar a tomada de decisão e o estabelecimento de estratégias para atuação do grupo.

Linstone e Turoff (2002) afirmam que existem basicamente duas formas da metodologia *Delphi* aplicadas na atualidade. A primeira delas, chamada pelos autores de “*Delphi* Convencional”, é uma versão “papel-e-lápis”, ou seja, o especialista recebe o questionário, responde e retorna-o. Há uma equipe de monitores que distribui questionário aos especialistas e colhe os resultados. Com base neles, são elaborados novos questionários. Antes de responder a esse novo questionário, é dada ao especialista a oportunidade de ver o resultado geral do grupo e modificar sua resposta. Essa metodologia pode ser aplicada de maneira presencial, por correspondência ou por correio eletrônico. Segundo Kayo e Securato (1997), o maior inconveniente desse processo é o tempo que geralmente é necessário para se obter a resposta de todos os entrevistados. Essa metodologia deverá ser usada neste trabalho.

A segunda forma de aplicação da técnica *Delphi* é a chamada “*Conferência Delphi*” ou, segundo Kayo e Securato (1997), “*Delphi* em tempo real”. Nesse processo, a equipe de monitores é substituída por um conjunto de computadores em rede, nos quais as perguntas são feitas e respondidas pelos especialistas simultaneamente. Com isso, contorna-se o problema do tempo de resposta. Porém, uma desvantagem é a dificuldade em se reunirem

profissionais para participarem da pesquisa ao mesmo tempo, até porque muitos podem se localizar em países distintos. Além disso, as peculiaridades dos questionários subsequentes devem estar bem definidas, já que tudo será feito eletronicamente. Na metodologia convencional, há a vantagem de se acompanharem os resultados parciais e modificar com mais facilidade o curso das questões, de acordo com as respostas dadas.

3.5.2.1 – Aplicações da Técnica *Delphi*

Diversas aplicações da Técnica *Delphi* podem ser encontradas na literatura técnica, em uma grande diversidade de campos do conhecimento. Como exemplo pode-se citar a aplicação de Faro (1997) no campo da enfermagem, onde *Delphi* foi usado para avaliar as intervenções de enfermagem aos lesados medulares em processo de reabilitação. No início do trabalho foram levantados dados dos pacientes que tiveram essa enfermidade e sua evolução ao longo do tratamento. Em seguida foram escolhidos os profissionais que responderiam aos questionários da pesquisa. Essa escolha foi feita basicamente com a condição de ser enfermeiro(a) e, necessariamente, desenvolver atividades junto a instituições que realizam o tratamento, ensino ou pesquisa dessa lesão. Tal exigência reflete a importância de que, para utilizar *Delphi*, sejam escolhidos profissionais com experiência e que possam contribuir com diversos aspectos do problema. Foram realizadas três rodadas de questionários. Nelas foram atribuídas notas de 0 a 10 às intervenções mais frequentes (utilizada em pelo menos 25% dos casos de lesão) e sua adequabilidade. Foi permitido que os especialistas acrescentassem outras intervenções pertinentes, mas não citadas pelos elaboradores dos questionários.

Outros dois casos de estudo que empregaram *Delphi* são apresentados por Santos *et al.* (2005), aplicados à área de gestão da construção civil. O primeiro caso tinha como objetivo analisar e estabelecer as diretrizes para o planejamento de canteiros em obras de pavimentação com concreto. Foram realizadas cinco rodadas, nas quais os principais elementos do canteiro de obras foram avaliados pelos especialistas. Foi possível chegar a um nível de concordância final de 90% entre os participantes. No segundo caso, utilizou-se *Delphi* para avaliar a qualidade intelectual e profissional dos recursos humanos no que tange à gestão de obras na Região Metropolitana de Curitiba. Os avaliadores foram arquitetos, engenheiros civis e tecnólogos. Deve-se destacar que ambas as pesquisas utilizaram a internet para comunicação com os especialistas, e foi utilizada a versão

convencional do *Delphi*. Os autores destacam a importância da mediação do pesquisador no processo, estimulando e alimentando as discussões. Também é destacado que o *Delphi* contribui para acelerar o entendimento global do problema por parte do pesquisador.

Oliver (2002) realizou pesquisa para desenvolvimento de uma metodologia de avaliação das condições locais de vegetação para a sustentabilidade de animais e plantas nativas na Austrália. Nesse trabalho, foi utilizado o método *Delphi* para identificar, com apoio de especialistas, os indicadores locais mais relevantes e apropriados para essa análise. Foram consultados 47 especialistas via correio eletrônico, e 62 potenciais indicadores de sustentabilidade foram identificados. Segundo o autor, painéis de especialistas realizados junto a técnicas de apoio à decisão constituem importantes ferramentas para reunir eficientemente o conhecimento e a experiência de especialistas, principalmente em questões que envolvem recursos naturais, onde geralmente há falta de dados.

4 – METODOLOGIA DE PESQUISA

Considerando a problemática apresentada nos capítulos anteriores e os objetivos propostos, foi concebida a metodologia de pesquisa, cujas etapas são apresentadas a seguir. Conforme foi mostrado no capítulo de objetivos, esta proposta foca-se essencialmente na construção de uma metodologia de apoio à decisão aplicada à gestão de lodos de fossa séptica e na aplicação a um caso real, para auxiliar na elaboração dessa metodologia. A Figura 4.1 descreve os procedimentos de pesquisa adotados para esta dissertação.

É importante destacar as motivações que levaram à proposta de elaborar uma metodologia de apoio que utilizasse especificamente métodos multiobjetivo e multicritério, dentre as outras técnicas de apoio à decisão existentes. A primeira motivação é de que o estudo aplicado desses métodos constitui uma das linhas de pesquisa do PTARH. Outro motivo é que a aplicação desses métodos tem obtido êxitos frequentes nas áreas de meio ambiente, saneamento e recursos hídricos, podendo ser uma ferramenta útil também na análise alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas. Essa é uma hipótese básica da pesquisa. Adicionalmente, não foram encontradas publicações que utilizaram essa abordagem para a gestão de lodos de fossas sépticas, o que torna essa proposta original.

Em virtude disso, a estrutura operacional proposta para a metodologia de pesquisa segue etapas clássicas utilizadas em trabalhos correlatos para o desenvolvimento de ferramentas de tomada de decisão baseadas na análise multiobjetivo e multicritério, que incluem a consulta *a priori* a atores e especialistas e o uso de variável discreta.

A análise da Figura 4.1 revela que o objetivo das atividades propostas no fluxograma é a obtenção da metodologia de apoio. A concepção dessa metodologia levou em conta a idéia de que ela deveria ser genérica. Isso significa que ela deve ser aplicável a situações urbanas diversas, com fácil adaptação a contextos ou realidades diferentes. Entretanto, deve-se ressaltar que essa proposta não foi desenvolvida levando em conta aplicações em zonas rurais. Em regiões desse tipo, pode haver importantes premissas ou características locais que não necessariamente são levadas em consideração na metodologia aqui desenvolvida. Adicionalmente, não foi realizado levantamento bibliográfico substancial para se fazer

inferências ou afirmações sólidas sobre esse tipo de situação. O enfoque dado nesta dissertação é essencialmente urbano.

A primeira ação na Figura 4.1 é a definição do problema motivador e dos objetivos de pesquisa. O problema em questão foi parcialmente apresentado no Capítulo 1 (Introdução) e complementado no Capítulo 3 (Referências Bibliográficas). Os objetivos de pesquisa foram apresentados no Capítulo 2 (Objetivos).

Os passos seguintes e paralelos do fluxograma mostram etapas que visam essencialmente à coleta de informações e de dados para as etapas subsequentes. O primeiro deles, de *fundamentação teórica*, teve como intuito fornecer conhecimentos consolidados da literatura técnica e científica, necessários ao entendimento geral dos diversos aspectos do problema. Entre alguns dos temas pesquisados, se encontram: águas residuárias e seus lodos, métodos multiobjetivo e multicritério, técnicas de decisão em grupo, gestão e planejamento.

O processo de reconhecimento das *experiências da literatura* teve como objetivo principal realizar um apanhado das pesquisas científicas atuais relacionadas ao tema da dissertação. O objetivo dessa ação foi trazer novas idéias de abordagens ao problema e indicar direções a serem seguidas ou evitadas. O principal enfoque desta etapa foi nas experiências do planejamento e da gestão de lodos, e nas aplicações de métodos multiobjetivo e multicritério a problemas na área de saneamento e meio ambiente.

Com a realização do *I Workshop em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas*, pretendeu-se adquirir dados e conhecimentos provenientes da experiência de pessoas envolvidas com a temática em estudo, tanto do ponto de vista prático como teórico. Uma etapa essencial do *workshop* foi a aplicação de questionários usando a técnica *Delphi*. A idéia central do *workshop* foi reunir atores, especialistas, representantes de órgãos governamentais locais e membros de redes de pesquisa, de modo que eles pudessem contribuir com a construção da metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas. Mais detalhes sobre o *workshop* e suas atividades serão apresentados no Capítulo 5.

A partir das etapas iniciais de coleta de dados, foi feita a identificação de métodos multicritério e multiobjetivo apropriados para as condições apresentadas pela pesquisa.

Essa seleção também levou em conta a utilização do SAD-PTARH, que é um Sistema de Auxílio à Decisão elaborado pelo Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da UnB. É um software que executa a resolução dos problemas por meio de cinco métodos de análise multiobjetivo, sendo eles AHP, ELECTRE-III, Programação de Compromisso, PROMETHEE II e TOPSIS. Para efeitos de complementação de resultados, foram desenvolvidas planilhas de cálculo dos métodos Programação de Compromisso e TOPSIS para quaisquer valores do parâmetro S , incluindo ∞ .

Tendo sido selecionadas as técnicas multiobjetivo e multicritério, foi então elaborada uma série de instruções que visam à construção da matriz de avaliação e à coleta de parâmetros e informações pertinentes a cada método. Conforme apresentado na descrição teórica dos métodos multiobjetivo e multicritério (Capítulo 3), essa etapa tem impacto direto e decisivo nos resultados das análises. Isso porque, para que esses métodos proporcionem resultados confiáveis, a matriz de avaliação deve representar de maneira mais fiel e imparcial possível a realidade em estudo. Então, preocupou-se em elaborar instruções claras a respeito da avaliação dos critérios.

Cumpridos os passos anteriores, adquiriram-se informações suficientes para se obter o delineamento inicial da *metodologia de apoio* à decisão aplicada à gestão de lodos de fossas sépticas em ambientes urbanos. A etapa seguinte consistiu na aplicação dessa metodologia de apoio a um *estudo de caso* para sua verificação e aperfeiçoamento.

Após a aplicação do estudo de caso, houve uma etapa de *avaliação da metodologia de apoio*. Isso ocorreu devido ao fato de que a aplicação a um caso real também teve o intuito de alimentá-la. Ou seja, primeiramente tentou-se obter uma metodologia geral, que pudesse ser aplicada a casos específicos (raciocínio dedutivo), e, posteriormente, o caso específico alimentou e aperfeiçoou a metodologia geral (raciocínio indutivo).

Em seguida, com uma descrição final da metodologia de apoio, foram tecidas as conclusões e recomendações finais do trabalho.

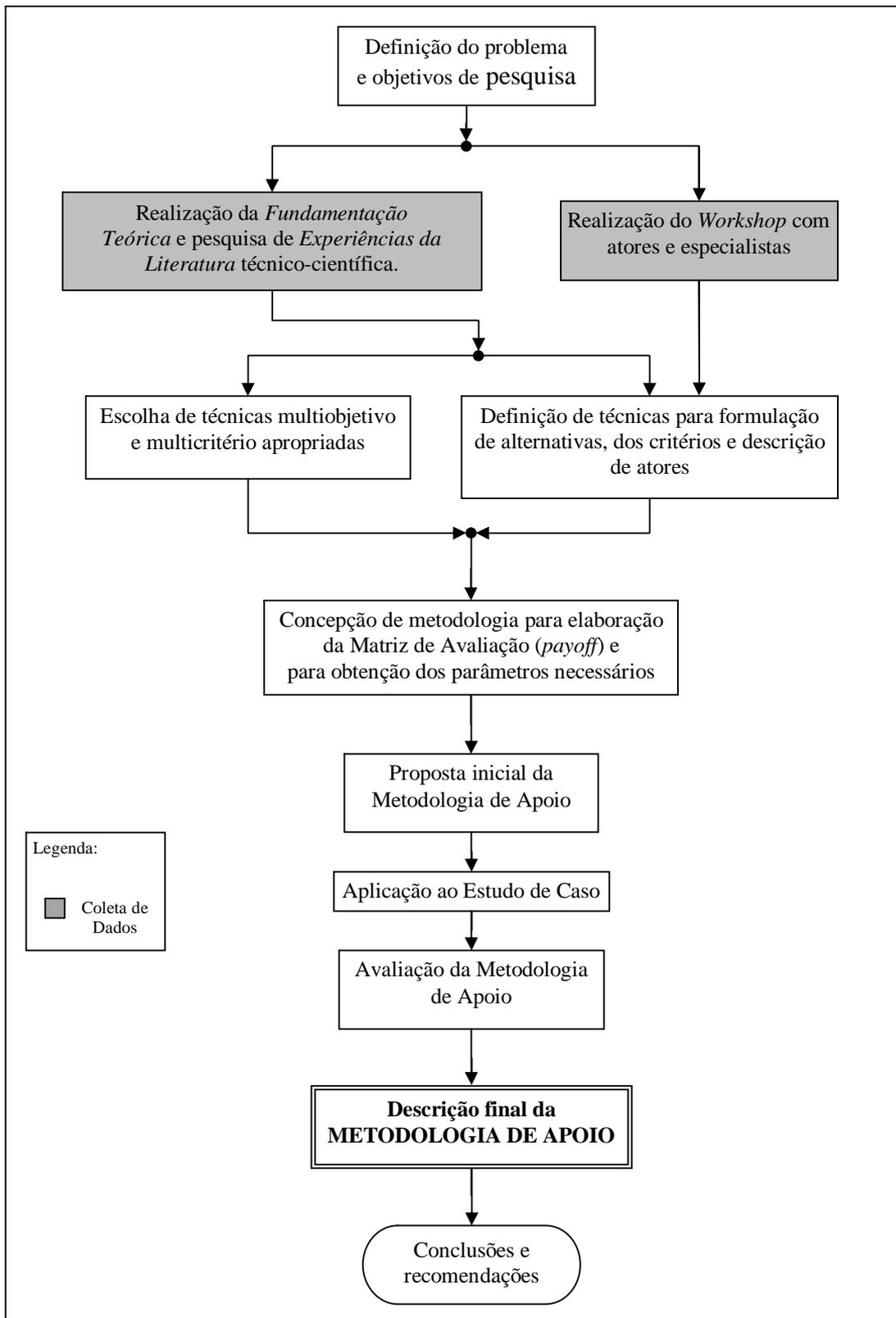


Figura 4.1 – Fluxograma da metodologia de pesquisa.

5 – FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APOIO À GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos pela pesquisa. Primeiramente apresentam-se os dados obtidos no I *Workshop* em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas. Em seguida, é descrita a metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas. Ao final, é apresentado o estudo de caso.

5.1 – O I WORKSHOP EM GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS

O I *Workshop* em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas foi um evento planejado ao longo dos meses de agosto e setembro de 2008, e foi o principal foco das atividades relacionadas à dissertação nesse período. Foi realizado em Brasília, no dia 26 de setembro, das 8h30 às 13h00.

O objetivo principal do *Workshop* foi o de reunir especialistas para discutir a gestão dos lodos de fossas sépticas e coletar dados para formulação da metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas. Para tanto, foi realizada uma série de apresentações ligadas à temática da gestão dos lodos de fossas sépticas, proferidas por convidados integrantes da rede de pesquisa PROSAB. Os temas foram abordados de uma maneira lógica e sequencial, de forma a transmitir aos participantes do evento uma visão global sobre o assunto. Assim, mesmo aqueles que não lidam diretamente com essa problemática puderam ter um embasamento conceitual suficiente para participar das discussões e coleta de dados. As apresentações realizadas e seus respectivos responsáveis foram:

1. O problema da gestão dos lodos de fossas sépticas no Brasil.
(Cleverson Vitorio Andreoli – SANEPAR)
2. Alternativas existentes de gestão de lodos de fossas sépticas.
(José Almir Rodrigues Pereira – UFPA)
3. Critérios de avaliação de alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas: visão *a priori*. (Bernardo Souza Cordeiro – PTARH / UnB)
4. Proposta da CAESB para gestão de lodos de fossas sépticas no Distrito Federal.
(Carlos Daidi Nakazato – CAESB)
5. O que é uma boa gestão dos lodos de fossas sépticas?
(Sérgio Tadeu Gonçalves Muniz – UNIFAE)

Cada apresentação foi seguida por um período de discussões, nas quais os convidados puderam intervir, contribuindo com suas experiências, ou questionar os palestrantes a respeito de cada tópico abordado ou do material visual exposto. Ao final dessas apresentações, ocorreu a aplicação de um questionário aos participantes, com o intuito de coletar as suas opiniões e julgamentos a respeito dos aspectos ligados à parte inicial e conceitual da abordagem multiobjetivo e multicritério a ser usada.

A seleção de participantes do *Workshop* foi realizada visando a garantir boa representatividade de especialistas e atores. Inicialmente, foi realizado um levantamento de profissionais do meio acadêmico por intermédio da plataforma Lattes (CNPq) e dos grupos de pós-graduação e pesquisa cadastrados na CAPES, além de visitas aos portais eletrônicos de universidades e instituições de pesquisa. Em seguida, foram listadas instituições que, potencialmente, poderiam ter interesses ou participação na gestão dos lodos de fossas. Entre as instituições reconhecidas, estão: ANA, ADASA, OPAS, FUNASA, IBAMA, Ministério das Cidades, Ministério do Meio Ambiente, Secretarias estaduais de meio ambiente e recursos hídricos, Companhias de Saneamento (CAESB, COPASA, SANEAGO, etc.), além de outras. A formação de uma rede de contatos com profissionais e instituições é de grande importância em pesquisas que abordam métodos multiobjetivo e multicritério. Isso porque, conforme já mencionado, uma parte integrante dessa metodologia consiste no uso de informações e julgamentos de especialistas para a obtenção de parâmetros diversos e para a avaliação dos resultados obtidos.

Para a confecção do questionário mencionado, foi proposto o uso de técnicas de entrevista e de elaboração de formulários descritas na literatura, principalmente as recomendações de Medeiros (2005). Dentre as opções levantadas na revisão bibliográfica, foi escolhida a técnica *Delphi* para estruturar o processo de comunicação com os atores, já que na TNG há uma limitação de participantes. No entanto, por imposição das condições enfrentadas, foram necessárias modificações na técnica *Delphi* para simplificar seu uso.

A principal modificação feita é que não foram realizadas sucessivas rodadas de questionários com os participantes do *Workshop*. O principal motivo é o alto custo de realização de eventos como esse, que tornou a execução de outros *workshops* inviável. Além disso, seria improvável que se conseguisse reunir novamente o mesmo grupo do

primeiro evento. Isso ocorre devido ao fato de que grande parte dos presentes era de outros estados, sendo que muitos vieram exclusivamente para o encontro.

Considera-se que essas modificações não afetaram negativamente os objetivos propostos para o questionário. Alterações como essa também foram propostas e adotadas com êxito por Brostel (2002).

Entende-se que a iniciativa do *Workshop*, que proporcionou uma consulta presencial a atores e especialistas, representou um avanço e fornece um resultado com embasamento em conhecimento de especialistas, que tende a estar mais próximo da realidade. Além disso, não foram encontrados dados desse tipo na literatura técnica e científica aplicados à gestão de lodos de fossas sépticas. O questionário aplicado encontra-se exposto no Apêndice A.

5.1.1 – Resultados do *Workshop*

Conforme dito anteriormente, o objetivo principal do *Workshop* foi o levantamento de aspectos conceituais a respeito dos lodos de fossas sépticas. Os dados pesquisados nos questionários, obtidos a partir de consulta a literatura científica na área de métodos multiobjetivo e multicritério, foram: a definição do problema local, a definição dos objetivos, o levantamento dos atores, a quantificação da influência desses atores na gestão dos lodos de fossas, a definição de critérios de avaliação de alternativas e seus pesos. Apresentam-se na Tabela 5.1 e na Tabela 5.2 os dados obtidos.

Profissionais provenientes de diversas instituições e vários estados compareceram ao evento, dando uma relativa representatividade quanto à presença de interessados no processo decisório. Ao todo, trinta e dois participantes preencheram os formulários de questões. Apesar da diversidade dos profissionais convidados, tanto em formação acadêmica quanto em experiências na área, pediu-se aos atores que respondessem as questões levando em conta os problemas de uma perspectiva genérica, tentando imaginar situações comuns à maioria dos casos de problemas relativos a lodos de fossas sépticas, e não apenas na visão de sua atuação profissional ou especialidade.

Tabela 5.1 – Compilação das respostas do questionário aplicado no I *Workshop* em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas – Parte 1

1 - Contextos em que estão inseridos os problemas advindos de uma gestão inadequada dos lodos de fossas sépticas		
Respostas	Fração que concorda (n = 32 participantes)	
Ambiental	97%	
Sanitário (saúde pública)	97%	
Social	78%	
Outros	31%	
2 – Principais consequências da gestão inadequada dos lodos de fossas sépticas		
Contaminação de mananciais, superficiais e subterrâneos, por despejos irregulares	97%	
Propagação de doenças de veiculação hídrica	94%	
Propagação de vetores de doenças	88%	
Problemas estéticos (paisagísticos, odores, etc)	84%	
Eutrofização de corpos d'água naturais e consequentes prejuízos às comunidades aquáticas	75%	
Outros problemas	19%	
3 - Objetivos principais de um plano de gestão dos lodos de fossas sépticas		
Melhorias em saneamento e saúde	88%	
Preservação ambiental	81%	
Confiabilidade na operação	59%	
Desenvolvimento social	59%	
Viabilidade econômica / financeira	53%	
Desenvolvimento econômico	41%	
Outros objetivos	9%	
4 – Principais interessados (grupos de pessoas ou instituições) na gestão dos lodos de fossas sépticas		
Órgãos governamentais de meio ambiente ou recursos hídricos	88%	
Companhias de saneamento	84%	
Usuários das fossas sépticas	78%	
Pessoas que realizam o aproveitamento do lodo	72%	
Empresas de limpeza de fossas	66%	
Outros envolvidos	22%	
5 - Relevância com que as expectativas de cada um desses envolvidos devem ser consideradas na escolha de alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas (peso em escala de 0 a 10)		
Resposta	Peso atribuído	
	Média	Desvio Padrão
Órgãos governamentais de meio ambiente ou recursos hídricos	8,3	2,5
Companhias de saneamento	7,4	3,1
Empresas de limpeza de fossas	7,3	2,5
Usuários das fossas sépticas	6,7	2,7
Pessoas que realizam o aproveitamento do lodo	6,7	2,5

Conforme se vê na Questão 1 da Tabela 5.1, a maior parte dos atores considerou que os problemas advindos de uma gestão inadequada dos lodos de fossas sépticas se inserem nos contextos ambientais e sanitários. O contexto social teve aceitação menor, mas ainda assim representativa. Uma fração relativamente baixa acrescentou contextos diferentes desses

três mencionados. As sugestões foram: ecológico (uma vez), educacional (três vezes), político (uma vez), financeiro (uma vez), institucional (uma vez) e econômico (quatro vezes).

Na Questão 2, os atores concordaram quase em sua totalidade que os principais problemas causados pela gestão inadequada dos lodos de fossas sépticas são contaminação de mananciais e a propagação de doenças de veiculação hídrica. Uma parcela considerável indicou propagação de vetores de doenças e problemas estéticos, e uma parcela um pouco menor concordou com a eutrofização de corpos d'água naturais. Outros problemas citados pelos atores foram a desvalorização de imóveis próximos a corpos d'água contaminados, prejuízos aos sistemas de coleta e tratamento de esgotos que não são adequados à recepção de lodos de fossa, contaminação dos solos, riscos no transporte de lodos e problemas econômicos.

Os resultados obtidos nas respostas à Questão 3 mostram que os participantes consideraram em sua maioria que os objetivos principais de um plano de gestão dos lodos de fossas sépticas devem ser melhorias em saneamento e saúde e a preservação ambiental. Isso indica que, nos aspectos abordados até aqui, os especialistas tenderam a priorizar questões sanitárias e ambientais no que tange a gestão desses lodos. Nota-se também que a viabilidade econômica e financeira dos planos de gestão e o desenvolvimento econômico foram avaliados como relevantes por um percentual menor de entrevistados.

De acordo com as respostas para a Questão 4, a maior parte dos convidados do evento também concordou que os órgãos governamentais de meio ambiente ou recursos hídricos são os principais interessados na gestão dos lodos de fossas sépticas. Entretanto, as companhias de saneamento e os usuários das fossas sépticas obtiveram percentuais relativamente próximos.

As respostas da Questão 4 se refletiram na Questão 5, que mostra a avaliação da relevância com que as expectativas de cada um desses envolvidos devem ser consideradas na escolha de alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas. Nota-se que os pesos obtidos são relativamente próximos, havendo entre o maior e o menor uma diferença de cerca de 20%.

Tabela 5.2 - Compilação das respostas do questionário aplicado no I *Workshop* em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas – Parte 2

6 - Critérios relevantes na comparação de alternativas de gestão dos lodos de fossas sépticas possíveis de serem adotadas em uma localidade	
Critério	Fração que concorda (n = 32 participantes)
Custo de implantação	81%
Custo total de operação e manutenção	81%
Melhorias na qualidade da água dos mananciais	81%
Diminuição de doenças ligadas à disposição inadequada dos lodos	78%
Custo para os moradores da região atendida e outros usuários do sistema	75%
Reflexos sociais benéficos (melhoria na qualidade de vida, criação de empregos, etc.)	59%
Aceitação pela população	56%
Complexidade da operação	50%
Flexibilidade para futuras expansões do sistema	50%
Geração de renda pelo aproveitamento do lodo	44%
Risco de falhas na operação	44%
Aceitação pelas autoridades políticas	41%
Visibilidade política	19%
Outros critérios	6%

7 - Importância de cada um dos critérios escolhidos - pesos (escala de 0 a 10)

Critério	Peso atribuído	
	Média	Desvio Padrão
1 – Melhoria na qualidade da água dos mananciais	8,3	3,1
2 – Diminuição de doenças ligadas à disposição inadequada dos lodos	7,9	3,0
3 – Custo de implantação	7,3	2,9
4 – Custo total de operação e manutenção	7,3	3,5
5 – Custo para os moradores da região atendida e outros usuários do sistema	6,9	3,6
6 – Reflexos sociais benéficos (melhoria na qualidade de vida, criação de empregos, etc.)	6,1	3,5
7 – Aceitação pela população	6,0	3,8
8 – Complexidade da operação	5,4	3,7
9 – Risco de falhas na operação	4,7	3,8
10 – Flexibilidade para futuras expansões do sistema	4,5	3,4
11 – Geração de renda pelo aproveitamento do lodo	4,5	3,4
12 – Aceitação pelas autoridades políticas	3,4	3,6
13 – Visibilidade política	2,3	3,3

Tabela 5.3 – Peso médio obtido para cada objetivo, com os respectivos critérios referenciados na Tabela 5.2

Objetivo	Peso médio	Critérios
Ambiental / Sanitário	8,1	1 e 2
Econômico	7,2	3, 4 e 5
Social	5,5	6, 7 e 11
Técnico	4,9	8, 9 e 10
Político	2,9	12 e 13

Na Tabela 5.2 observa-se a opinião dos profissionais questionados a respeito de quais critérios devem ser considerados como relevantes na comparação de alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas para uma localidade (Questão 6). Ao contrário da questão sobre objetivos do plano de gestão (Questão 3), onde os objetivos econômicos obtiveram desempenho pior, os critérios econômicos foram relativamente melhor contemplados. Os critérios de “custo de implantação” e “custo total de operação e manutenção” empataram com “melhorias na qualidade da água dos mananciais” na opinião dos entrevistados. Isso sugere que, apesar de não considerarem questões econômicas como um dos objetivos prioritários da gestão, elas devem ter uma atenção destacada na elaboração dos planos de gestão dos lodos, talvez pelo seu caráter determinante.

Prosseguindo ainda na Tabela 5.2, a “diminuição de doenças ligadas à disposição inadequada dos lodos” obteve um resultado muito próximo aos primeiros colocados, reforçando as preocupações sanitárias. Outro fato interessante é que critérios políticos (“visibilidade política” e “aceitação pelas autoridades políticas”) foram considerados relevantes por uma pequena parcela dos participantes.

A atribuição de pesos aos critérios (Questão 7) indica novamente a preferências desses atores por critérios ambientais e sanitários. O melhor peso foi obtido pelo critério “melhoria na qualidade da água dos mananciais”, mas o critério “diminuição de doenças ligadas à disposição inadequada dos lodos” obteve nota relativamente próxima. Em seguida, os custos diversos foram sequencialmente considerados os mais relevantes, reforçando o que foi dito sobre eles no parágrafo anterior. Novamente, os critérios de “visibilidade política” e “aceitação pelas autoridades políticas” obtiveram os piores desempenhos.

Na Tabela 5.3 encontram-se os resultado do agrupamento dos critérios da Questão 7 da Tabela 5.2 em objetivos que eles representam. Foi então calculada a média ponderada dos pesos atribuídos aos critérios correspondentes a cada objetivo. Nota-se que esta obteve a mesma tendência dos pesos quando considerados os critérios isoladamente.

5.1.2 – Comentários adicionais sobre os resultados do *Workshop*

A sistematização de alguns dos dados coletados, tais como os problemas e os objetivos da gestão dos lodos, revela resultados que já eram, de certa forma, esperados entre

profissionais com experiência na área de saneamento. Entretanto, a importância desses dados vem do procedimento utilizado para obtê-los, ou seja, da formalização dessas informações por intermédio de uma consulta estruturada a profissionais da área.

Esses dados podem servir como norteadores ou referências iniciais no estudo da gestão dos lodos de fossas sépticas em uma localidade qualquer. Também podem ser usados quando o analista necessita de uma tomada de decisão rápida, estando ele impossibilitado de uma assessoria especializada, considerando a escassez de dados dessa área no Brasil. Ressalta-se que a pesquisa local, com pessoas que de fato têm interesse nas decisões, é um instrumento importante para o reconhecimento das características do campo de estudo (Klingel *et al.*, 2002).

A aplicação do questionário se mostrou vantajosa pela objetividade, praticidade e rapidez da aplicação. Foi feita extensa revisão da literatura técnica e científica, de modo que as questões contemplassem grande quantidade de opções ou possibilidades nas respostas objetivas.

Após cada uma das questões propostas, foi acrescentado um espaço para respostas subjetivas (escritas), mas verificou-se que esse campo foi pouco utilizado. Dionne e Laville (1998) relatam a pouca disposição de entrevistados a responder formulários de pesquisa, o que pode ser uma explicação para a baixa adesão dos entrevistados às respostas abertas. Por outro lado, é possível que os itens listados pelo pesquisador nas respostas objetivas tenham contemplado uma descrição razoável das situações possíveis, sendo que os profissionais não sentiram a necessidade de acrescentar mais informações.

Um último comentário a respeito do formulário é quanto à necessidade de atenção ao descrever as instruções das questões. Apesar dos esforços na elaboração de instruções claras e de o formulário ter sido testado previamente com outras pessoas, houve problemas. Por exemplo, na questão que pedia para se inserir pesos numéricos para critérios de avaliação, houve o caso de o entrevistado marcar as lacunas com um “X”. Também houve entrevistados que atribuíram pesos apenas para alguns critérios, dando a entender que não concordava com os que ficaram em branco quando, nesses casos, a instrução era de que fosse atribuída nota zero.

5.2 – METODOLOGIA DE APOIO À GESTÃO DOS LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS

Inicia-se este item com uma breve reflexão a respeito da nomenclatura a ser usada para a “ferramenta” que se dispôs a desenvolver. A escolha dessa nomenclatura foi objeto de pesquisa e discussão ao longo do processo de produção desta dissertação. Inicialmente, uma nomenclatura sugerida foi “modelo de apoio à gestão” ou “ferramenta de apoio”. No entanto, essas nomenclaturas foram abandonadas porque remetem ao campo da modelagem numérica e computacional, que não se aplica a este estudo. Em seguida, por meio de revisão bibliográfica em trabalhos correlatos, foram levantados os diversos termos frequentemente utilizados no sentido desejado. Encontraram-se os termos “procedimento”, “sistema de apoio à decisão”, “suporte metodológico” ou simplesmente “metodologia”. Comparando as perspectivas e objetivos desses trabalhos consultados, percebeu-se que muitas dessas denominações são praticamente sinônimas, variando apenas com a adequação da proposta de trabalho.

Para efeito deste trabalho, optou-se por utilizar a nomenclatura “metodologia de apoio” por se adequar mais apropriadamente aos objetivos da presente pesquisa. Dessa forma, ao longo de toda a dissertação, a denominação “metodologia de apoio” é utilizada com o significado de “um conjunto de procedimentos sistematizados que dão instruções e orientações aos decisores e analistas sobre um modo de ação para chegar à escolha de alternativas coerentes com objetivos propostos”.

No próximo item (5.2.1) será apresentada a metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas. Em seguida é apresentado o levantamento de alternativas (item 5.2.2) e, então, é exposto o item de levantamento e avaliação dos critérios (item 5.2.3).

5.2.1 – Descrição da metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas

Neste item será feita a descrição da metodologia de apoio desenvolvida. É importante destacar que uma ferramenta como essa deve ser elaborada com o intuito de ser válida de maneira geral, podendo ser aplicada em diferentes regiões ou localidades de interesse. Pensando nisso, elaborou-se o fluxograma da Figura 5.1, que sintetiza a metodologia de apoio proposta. Ele foi construído tendo como base inicial as estruturas sequenciais de

raciocínio apresentadas por autores como Goicoechea *et al.* (1982) e Chankong e Haimes (1983), que são abordagens clássicas na análise de problemas multiobjetivo e multicritério. Também foram utilizados trabalhos técnicos de pesquisa como apoio ao desenvolvimento desse fluxograma.

Antes de prosseguir, deve-se relatar que as referências bibliográficas consultadas consideram que, antes do primeiro processo do fluxograma, há uma etapa de percepção da necessidade de mudanças no sistema. É quando algum conjunto de fatos desperta a atenção do decisor, que reconhece e estabelece a necessidade de alterações no curso da realidade. Trata-se de um sinal de “alerta”. Segundo os autores Chankong e Haimes (1983), está envolvido necessariamente nessa etapa um processo de julgamento. Ele provém do sistema de valores pessoais do decisor, que depende de suas influências culturais, sociais, etc. Essa etapa não foi acrescentada ao fluxograma da Figura 5.1 para evitar redundâncias, já que, ao ser iniciado um estudo com vistas à escolha de alternativa de gestão em saneamento, essa percepção e reconhecimento da necessidade de mudanças já ocorreu efetivamente.

A seguir é descrita a metodologia de apoio. Para facilitar a compreensão, cada processo do fluxograma da Figura 5.1 foi enumerado constituindo “passos” que serão descritos nos parágrafos seguintes.

Passo 1:

O primeiro passo da metodologia de apoio é a *definição do problema local e dos objetivos* que o plano de gestão dos lodos de fossa deve satisfazer. A definição do problema local provém de uma formalização das deficiências e da situação encontradas na localidade ou região em estudo. É importante que a equipe de analistas faça uma diferenciação clara entre o problema e suas consequências. Deve-se evitar, por exemplo, atribuir a fatores como degradação ambiental ou incidências de doenças de veiculação hídrica o *status* de “problema”, o que leva à realização de esforços para solucioná-los separadamente e com medidas paliativas. Ao início dos estudos, os analistas devem perceber o que é, na verdade, uma consequência de um problema mais abrangente, como a gestão inadequada dos lodos de fossas sépticas.

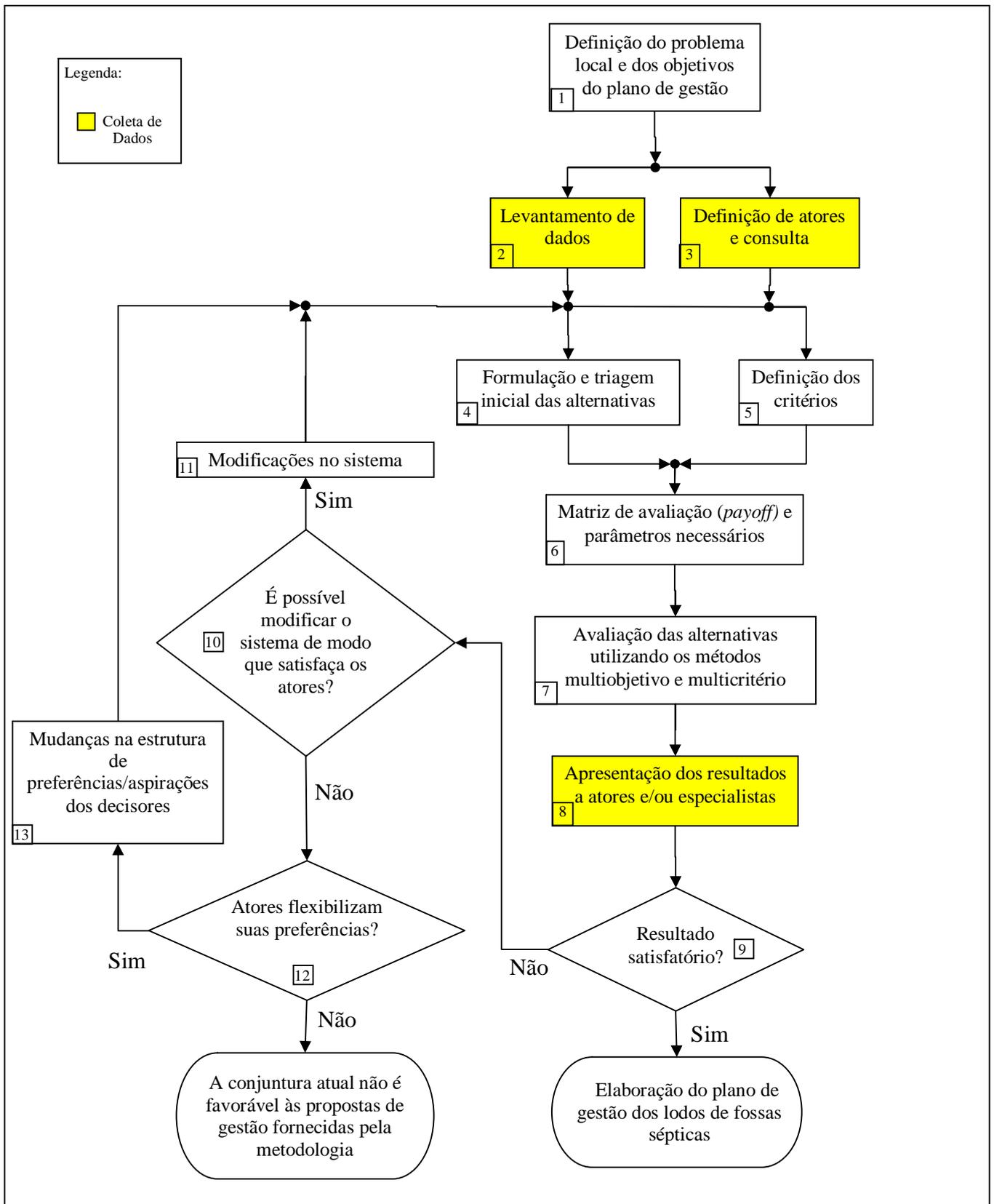


Figura 5.1 – Fluxograma da metodologia de apoio

No que diz respeito à gestão de lodos de fossas sépticas, há diversas maneiras de se definirem os problemas de uma localidade. Conforme confirmado por Klingel *et al.* (2002), é essencial que os analistas explorem os contextos geográficos, sociais e de infraestrutura, sobretudo quando eles não estão familiarizados com a região em estudo. Podem-se realizar entrevistas com autoridades, especialistas locais ou atores. Também é importante o levantamento de informações de pesquisas estatísticas sobre as condições sanitárias locais, assim como outros documentos governamentais, das diversas esferas de governo. Também podem ser úteis pesquisas de campo, como visitas a áreas afetadas pelo problema, para se constatar, inclusive, necessidades de intervenção que não foram percebidas pelos atores.

O levantamento dos objetivos do plano de gestão, feito em seguida, depende essencialmente do problema definido anteriormente. Eles são obtidos a partir das aspirações dos atores locais e, conforme mostrado no Capítulo 3, constituem as condições nas quais os atores desejam que o sistema esteja. Então, para listá-los, a equipe de analistas deve, de algum modo, captar as aspirações dos atores. É uma tarefa relativamente intuitiva e, com base na literatura técnica, podem-se prever alguns objetivos genéricos, como ambientais, sanitários (de saúde pública) e econômicos. Como uma referência inicial para a listagem dos objetivos, podem ser empregados os dados dos resultados obtidos no *Workshop* (Tabela 5.1).

Passo 2:

A segunda etapa prevista, que compreende os Passos 2 e 3, é de coleta de informações, mas de maneira mais profunda que na etapa de definição do problema local. Klingel *et al.* (2002), no estudo específico de soluções para os problemas gerados pelos lodos de fossas sépticas, afirma que a aquisição de uma ampla compreensão da situação local e das questões que a influenciam é uma etapa essencial no levantamento de possíveis soluções para o problema vivenciado. Alguns exemplos de dados que podem ser de relevância são apresentados na Tabela 5.4.

Esses dados podem ser obtidos em instituições governamentais nas esferas federal, estadual e municipal, como secretarias, institutos de pesquisa, empresas de saneamento, etc. Também pode ser de grande valia a aquisição de informações de trabalhos acadêmicos

que, de alguma forma, estudaram a realidade local. Segundo Klingel *et al.* (2002), visitas a campo são também essenciais. Deve-se tentar conhecer pessoalmente a infraestrutura de saneamento. Entretanto, os analistas devem estar atentos para não empregar demasiado tempo ou dinheiro na aquisição de dados com pouco uso prático na elaboração das alternativas de solução.

Tabela 5.4: Dados de possível relevância em um contexto local

<i>Categoria</i>	<i>Informação relevante</i>
Sanitários	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade de lodo produzida - Distribuição espacial da produção de lodo - Características do lodo (concentração, peculiaridades locais na composição, propriedades reológicas e de sedimentação, etc.) - Incidência de doenças relacionadas ao lodo de fossas sépticas e sua distribuição espacial
Geográficos	<ul style="list-style-type: none"> - Mapas topográficos - Levantamentos geológicos - Levantamentos climáticos - Imagens de satélite
Sócio-econômicos	<ul style="list-style-type: none"> - Renda <i>per capita</i> ou familiar - IDH
Culturais	<ul style="list-style-type: none"> - Hábitos relativos ao saneamento (uso da água, destino de esgotos, métodos e frequência de limpeza das fossas, etc.)
Políticos	<ul style="list-style-type: none"> - Distinção dos responsáveis pelo planejamento, operação e manutenção da infraestrutura de saneamento, especialmente em relação aos lodos de fossas sépticas
Legais	<ul style="list-style-type: none"> - Legislação, resoluções, normas, etc.
Infraestrutura Urbana	<ul style="list-style-type: none"> - Serviços particulares de coleta de lodo de fossas - Infraestrutura de saneamento existente (coleta de esgoto, estações de tratamento de esgotos, aterros, usinas de compostagem, etc) - Disponibilidade de terreno - Estrutura viária

Passo 3:

Ainda no segundo nível do fluxograma, no Passo 3 são definidos os atores. Os atores podem ser definidos a partir do levantamento das entidades locais e grupos de pessoas responsáveis ou interessados na gestão de lodos de fossas sépticas local.

Apesar de se saber que a realidade de cada comunidade varia consideravelmente, alguns agentes (grupos de pessoas ou instituições) podem ser previamente sugeridos como sendo atores para o caso da gestão dos lodos de fossas sépticas. O primeiro é a companhia local

de saneamento ambiental, que geralmente é a responsável pela operação sistemas de tratamento de águas residuárias existentes e que, muitas vezes, tem interesses e competências na proteção de mananciais de abastecimento e no controle de poluição. Outro grupo de atores é a população, sobretudo os usuários de fossas, que tem interesses nos custos que o processo de limpeza das fossas pode ocasionar e, muitas vezes de maneira inconsciente, na proteção à saúde. As companhias de limpeza de fossas, geralmente privadas, também formam um importante grupo de atores, com interesses financeiros. As agências e órgãos (federais, estaduais e/ou municipais) com interesses na conservação do meio ambiente podem ser considerados atores, com diferentes graus de influência na questão. Também se somam a esse grupo os órgãos e secretarias de saúde, que têm interesses no controle de doenças de veiculação hídrica. Por último, podem-se identificar grupos de empreendedores que utilizam o lodo de fossa como insumo, como por exemplo, para fins agrícolas, e que têm interesses em adquiri-lo.

A consulta a atores mencionada tem como intuito auxiliar no diagnóstico das condições locais e verificar as preferências e aspirações estabelecidas por eles, seus anseios e expectativas. Com isso, completam-se os dados e a visão necessários para as etapas seguintes.

Passo 4:

Com os dados locais adquiridos e feita a leitura e análise dos documentos municipais relativos, formulam-se as alternativas possíveis na localidade em estudo (Passo 4). Os detalhes do levantamento de alternativas são apresentados no item 5.2.2. Nesse passo é de suma importância o conhecimento da realidade local, para que sejam descritas alternativas factíveis para as condições locais e para que nenhuma deixe de ser considerada.

Segundo Cohon e Marks (1975), uma das primeiras etapas na análise de um problema multiobjetivo é a pré-seleção das alternativas viáveis, excluindo-se aquelas claramente inferiores. Caso o número de alternativas disponíveis se mostre excessivamente grande, deve ser feita uma etapa de seleção ou triagem de alternativas inferiores. Exemplos de características que podem eliminar uma alternativa, a depender das condições locais, são a alta quantidade de recursos financeiros para sua execução e a demanda por terrenos de grande porte, quando essas quantidades ultrapassam as disponibilidades locais. Percebe-se

que a eliminação de alternativas está intimamente ligada ao alcance dos objetivos propostos inicialmente. Então, essa ação pode carregar certa subjetividade, sobretudo quando o critério de avaliação do objetivo em questão é do tipo intangível. Esse fato torna importante levar em conta nesse processo as aspirações dos atores.

Deve-se ressaltar também o fato de que as realidades encontradas em municípios brasileiros são muito diversas. Alternativas não praticáveis em um caso podem ser importantes soluções em outro. Isso significa que a triagem inicial deve ser feita criteriosamente, levando em conta as particularidades de cada aplicação. A seguir são mostradas algumas condições que podem ser úteis na triagem inicial de alternativas.

- **Impedimentos legais:** Deve-se atentar ao fato de que alternativas já aplicadas com êxito podem ser proibidas em outros locais por força de legislações estaduais ou municipais que impeçam seu uso. De maneira análoga, alternativas descritas na literatura estrangeira podem encontrar impedimentos legais para sua aplicação em território nacional.
- **Custos:** A demanda excessiva de recursos financeiros pode constituir fator de exclusão imediata de alternativas. Considerando que as fossas sépticas são utilizadas amplamente por municípios com poucos recursos financeiros justamente pelo fato de serem sistemas simples e pouco dispendiosos, o uso de alternativas excessivamente caras torna-se incongruente.
- **Área:** Alternativas que demandam grande quantidade de área para sua implantação podem ser consideradas impraticáveis em regiões com pouca disponibilidade de terrenos. Isso pode ser mais acentuado em grandes centros urbanos e em regiões densamente povoadas.
- **Disponibilidade de tecnologia e insumos:** Tecnologias sofisticadas que demandem peças ou componentes específicos que são caros ou de difícil obtenção podem ser problemáticas. Isso porque a aquisição de peças novas para reposição pode levar muito tempo, deixando a alternativa escolhida ociosa. Isso ocorre também quando a manutenção depende de pessoal especializado proveniente de locais distantes. Por esses motivos, determinada alternativa pode ser vetada.
- **Restrições culturais:** Podem existir impedimentos culturais para a adoção de uma alternativa de gestão. Um exemplo disso é a utilização agrícola de material

proveniente dos lodos, que pode gerar encontrar resistência na população para com seu uso.

- Incompatibilidade com planos diretores de uso da terra, de resíduos sólidos, de águas residuárias e de poluição do ar: alternativas que vão de encontro com planos de desenvolvimento urbano e de proteção ambiental já existentes podem ser desconsideradas.
- Impedimentos físicos ou logísticos: Podem existir ruas não pavimentadas ou com acesso por vielas ou trilhas, que restringem o acesso. Deve-se considerar, por exemplo, o caso de locais com terrenos arenosos, como praias, onde caminhões atolam com facilidade. É também possível que em locais com urbanismo deficiente, com lotes muito pequenos, exista a impossibilidade a passagem dos caminhões, como em é comum em favelas.

Passo 5:

No Passo 5 é feita a definição dos critérios que serão usados para a comparação entre as alternativas. Essa etapa é descrita em separado no item 5.2.3, onde também é apresentada a metodologia para mensuração desses critérios.

Passos 6 e 7:

Com as alternativas levantadas no Passo 4 e com os critérios devidamente mensurados, é montada uma matriz de avaliação, cujos dados serão usados para alimentar os métodos multiobjetivo e multicritério. Detalhes adicionais sobre essa matriz são apresentados no Capítulo 3.

Devido à grande diversidade de métodos, recomenda-se o uso de alguns que já possuem aplicação difundida em engenharia e relativa simplicidade operacional, sendo eles: TOPSIS, Programação de Compromisso, Promethee II, ELECTRE III e AHP. Outro motivo de sua adoção é que esses métodos são passíveis de programação em planilhas eletrônicas com relativa facilidade, constituindo uma ferramenta que não depende necessariamente de programas computacionais que exigem licença de uso paga. Também é importante o uso métodos diferentes para se comparar os resultados provenientes de diferentes regras de decisão

Com esses dados em mãos e definidos os métodos multiobjetivo e multicritério a serem usados, deve ser feita a avaliação e o ordenamento das alternativas.

Passos 8 e 9:

Feita a ordenação das alternativas com os métodos multiobjetivo e multicritério, prossegue-se com uma consulta a especialistas e/ou atores, para tentar obter a confirmação da solução de compromisso para o caso local. Caso a solução se mostre satisfatória para os atores e especialistas (Passo 9), o analista prossegue para a *Elaboração do plano* local de gestão dos lodos de fossa séptica. Caso contrário, prossegue-se para o Passo 10.

Passos 10, 11, 12 e 13

Se os resultados não se mostraram satisfatórios, a metodologia de apoio prevê uma retroalimentação no processo decisório. Então é necessária uma investigação do motivo da insatisfação dos especialistas e/ou atores. Deve-se verificar se há modificações a fazer no sistema de maneira que os resultados atinjam as expectativas estabelecidas inicialmente. Essas modificações podem acontecer nas tecnologias de tratamento de lodos utilizadas nas alternativas, nos recursos financeiros a serem empregados na gestão e até mesmo na revisão de etapas anteriores da própria metodologia, caso tenha ocorrido alguma falha. Por exemplo, uma maior destinação de recursos financeiros que possibilite a execução de alternativas mais caras ou aquisição de maior terreno para implantação pode gerar uma mudança significativa na avaliação e satisfazer as expectativas dos atores ou especialistas. Se há modificações, elas são implementadas (Passo 11) e volta-se às etapas iniciais de descrição do sistema.

Se for constatado no Passo 10 que não há modificações a serem feitas, deve-se verificar se os atores estão dispostos a modificar suas preferências. Caso a resposta seja positiva, devem-se realizar essas modificações na concepção do problema e processar novamente a hierarquização de alternativas. Essas modificações podem incluir a relaxação ou flexibilização de restrições impostas para a formação do conjunto viável de alternativas.

Se os decisores não concordarem em rever suas premissas adotadas e/ou reavaliar suas exigências, conclui-se que a conjuntura atual da localidade não é favorável às propostas de gestão fornecidas pela metodologia.

5.2.2 – Levantamento de Alternativas

Na geração das alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas, para facilidade, a composição dessas alternativas é feita a partir de quatro partes básicas. A primeira dessas partes é a forma de coleta dos lodos, a segunda é o transporte, a terceira é o tratamento e, finalmente, a quarta parte é a destinação final. Então, uma alternativa genérica de gestão dos lodos de fossas sépticas pode ser construída por uma combinação das opções que a localidade possui para cada uma dessas quatro partes. A seguir, é dado o exemplo de uma alternativa que envolve todas essas etapas: os lodos podem ser coletados por caminhões limpa-fossa (Parte 1), transportados pelos próprios caminhões até um poço de descarga, que o transporta em seguida até uma ETE (Parte 2). A ETE trata o resíduo (Parte 3) e o lodo final, posterior ao tratamento, é encaminhado para uso agrícola (Parte 4). A composição de uma alternativa é ilustrada na Figura 5.2.

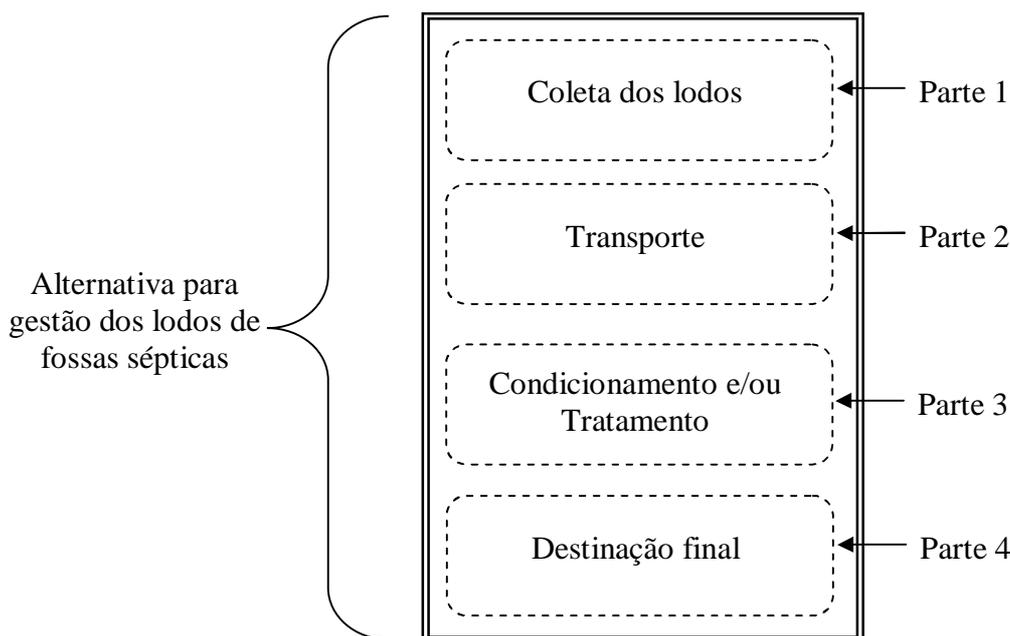


Figura 5.2 – Composição de uma alternativa genérica

Então, se não há restrições entre a sucessão das partes e cada alternativa é composta pelas quatro, o número total de alternativas é calculado simplesmente pelo produto do número de opções apresentadas por cada parte. No entanto, é importante notar que a parte 3 pode não estar presente todas as vezes. No exemplo dado, se o caminhão levar o lodo diretamente a um aterro ou a outro tipo de destinação final direta, haverá apenas as Partes 1, 2 e 4. Também há a possibilidade de que a sucessão das partes não seja compatível. Por exemplo, as opções de tratamento ou condicionamento (parte 3) podem não ser compatíveis com alguns tipos de destinação final (parte 4). Desse modo, o número de alternativas dependerá do arranjo possível entre as opções de cada parte. A Figura 5.3 ilustra o processo de obtenção das alternativas quando partes sucessivas não são necessariamente compatíveis.

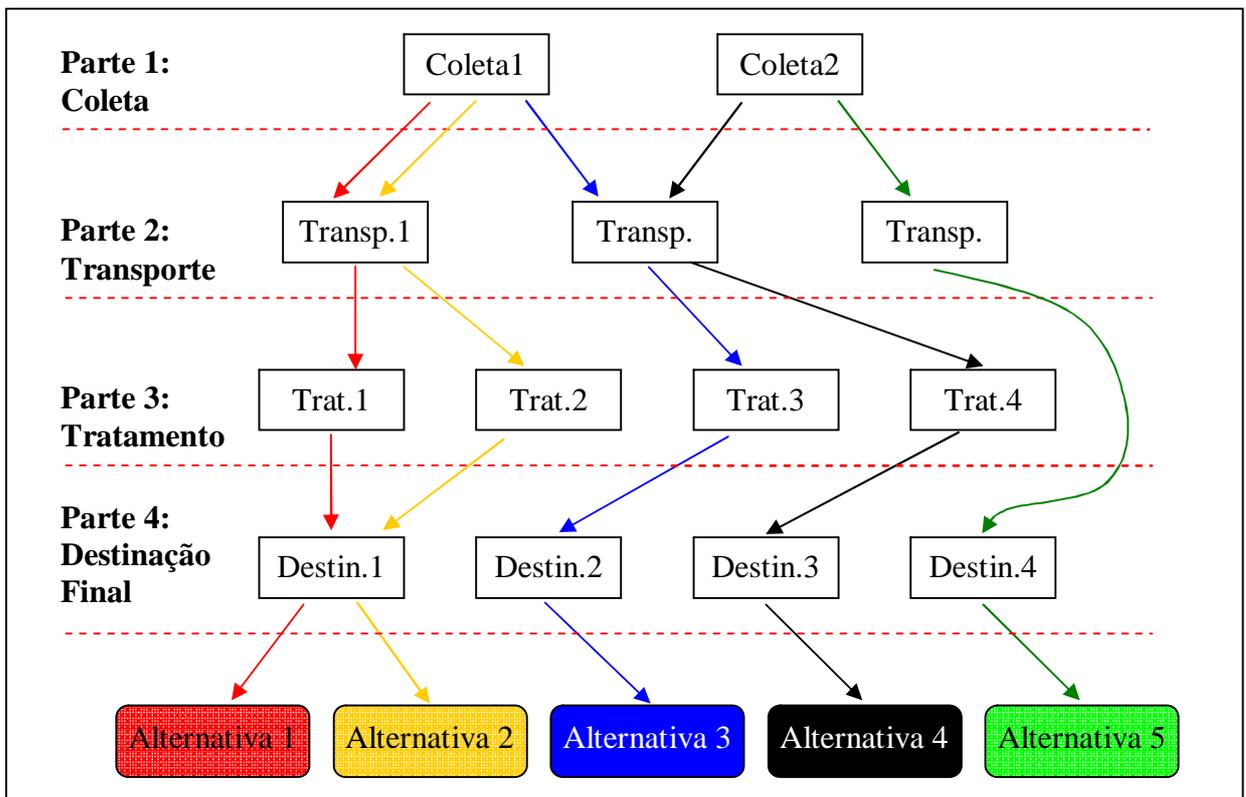


Figura 5.3 – Obtenção de alternativas em uma localidade hipotética quando há partes sucessivas que não são necessariamente compatíveis

Na Figura 5.3, percebe-se que há diferentes opções em cada parte que compõe as alternativas. Por exemplo, há duas opções de coleta na localidade hipotética (Coleta 1 e Coleta 2) e três opções de transporte (Transp. 1, Transp. 2 e Transp. 3). Tratamento e destinação final também possuem quatro opções cada uma. A composição de uma alternativa é feita seguindo um determinado caminho, expresso pela cor das setas. Por exemplo, a Alternativa 1 (vermelha) é composta por Coleta1 + Transp.1 + Trat.1 +

Destin.1. Outro fator importante é que se pressupõe que as composições que formam as alternativas são as únicas possíveis. Se duas opções consecutivas não estão ligadas por setas é porque essa associação não é possível. Por exemplo, a opção de transporte Transp.1 somente é compatível com as opções de tratamento Trat.1 e Trat2. Percebe-se também que na Alternativa 5 não é necessário o condicionamento ou tratamento.

Deve-se lembrar que, na construção de alternativas, optou-se por não considerar os diferentes tipos de origem dos lodos de fossas, como os oriundos de fossas comerciais, domésticas, ou oriundos de fossas individuais ou comunitárias (coletivas). Isso se deve ao fato de que a gestão dos lodos de fossas sépticas geralmente é feita sem distinção da origem. Também não se considerou para a construção das alternativas a hipótese de a coleta ser paga diretamente pelo usuário. O motivo é que o usuário é dependente de terceiros para sua realização, devendo ser essa atividade um serviço público segundo o Artigo 5º da Lei 11.445/07.

Nos parágrafos seguintes, são descritas as opções de composição para as diversas partes que constituem uma alternativa de gestão de lodos de fossas sépticas, pesquisadas na literatura técnica. A Tabela 5.5, a seguir, apresenta um resumo de todas essas opções levantadas.

5.2.2.1 – Coleta

Segundo Klingel *et al.* (2002), a tecnologia clássica para a limpeza de fossas sépticas é a sucção com bombas de vácuo. De acordo com esses autores, ela apresenta a vantagem de minimizar o contato dos trabalhadores com o lodo, reduzindo riscos de contaminação. De fato, o que se percebe tanto na literatura técnica como na prática é que as soluções utilizadas giram em torno desse tipo de bombeamento, com exceção da coleta manual, aplicada a casos muito específicos.

A técnica genérica consiste na sucção dos lodos por intermédio de um tubo flexível inserido na fossa. Essa sucção pode ser precedida de uma etapa de agitação do conteúdo da fossa e adição de água, para desprendimento e suspensão do material sedimentado. O lodo bombeado é direcionado e armazenado em tanques que podem ter diversos tamanhos.

Tabela 5.5: Quadro resumo com as opções para partes que compõem as alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas

Coleta	Transporte	Tratamento ou Condicionamento	Disposição final
<ul style="list-style-type: none"> - Tanques de sucção de grande porte - Tanques de sucção de pequeno porte - Uso conjunto de tanques de grande e pequeno porte 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte por caminhão tanque diretamente até o local de tratamento ou destinação final - Transporte misto: caminhão tanque e rede de coleta de esgotos 	<p>TRATAMENTO ISOLADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redução do teor de umidade (por meios naturais): <ul style="list-style-type: none"> → Lagoas de estabilização (apenas para o lodo de fossa) → Leitões de secagem → Tanques de adensamento por gravidade - Redução do teor de umidade (mecanizada): <ul style="list-style-type: none"> → Centrífugas → Filtração a vácuo → Flotação → Filtros prensa → Secagem por calor → Incineração - Estabilização alcalina - Disposição em <i>Wetlands</i> - Digestão aeróbia - Digestão anaeróbia - Compostagem isolada <p>TRATAMENTO COMBINADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cotratamento em estações de tratamento de esgotos: <ul style="list-style-type: none"> → Tratamento junto ao esgoto → Tratamento junto aos lodos da ETE - Compostagem conjunta com resíduos sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação no solo: <ul style="list-style-type: none"> → Superficial → Subsuperficial (<i>Landfarming</i>) → Subterrânea - Co-disposição final com resíduos sólidos (aterros sanitários)

A seguir são apresentadas diversas técnicas de coleta dos lodos de fossas sépticas.

Tanques de sucção de grande porte: Segundo Polprasert (2007), esse é comumente considerado o método mais satisfatório de remoção do lodo de fossas sépticas. Tem grande versatilidade, já que seu volume varia de 1 a 10 m³. Geralmente são locomovidos por caminhões. Podem estar ligados ao veículo na forma de reboque, engatados em sua parte traseira, ou podem ser fixos, constituindo com o caminhão um conjunto projetado com o fim específico de remover o lodo (caminhão-tanque). Esse método de remoção apresenta a vantagem logística de possibilitar o armazenamento de lodo proveniente de diversas fossas antes de sua descarga. Entretanto, há a desvantagem de somente ser viável em áreas onde é possível o trânsito do veículo. A Figura 5.4 ilustra o momento da limpeza de uma fossa utilizando um tanque de sucção de grande porte.

Segundo Klingel *et al.* (2002), em países em desenvolvimento, esses tanques são conduzidos também por tratores ou até por tração animal. Essa opção pode ser conveniente para localidades com poucos recursos econômicos, mas perde-se o benefício da boa mobilidade e velocidade dos caminhões.

A ABNT (1993) estabelece que deve haver sempre o uso de caminhão-tanque com equipamento de sucção quando as fossas são utilizadas para tratamento de esgoto não exclusivamente doméstico, como em estabelecimentos de saúde e hotéis.

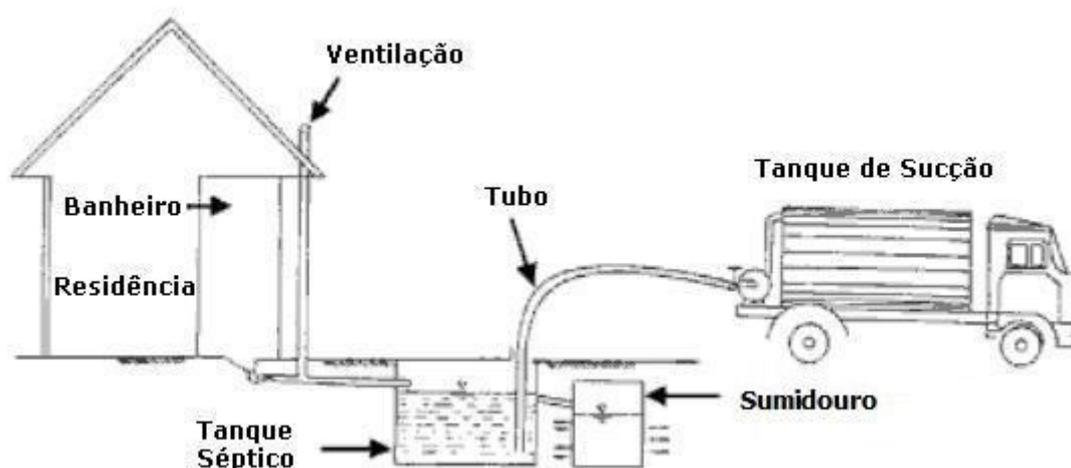


Figura 5.4 – Coleta do lodo de uma fossa séptica utilizando tanque de sucção (Polprasert, 2007, adaptada)

Tanques de sucção de pequeno porte: Esse tipo de método é especialmente útil em locais onde as vias que levam às moradias são estreitas e não é possível a passagem de veículos de grande porte, como os caminhões tanque. E essa realidade é relativamente comum em países em desenvolvimento como o Brasil, principalmente em comunidades com poucos recursos e em favelas. Segundo Klingel *et al.* (2002), para solucionar esse problema, diversos países, destacando os africanos e do sudeste asiático, desenvolveram sistemas de bombeamento de pequeno porte acoplados a tanques menores, de 200 a 500 litros. A bomba pode ser movida por um motor (Figura 5.5) ou manualmente (Figura 5.6).

Esse tipo de solução apresenta a desvantagem de não ser viável para transportar lodo por longas distâncias. De acordo com Klingel *et al.* (2002), seu uso necessita do apoio de tanques ligados a veículos mais ágeis, capazes de transportar o resíduo a longas distâncias, podendo ser inclusive os caminhões-tanque convencionais. Uma solução adequada para muitos casos é a combinação dos dois métodos: o uso dos tanques de grande porte para os casos normais e de tanques pequeno porte para áreas de acesso problemático.

Remoção Manual: A remoção manual do lodo de fossas sépticas, utilizando baldes ou outros recipientes, é uma opção extrema em casos em que o uso de bombas de sucção é impraticável, sejam elas manuais ou não. Klingel *et al.* (2002) indicam que ela é aceitável quando duas condições são satisfeitas: (1) os riscos à saúde do trabalhador são minimizados desde a coleta até a descarga; (2) há organização e fiscalização da disposição do lodo coletado. A primeira condição pode ser alcançada com a conscientização do trabalhador em relação ao risco a que ele está submetido. São importantes a aquisição de hábitos de higiene adequados e o uso de equipamento de proteção individual. A ABNT (1993) enfatiza que, independente do método, a limpeza das fossas deve ser executada por profissionais especializados e com equipamentos de segurança (luvas e botas de borracha). No caso da remoção manual, essa recomendação é enfatizada, sendo obrigatório o uso de máscara de proteção.

A segunda condição caracteriza um problema essencialmente de gestão. Segundo Klingel *et al.* (2002), o transporte do lodo, quando retirado manualmente, em geral é feito em carrinhos manuais ou pequenos galões. Esses autores reforçam que é importante a fiscalização para que o lodo seja levado até o local correto de descarga. Isso porque, quando o trabalhador é autônomo e recebe apenas para esvaziar a fossa, ele tende a

descarregar o lodo perto do local de coleta, em sistemas de drenagem, terrenos baldios ou mesmo nas ruas. Então deve haver incentivos, sejam eles financeiros ou de outra natureza, para que o lodo seja levado ao local apropriado, e multas ou sanções para os despejos irregulares.



Figura 5.5 – Tanque de sucção de pequeno porte com bombeamento mecânico (Klingel *et al.*, 2002)



Figura 5.6 – Coleta do lodo utilizando equipamento de bombeamento movido manualmente (Klingel *et al.*, 2002)

5.2.2.2 – Transporte

O transporte do lodo é a atividade na qual ele é conduzido da sua origem até seu local de condicionamento, tratamento ou destinação final. No Brasil, a maneira mais comum é o transporte direto até o local de descarga do lodo por intermédio do próprio caminhão-tanque.

No entanto, a USEPA (1999) indica que, caso o tratamento do lodo seja realizado em uma ETE, seu transporte pode ser feito por meio do lançamento em um ponto intermediário da rede de coleta de esgotos, antes da ETE. Desse modo, o lodo é escoado junto ao esgoto convencional até o tratamento. No entanto, deve ser construída uma estação de recebimento que permita somente o acesso de pessoal autorizado e devidamente protegido.

Uma grande vantagem dessa alternativa é a economia de combustível, já que o caminhão não precisa percorrer longas distâncias para realizar a descarga do lodo. E as estações de recebimento do lodo podem ser construídas em posições estratégicas, de modo que se favoreça a logística da coleta e descarte. Outra vantagem é que, ao se lançar o lodo na rede, há uma diluição junto ao esgoto, o que pode significar uma vantagem em relação aos possíveis impactos no tratamento da ETE. Porém, as desvantagens são a possibilidade de acúmulo de material sólido na rede esgoto (areia, pedregulho, detritos) e a geração de odores.

5.2.2.3 – Tratamento ou Condicionamento

Segundo Klingel *et al.* (2002), em países desenvolvidos o tratamento dos lodos de fossas é geralmente feito junto ao tratamento de esgotos ou dos lodos do tratamento de esgotos. Nesses países é freqüente o uso de equipamentos mecanizados, que consomem considerável quantidade de energia, necessitam de grande quantidade de pessoas para sua operação – sendo grande parte especializada – e demandam manutenção constante. Para o caso dos países em desenvolvimento, como o Brasil, onde há comunidades com menos recursos financeiros, alternativas com essas características podem ser inviáveis, fazendo-se

necessária a busca de alternativas menos dispendiosas e com um tempo de vida útil relativamente maior.

A seguir são apresentadas diversas alternativas de tratamento ou condicionamento dos lodos de fossas sépticas, levando em conta a possibilidade de uso de equipamentos sofisticados ou não. No entanto, considerando o exposto no parágrafo anterior, optou-se por não realizar uma descrição detalhada das técnicas que privilegiam a complexidade operacional e alto consumo energético, sendo feita apenas uma listagem delas.

Faz-se importante, neste momento, diferenciar “tratamento” e “condicionamento”. Neste trabalho, usa-se o termo condicionamento para denominar processos intermediários, nos quais o intuito principal é preparar o lodo para etapas posteriores, sejam elas de tratamento ou de disposição final. Exemplos de condicionamento são o adensamento e a correção de pH. Já o tratamento envolve processos cujo intuito é de fato a estabilização da matéria orgânica e/ou a remoção patógenos ou outros poluentes. Então, o condicionamento e o tratamento não são mutuamente excludentes. O lodo pode sofrer ambos os processos ou somente um deles antes da destinação final.

As duas variantes básicas do tratamento do lodo de fossas sépticas são o tratamento combinado e o tratamento isolado. A seguir é apresentado um levantamento feito a partir da literatura técnica para essas duas formas de abordar o problema. Todavia, deve-se lembrar que a intenção deste item não é fazer uma descrição longa de cada tipo de tratamento ou condicionamento, nem indicar aspectos aprofundados de projeto e operação. O objetivo aqui é mostrar uma listagem de opções possíveis, indicando seus princípios básicos de funcionamento, suas vantagens e desvantagens.

Tratamento isolado: O tratamento isolado consiste na construção de estações de tratamento ou condicionamento específicas para o lodo. É uma opção que proporciona boa solução regional ou local para o problema da gestão de lodos de fossas. Entretanto, segundo a USEPA (1999), há a desvantagem da necessidade de obtenção de área disponível para sua construção. Também, é necessária mão-de-obra qualificada, e os custos

de instalação e manutenção são relativamente mais elevados que os do tratamento combinado (Metcalf & Eddy, 1991; USEPA, 1999). Os principais tipos de tratamento ou condicionamento isolados levantados são apresentados nos parágrafos seguintes.

1) Redução do teor de umidade: Apesar de ser considerado um resíduo sólido pela ABNT (2004), o lodo de fossas sépticas apresenta alta umidade. A depender da destinação final que se pretende dar ao lodo, pode ser necessária essa etapa de condicionamento, em que se retira umidade do lodo proporcionando o aumento de seu teor de sólidos.

Para a realidade brasileira, na qual grande extensão do território apresenta temperaturas relativamente altas e elevada intensidade de luminosidade solar, é intuitivo que se pense na viabilidade de adoção de processos não mecanizados. Alguns processos desse tipo são lagoas de estabilização, tanques de adensamento por gravidade e leitos de secagem, que são descritos a seguir:

- Lagoas de estabilização: São tanques ou reservatórios com grande área superficial e com profundidade reduzida, nos quais o afluente é tratado por processos naturais de decomposição, executados principalmente por bactérias e algas. É, simultaneamente, um processo de tratamento (remoção de poluentes e patógenos) e de condicionamento (adensamento). Devido a características climáticas favoráveis, seu uso é muito difundido no Brasil para o tratamento de esgotos. Porém, neste item, as lagoas são vistas do ponto de vista exclusivo do adensamento. Há diversas vantagens na sua utilização, entre elas a alta eficiência de remoção de matéria orgânica e patógenos, a flexibilidade quanto a variações na carga orgânica ou hidráulica e a simplicidade construtiva, operacional e de manutenção. Essa capacidade de absorver choques de carga reduz o impacto da descarga de caminhões-tanque, que lançam seu conteúdo quase instantaneamente. E os longos tempos de detenção beneficiam a sedimentação e degradação dos sólidos. Entretanto, uma preocupação importante é que a frequência de limpezas é maior do que nas lagoas de tratamento de esgoto comum, já que a quantidade de sólidos afluente à lagoa é consideravelmente superior. Também há a desvantagem indicada é a alta demanda por área para construção (Lupatini et al., 2009; Klingel et al., 2002).

- Leitos de secagem: Os leitos de secagem são estruturas prismáticas (quadradas ou retangulares), geralmente construídas de alvenaria e que são preenchidas por materiais que retêm os sólidos, mas permitem a drenagem da água. Também têm seu uso favorecido no Brasil pelas condições climáticas, já que parte da água é eliminada por evaporação. São muito usadas na desidratação de lodos de estações de tratamento e esgoto e de água. Segundo Lupatini *et al.* (2009), suas principais vantagens são o baixo custo de implantação, simplicidade operacional e o baixo consumo de energia e produtos químicos. As desvantagens principais são o pouco controle que se tem da eliminação da água, que ocorre por fenômenos naturais, e a necessidade de área para a construção. Lupatini *et al.* (2009) apresentam experimentos avaliando o uso de leitos de secagem para o adensamento de lodos de fossa séptica, chegando a resultados satisfatórios e bastante promissores.
- Tanques de adensamento por gravidade: São tanques de decantação projetados especificamente para o adensamento do lodo. A fração sólida se acumula na parte inferior dos tanques e o líquido sobrenadante é enviado para destinação apropriada. Segundo Klingel *et al.* (2002), é um processo simples, confiável e que exige pouca área. No entanto deve-se considerar o custo adicional para tratamento do sobrenadante. Os mesmos autores também advertem para a necessidade de se realizarem experimentos para verificar a sedimentabilidade do lodo local. Lodos com baixa capacidade de sedimentar ou com alta concentração de óleos e graxas podem ser problemáticos. Essa recomendação também vale para o uso de lagoas de estabilização.

Os principais processos mecanizados de redução do teor de umidade do lodo são:

- Centrífugas;
- Filtração a vácuo;
- Flotação;
- Filtros prensa;
- Secagem por calor;
- Incineração.

Um comentário adicional ao uso de processos de redução do teor de umidade é relacionado com a disposição do efluente líquido retirado. Por possuir alto potencial poluidor, ele deve

ter destinação adequada e prevista na fase de projeto, sobretudo porque pode acrescentar custos significativos à operação e manutenção.

2) Estabilização alcalina: Nesse tipo de condicionamento, é feita uma desinfecção e estabilização parcial da matéria orgânica utilizando normalmente cal, mas pode ser usado outro material alcalino. Segundo Solomon *et al.* (1998), a estabilização alcalina pode ser realizada de pela adição da cal no próprio caminhão-tanque antes, durante ou depois do bombeamento, ou acrescentando a cal em tanques específicos para esse fim. Pinto (2001) relata que essa prática reduz satisfatoriamente a presença de patógenos e o potencial de odor do lodo. No entanto, há um aumento de volume do lodo total e uma estabilização mediana da matéria orgânica.

3) Disposição em *Wetlands*: Outro tipo de tratamento possível de ser aplicado a lodos de fossas sépticas são as *wetlands*. Trata-se de um leito feito de material poroso, normalmente pedregulho ou areia, onde são plantadas espécies específicas de plantas. O lodo é descarregado nesse leito, sendo desidratado por percolação e pela evapotranspiração das plantas. O sistema de raízes das plantas garante a permeabilidade do meio e mais lodo pode ser acrescentado continuamente. As principais vantagens são os longos intervalos de remoção do lodo e o alto grau de adensamento, mineralização e esterilização atingidos, permitindo uso agrícola (Klingel *et al.*, 2002). É possível o tratamento conjunto com o esgoto convencional ou a construção de *wetlands* específicas para o tratamento do lodo.

Koottatep *et al.* (2008a e 2008b), apresentam estudos em escala piloto nos quais se testou o desempenho de *wetlands* de fluxo vertical no tratamento do lodo de fossa, chegando a resultados promissores. Foram atingidas remoções de 96, 92 e 80%, respectivamente, para DQO, nitrogênio Kjeldahl total, e sólidos totais. Também, segundo esses autores, o biossólido final apresentou densidade de ovos de helmintos apropriada para a sua utilização agrícola.

4) Digestão aeróbia: Segundo Solomon *et al.* (1998), esse processo consiste em dispor o lodo em tanques abertos ao ar livre e aerá-lo, de modo que se disponibilize oxigênio para que microorganismos aeróbios realizem a decomposição da matéria orgânica. A duração

desse processo, segundo os referidos autores, é de 15 a 20 dias. Deve-se lembrar que esse estudo é voltado à realidade estadunidense, onde há temperaturas potencialmente inferiores às brasileiras. De acordo com a USEPA (1984), esse tratamento propicia boa redução de patógenos. No entanto, há o alerta de que os altos períodos de detenção, a grande necessidade de área para os tanques e o consumo de energia podem tornar esse tratamento inviável.

5) Digestão anaeróbia: Nesse processo, o lodo é digerido por microorganismos anaeróbios em ambientes com ausência de oxigênio molecular. Para isso, podem ser usados tanques fechados ou lagoas anaeróbias. Uma das grandes vantagens desse tratamento é a possibilidade de se gerar gás metano, que pode ser captado para propósitos diversos. As desvantagens são a demanda por mão de obra qualificada para operar o processo, a necessidade de monitoramento constante do tratamento, custos gerais de implantação maiores que a digestão aeróbia, a sensibilidade do processo a impactos com novos lançamentos de lodo e os longos tempos de detenção para que se tenha uma remoção de patógenos razoável (USEPA, 1984).

6) Compostagem isolada: A compostagem é um processo de tratamento que promove a estabilização da matéria orgânica por um processo aeróbio e termofílico. Para aplicar esse tratamento ao lodo de fossas sépticas, necessita-se de misturá-lo a algum material de suporte, como serragem, cortiça, cascas de árvores ou material de podas. Então, se realiza um processo semelhante ao que é feito na compostagem de lixo convencional, onde deve ser realizada a aeração das leiras por aeradores mecanizados ou por revolvimento. A atividade microbiológica gera temperaturas altas o suficiente para uma alta eliminação de patógenos. O material gerado, que tem características de húmus, pode ser usado em práticas agrícolas (Solomon et al., 1998; USEPA, 1984). No entanto, Lupatini *et al.* (2009) advertem que, independente do grau de mecanização do processo, para se garantir o bom desempenho do processo, deve-se manter o adequado teor de nutrientes, a umidade e a temperatura. Uma possível desvantagem, apresentada pela USEPA (1984), é a alta produção de odores. Adicionalmente, a depender do sistema de aeração escolhido, pode haver custos elevados de operação e manutenção.

Tratamento Combinado:

1) Cotratamento em estações de tratamento de esgotos: De acordo com Metcalf & Eddy (1991), o cotratamento do lodo de fossas sépticas em ETEs locais é uma opção altamente desejável e eficiente. Entretanto, Campos *et al* (2007) é necessária uma infra-estrutura adequada para a recepção do lodo, as chamadas Centrais de Recebimento de Lodo. A sua função é, entre outras, o controle do odor, remoção de sólidos grosseiros e a execução de um tratamento químico preliminar, se necessário.

De acordo com a USEPA (1999), o tratamento do lodo na ETE pode ser feito com seu lançamento e diluição na rede de esgoto, na entrada do tratamento da ETE, no sistema de tratamento dos lodos da ETE ou, simultaneamente, no início da ETE e no tratamento do lodo.

Na primeira opção, lançamento na rede, há uma diluição prévia do lodo junto ao esgoto, que pode ser vantajosa em relação aos impactos no tratamento da ETE. Porém, há a possibilidade de acúmulo de material sólido na rede esgoto e de geração de odores. Já a segunda opção, lançamento diretamente no início do tratamento, apresenta a vantagem de permitir maior controle da quantidade de lodo afluente à ETE. Entretanto, uma condição essencial é a capacidade da ETE de absorver o material orgânico proveniente do lodo sem que ocorra sobrecarga no processo de tratamento (USEPA, 1999). Segundo Metcalf & Eddy (1991), esse problema pode ser parcialmente contornado por um tanque de equalização, que envia uma vazão controlada de lodo de fossa séptica à ETE ou retém o lodo para aplicação em horários em que a carga orgânica afluente à ETE é baixa. Outra vantagem é a passagem do lodo pelo tratamento preliminar da ETE, para a retirada dos sólidos grosseiros.

A opção de se tratar o lodo de fossas sépticas junto aos lodos de ETEs traz a vantagem de se evitarem impactos no tratamento. Entretanto, ela pode causar problemas aos processos de desidratação em virtude da alta umidade dos lodos de fossas. Também deve ser exigida uma remoção de sólidos grosseiros, que podem causar danos aos sistemas e equipamentos de tratamento do lodo da ETE.

A última opção, tratamento simultâneo na ETE e junto ao tratamento do lodo, pressupõe que o lodo de fossa sofra um pré-tratamento, com a separação da parte sólida e da líquida. A fração líquida, então com uma menor carga orgânica, é encaminhada ao processo de tratamento da ETE. A sólida, mais concentrada, vai para o tratamento de lodos.

2) Compostagem conjunta com resíduos sólidos: A compostagem conjunta com resíduos sólidos é autorizada pela ABNT (1993) e recomendada por Klingel *et al.* (2002). Esse processo apresenta a vantagem de proporcionar uma boa remoção de patógenos em curto intervalo de tempo, favorecendo sua viabilidade no uso agrícola (Klingel *et al.*, 2002). De fato, o produto da compostagem conjunta é relatado como um excelente condicionador de solos agrícolas. Entretanto, deve-se garantir previamente um teor de sólidos relativamente elevado antes de sua aplicação (de 50 a 60%). Também deve existir uma proporção ideal entre os resíduos sólidos e o lodo, de modo que haja uma proporção ideal de carbono e nitrogênio.

5.2.2.4 – Destinação final

Os processos descritos na literatura técnica para a disposição final dos lodos de fossas sépticas normalmente giram em torno de sua aplicação no solo. Isso ocorre porque são alternativas simples de custo relativamente baixo, além de consumirem baixa quantidade de energia e poderem facilitar o uso do material orgânico e de nutrientes. A seguir são apresentadas as alternativas pesquisadas.

Aplicação no solo: Segundo Metcalf & Eddy (1991), a aplicação no solo é uma forma comum de disposição do lodo de fossa, principalmente nos Estados Unidos. Apresenta as vantagens de ser simples, ter boa relação custo-efetividade, ter baixo consumo de energia e proporcionar a reciclagem da matéria orgânica e dos nutrientes. As desvantagens principais são a necessidade de áreas grandes, geralmente remotas, a necessidade de construção de tanques para armazenar o lodo quando o solo se encontrar já saturado e a possibilidade de baixa aceitação popular.

Solomon *et al.* (1998) afirmam que, com o devido tratamento, o lodo de fossas sépticas é uma fonte de nutrientes que pode diminuir consideravelmente a dependência de fertilizantes agrícolas na agricultura. É uma forma de se unir a proteção ambiental e sanitária da população a uma prática economicamente atrativa.

Apesar dos benefícios que o uso do lodo na agricultura apresenta, ele deve fornecer sempre segurança ambiental e sanitária, e deve ser respeitada uma distância economicamente viável para os pontos de coleta e os locais de aplicação. Segundo Fernandes *et al.* (2001), os lodos gerados a partir de esgotos domésticos em geral não apresentam restrições ao seu uso no que diz respeito à presença de metais pesados ou poluentes orgânicos. Entretanto, a ABNT (1993) não recomenda essa prática para culturas cujos produtos são consumidos crus, como hortaliças, legumes e frutas rasteiras.

De acordo com Solomon *et al.* (1998), há basicamente três tipos de aplicação no solo: a superficial, a subsuperficial e a subterrânea. A primeira delas, a aplicação superficial, visa à fertilização ou condicionamento do solo. Pode ser feita espalhando-se o lodo na superfície do terreno e deixando-o secar por um curto período ou então aplicando o lodo já adensado.

A USEPA (1999) relata que os principais fatores intervenientes no processo de aplicação superficial são o tipo de solo, sua inclinação e a carga hidráulica aplicada. Os mesmos autores desencorajam seu uso quando há qualquer risco à saúde de pessoas, possibilidade de contaminação do solo com substâncias poluentes presentes no lodo e quando há produção de odores ou outras condições indesejáveis.

A Resolução Nº 375/06 do CONAMA é a referência federal na definição de critérios e procedimentos para o uso de lodos de esgoto sanitário e seus produtos derivados em áreas agrícolas. A referida legislação, que não se aplica a lodos do tratamento de efluentes industriais, tem por objetivos alcançar benefícios à agricultura evitando riscos à saúde pública e ao ambiente.

O Art. 3º da Resolução assinala que os lodos gerados em sistemas de tratamento de esgoto somente poderão ser destinados ao uso agrícola se forem submetidos a processo de redução de patógenos e da atratividade de vetores. Além disso, veta a utilização agrícola em oito casos, a saber:

- 1) Lodo de estação de tratamento de efluentes de instalações hospitalares;
- 2) Lodo de estação de tratamento de efluentes de portos e aeroportos;
- 3) Resíduos de gradeamento;
- 4) Resíduos de desarenador;
- 5) Material lipídico sobrenadante de decantadores primários, das caixas de gordura e dos reatores anaeróbicos;
- 6) Lodos provenientes de sistema de tratamento individual, coletados por veículos, antes de seu tratamento por uma estação de tratamento de esgoto;
- 7) Lodo de esgoto não estabilizado; e
- 8) Lodos classificados como perigosos de acordo com as normas brasileiras vigentes.

O inciso 6º, que interessa a este trabalho, indica a obrigatoriedade de se realizar uma etapa de redução de patógenos e estabilização da matéria orgânica antes do uso agrícola. Ou seja, é vetado o uso direto do lodo. Entretanto, mesmo com um prévio tratamento, o Art. 7º da resolução, aponta outros aspectos que devem necessariamente ser considerados para a verificação da possibilidade de o lodo ser utilizado para fins agrícolas. Eles são:

- 1) Potencial agronômico;
- 2) Substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas;
- 3) Indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos; e
- 4) Estabilidade.

Para caracterização do lodo quanto à presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos, Resolução CONAMA 375/06 determina que sejam determinadas as concentrações de coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos, salmonela e vírus entéricos. Para a destinação agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70.

A outra opção de destinação final é a aplicação subsuperficial, também conhecida como *landfarming*. Segundo a ABNT (1997, *apud* Lupatini *et al.*, 2009), o lodo é inserido na

camada logo abaixo da superfície do solo, onde são feitas a sua degradação e desinfecção, reduzindo odores e riscos à saúde pela geração de aerossóis. A camada de solo onde se encontra o lodo, chamada camada reativa, é constantemente revolvida para aeração. É um processo que demanda monitoramento, além da impermeabilização da área a ser utilizada e drenagem do líquido percolado, para proteção do subsolo e das águas subterrâneas.

Há diversas maneiras de se realizar esse tipo de aplicação. Uma delas é com um equipamento como os arados agrícolas. Eles abrem sulcos no solo enquanto o lodo é aplicado. Logo em seguida o lodo é coberto de solo por um segundo arado. Outra maneira de se realizar a aplicação superficial é por intermédio de equipamentos de injeção direta (Solomon *et al.*, 1998).

Lupatini *et al.* (2009) apresentam experimentos avaliando o uso de *landfarming* para o tratamento de lodos de fossa séptica, chegando a resultados promissores. As vantagens apresentadas pela USEPA (1994) para essa disposição são: simplicidade de projeto e execução, efetividade na degradação de compostos orgânicos com taxa de biodegradação lenta e um custo operacional competitivo. As desvantagens são: alta necessidade de área, geração de aerossóis, poeira e vapor durante a aplicação do lodo, e própria necessidade de revestimento inferior, que pode aumentar os custos de implantação. Lupatini *et al.* (2009) lembram que há um período de vida útil para as instalações. Quando ele se completa, devem ser avaliados os teores de contaminantes que ainda existem na camada reativa para que seja definido outro uso para o terreno utilizado.

A última opção de aplicação no solo, a subterrânea, também soluciona parte dos problemas da aplicação superficial. Ela consiste em, literalmente, enterrar o lodo. Segundo Solomon *et al.* (1998), há basicamente duas formas de se fazer a aplicação subterrânea. A primeira delas é em lagoas impermeabilizadas, com cerca de 1,8 m de profundidade, que recebem o lodo. Geralmente há diversas lagoas e o preenchimento total de cada uma é feito sequencialmente, para favorecer a secagem. Após a secagem completa, a lagoa é aterrada. A outra maneira de se realizar a aplicação subterrânea é a aplicação em trincheiras, que posteriormente são cobertas com solo. Segundo a USEPA (1984), esta é a operação mais simples. A vantagem para ambos os tipos é que não há problemas com a inclinação do terreno nem com fatores climáticos. No entanto, é imperativa a preocupação com a

contaminação da água subterrânea e há alto potencial de geração de odores antes da cobertura com solo.

Co-disposição final com resíduos sólidos: A co-disposição final com resíduos sólidos é outra opção apresentada para a destinação final dos lodos de fossas sépticas. A principal forma utilizada é a disposição em aterros sanitários. É uma prática que requer cuidado, pois deve haver impermeabilização que evite a contaminação do lençol freático pelo líquido percolado proveniente do lodo. Também é essencial que o aterro tenha coleta e tratamento do percolado do aterro. (Metcalf & Eddy, 1991). Solomon *et al.* (1998) relatam problemas com odores nesse tipo de prática. Eles também desencorajam enfaticamente seu uso afirmando ser uma alternativa com baixo custo-efetividade.

5.2.3 – Levantamento e avaliação dos critérios

A *definição dos critérios* de comparação entre as alternativas, Passo 5 do fluxograma da Figura 5.1, consiste na escolha de critérios que possam avaliar as alternativas. Esses critérios, ao serem aplicados à análise do problema, devem refletir o quanto cada alternativa satisfaz os objetivos do plano de gestão, estabelecidos anteriormente.

Um dos grandes problemas enfrentados na elaboração de critérios para estudos como este é a dificuldade que se tem em sua mensuração. E os métodos multiobjetivo e multicritério escolhidos para o trabalho demandam a medição de valores numéricos para avaliar o desempenho dos critérios. No entanto, nem todos os critérios podem ser diretamente medidos ou calculados, como os critérios sociais, estéticos e até mesmo ambientais. Isso significa que é necessário realizar uma “conversão” ou “tradução” de valores subjetivos, provenientes de conceitos intangíveis, para uma escala de medição numérica.

A descrição dos critérios de avaliação constituiu um dos maiores desafios deste trabalho, sobretudo para os critérios intangíveis. Isso também se deu devido à reduzida quantidade de trabalhos científicos que tratam especificamente da gestão dos lodos de fossas sépticas. Os indicadores e parâmetros utilizados na proposta de avaliação dos critérios foram criados pelo pesquisador ou adaptados de outras áreas de saneamento, como da gestão de águas residuárias, drenagem urbana, resíduos sólidos, e outras. Procurou-se elaborar uma listagem de critérios que abordasse diferentes tipos de objetivos, tangíveis ou não.

Deve-se lembrar que as planilhas de avaliação desenvolvidas estão sempre em processo de aperfeiçoamento. Eventuais problemas apresentados por elas tendem a ser sanados com seu uso constante em várias e diversas alternativas aplicadas a vários casos de estudo.

Há diversas maneiras de se listar os critérios relevantes. Uma delas é a consulta a especialistas, como foi feito no *Workshop*. Para isso, utiliza-se algum dos diversos métodos de aquisição de informações apresentados na Revisão Bibliográfica. Outra maneira de listar critérios é a consulta a trabalhos técnicos ou acadêmicos com aplicações semelhantes.

Para este trabalho, optou-se por levantar critérios de uma maneira genérica ou global, de possível aplicação em localidades variadas. A idéia é que se tenha uma listagem inicial e, caso as particularidades de um determinado local exijam, critérios podem ser acrescentados ou retirados. Ou seja, a metodologia aqui apresentada não é “fechada” ou “rígida”, seguindo a recomendação de Shammass e Wang (2008a).

Os critérios gerais de avaliação escolhidos para a metodologia de apoio à gestão de lodos de fossas sépticas são apresentados na Tabela 5.5. Ao todo, foram selecionados 8 critérios.

Tabela 5.5: Síntese dos critérios para avaliação multiobjetivo e multicritério

Objetivos		Critérios
Econômicos - financeiros	1	Custo de implantação
	2	Custo de operação e manutenção
Ambientais	3	Impactos negativos na implantação
	4	Impactos sociais e ambientais negativos da operação
Sociais	5	Geração de renda / empregos
	6	Aceitabilidade
Técnicos	7	Complexidade da operação
	8	Confiabilidade

A Tabela 5.5 não contempla todos os critérios de medição listados no *Workshop*. Isso se deve ao fato de que, ao se iniciar a elaboração da metodologia de medição dos critérios, percebeu-se que havia certa sobreposição entre alguns deles, traduzindo, de certa forma, idéias equivalentes. Então, optou-se por sintetizar essa listagem de critérios. Adicionalmente, houve dificuldades na proposição de indicadores para mensuração de alguns dos critérios descritos, que apresentaram alto grau de intangibilidade.

Para avaliação do desempenho de cada alternativa nos critérios escolhidos, optou-se pela construção de “planilhas de pontuação”, também utilizadas com êxito por Brostel (2002) e Ribeiro (2003). O sistema de pontos segue o proposto por essas duas pesquisadoras, que utilizaram uma escala de pontuação de 0 a 100. Também, pela dificuldade em se avaliar certos critérios, em muitos casos foi utilizada uma escala do tipo “alta – média – baixa”, traduzida em seguida para um valor numérico equivalente. Foi estabelecido também que todos os critérios seguiriam o sentido de preferência crescente, para facilidade de visualização do desempenho e para correspondência entre os critérios. Significa dizer que, quanto maior a pontuação, melhor o desempenho.

Outro detalhe importante é que algumas planilhas pontuadas apresentam tabelas de apoio como referência para a avaliação das alternativas, o que proporciona mais objetividade ao processo. Para situações não contempladas por essas tabelas, a avaliação pode ser feita diretamente na planilha pontuada de acordo com a experiência do analista. Outra opção de preenchimento é pela comparação com processos semelhantes presentes nas tabelas de apoio. Deve-se lembrar que, caso o analista julgue necessário, pode ser atribuída uma pontuação intermediária entre os valores numéricos indicados.

5.2.3.1 – Critério de custo de implantação

A idéia de se mensurar os custos de uma alternativa de lodos de fossa séptica deve levar em conta todas as suas partes previstas, desde a coleta até a destinação final.

Há diversas maneiras de medir os custos de implantação de alternativas em saneamento. Uma delas é a estimativa direta dos custos de itens que compõem essa alternativa. Para isso podem ser necessários levantamentos de preços de materiais, custo do trabalho de funcionários, energia elétrica e outros insumos, preços de terrenos locais para a implantação, etc. É uma tarefa relativamente dispendiosa e demorada.

A maneira proposta neste trabalho é o preenchimento dos itens descritos na planilha da Tabela 5.6 para cada alternativa. Optou-se pela elaboração dessa planilha ao invés de outro indicador pela facilidade operacional e rapidez.

Tabela 5.6: Planilha de avaliação dos custos de implantação

Pontos totais	Critério: Custos de implantação	Pontos conferidos
25	1 – É necessária a destinação de terreno para a construção de instalações relacionadas às novas práticas de gestão dos lodos?	
	Não (vá para o item 2)	25
	Sim (responda as questões 1.1 e 1.2)	
10	1.1 Considerando a realidade local, a área necessária para implantação da alternativa é (Tabela 5.7):	
	Grande	0
	Média	5
	Pequena	10
10	1.2 O custo do m ² de terreno na região é:	
	Alto custo (região nobre)	0
	Custo médio	5
	Baixo custo	10
15	2 – Qual a necessidade de investimento em instalações de <u>recebimento do lodo</u> (construção de centrais de recebimento, adaptações, tubulação, tanques de equalização, etc.)?	
	Alta	0
	Média	7,5
	Baixa	15
15	3 – Qual a necessidade de investimento na construção de instalações de <u>tratamento ou condicionamento</u>? (Ver Tabela 5.8)	
	Alta	0
	Média	4
	Baixa	8
	Nenhuma	10
5	3.1 Qual é a necessidade de movimentação de terra?	
	Alta	0
	Média	2
	Baixa	3
	Nenhuma	5
15	4 – Qual a necessidade de investimento na construção de instalações de <u>destinação final</u>?	
	Alta	0
	Média	4
	Baixa	8
	Nenhuma	10
5	4.1 Qual é a necessidade de movimentação de terra?	
	Alta	0
	Média	2
	Baixa	3
	Nenhuma	5
10	5 – Qual a necessidade de compra de equipamentos gerais para a <u>coleta e transporte do lodo</u> (caminhão-tanque, bombas, etc.)?	
	Alta	0
	Média	4
	Baixa	7
	Nenhuma	10
10	6 – Qual a necessidade de compra de equipamentos gerais para o <u>tratamento ou condicionamento do lodo</u> (bombas, misturadores, centrífugas, etc.)?	
	Alta	0
	Média	4
	Baixa	7
	Nenhuma	10

Tabela 5.6 (Continuação): Planilha de avaliação dos custos de implantação

10	7 – Qual a necessidade de compra de equipamentos para a <u>destinação final</u> do lodo?	
		Alta 0 Média 4 Baixa 7 Nenhuma 10
100		

Procurou-se fazer com que os custos considerados na planilha levassem em conta uma diversidade de fatores nas diferentes etapas de gestão dos lodos de fossas sépticas. Isso porque a equipe que analisa o problema deve sempre ter em mente que a economia de recursos advém da minimização global, não apenas de custos específicos, fato também confirmado por Shammas e Wang (2008a). A Tabela 5.7 e a Tabela 5.8, mostradas a seguir, são tabelas de apoio para o preenchimento da planilha de custos de implantação.

Tabela 5.7: Necessidade de área para diversos processos

Processo	Área necessária	Fonte
Compostagem (leiras)	Grande	Pinto (2001)
Compostagem (reator)	Média	
Digestão aeróbia autotérmica	Média	
Pasteurização	Média	
Calagem	Média	
Secagem Térmica	Pequena	
Incineração	Pequena	Klingel <i>et al.</i> (2002)
Adensamento por gravidade	Pequena	
Lagoa de estabilização	Grande	Lupatini <i>et al.</i> (2009)
Leitos de secagem	Grande	
Aterro sanitário	Grande	
<i>Landfarming</i>	Grande	USEPA (1994)

Tabela 5.8: Magnitude do custo de construção para diversos processos

Processo	Custo de Construção	Fonte
Compostagem (leiras)	Baixo	Pinto (2001)
Compostagem (reator)	Médio	
Digestão aeróbia autotérmica	Médio	
Pasteurização	Médio	
Calagem	Baixo	
Secagem Térmica	Alto	
Incineração	Alto	Klingel <i>et al.</i> (2002)
Lagoa de estabilização	Baixo	
Leitos de secagem	Baixo	Lupatini <i>et al.</i> (2009)
Aterro sanitário	Baixo	

5.2.3.2 – Critério de custo de operação e manutenção

Outro fator de grande relevância na avaliação de alternativas de saneamento são os custos de operação e manutenção, que podem ditar a viabilidade de uma determinada alternativa.

Para avaliar esse critério, procurou-se considerar diversos fatores, como consumo energético, demanda por mão de obra e necessidade de produtos químicos. Também se optou por avaliar a necessidade do uso de equipamentos eletromecânicos devido à indicação de Shammass e Wang (2008a) no sentido de minimizar interrupções no funcionamento do sistema causadas por necessidade de manutenção.

Na Tabela 5.9, é apresentada a planilha de avaliação do critério de custos de operação e manutenção. A Tabela 5.11 é de apoio, indicando a necessidade de produtos químicos para diversos processos descritos na literatura técnica.

Tabela 5.9: Planilha de avaliação dos custos de operação e manutenção

Pontos totais	Critério: custo de operação e manutenção	Pontos conferidos
16	1 – Qual a magnitude do consumo de energia elétrica proveniente da operação da alternativa?	
	Alta	0
	Média	8
	Baixa	16
16	2 – A alternativa exige operação de equipamentos elétricos / mecânicos (bombas, esteiras, prensas, tratores, etc.)?	
	Não (vá para o item 3)	16
	Sim (responda a questão 2.1)	
12	2.1 Qual é a quantidade de equipamentos exigida?	
	Grande	0
	Média	6
	Pequena	12
17	3 – Qual a demanda de funcionários para operação da alternativa?	
	Alta	0
	Média	8,5
	Baixa	17
17	4 – Qual a estimativa de distância percorrida em média pelos veículos de transporte do lodo até os locais de tratamento / condicionamento e destinação final?	
	Alta	0
	Média	8,5
	Baixa	17
17	5 – Faz-se necessária a disposição de subprodutos do tratamento, condicionamento ou destinação final do lodo (líquido proveniente do adensamento ou desidratação, chorume, etc.)?	
	Não (vá para o item 6)	17
	Sim (responda a questão 5.1)	
14	5.1 O custo estimado para dispor esses resíduos é:	
	Alto	0
	Médio	7
	Baixo	14
17	6 – Qual é a necessidade de produtos químicos no tratamento, condicionamento e destinação final do lodo? (Ver Tabela 5.11)	
	Grande	0
	Média	8,5
	Pequena	17
100		

Shammas e Wang (2008a) alertam que se deve ter atenção ao avaliar custos operacionais, já que os custos da eletricidade, de produtos químicos, do transporte do lodo e o valor de remuneração do trabalhador podem variar consideravelmente de uma região para a outra.

Uma outra maneira de avaliar é por tabelas como a Tabela 5.10, em que se tem uma estimativa genérica do custo de operação para diversas alternativas. No entanto, a crítica que se faz é que ela não proporciona o detalhamento encontrado na tabela de avaliação dos critérios de custo de operação deste trabalho.

Tabela 5.10: Custo de operação e de manutenção para diversos processos

Processo	Custos de Operação e Manutenção	Fonte
Compostagem (leiras)	Baixo	Pinto (2001)
Compostagem (reator)	Médio	
Digestão aeróbia autotérmica	Médio	
Pasteurização	Médio	
Calagem	Médio	
Secagem Térmica	Alto	
Incineração	Alto	
Lagoa de estabilização	Baixo	Klingel <i>et al.</i> (2002)
Leitos de secagem	Baixo	Lupatini <i>et al.</i> (2009)
<i>Landfarming</i>	Médio	USEPA (1994)

Tabela 5.11: Necessidade de produtos químicos para diversos processos

Processo	Necessidade de produtos químicos	Fonte
Compostagem (leiras)	Grande	Pinto (2001)
Compostagem (reator)	Média	
Digestão aeróbia autotérmica	Média	
Pasteurização	Média	
Calagem	Média	
Secagem Térmica	Pequena	
Incineração	Pequena	
Adensamento por gravidade	Pequena	Klingel <i>et al.</i> (2002)
Lagoa de estabilização	Pequeno	
Leitos de secagem	Baixa	Lupatini <i>et al.</i> (2009)

5.2.3.3 – Critério de impactos negativos na implantação

Este critério tem como objetivo tentar mensurar impactos ou alterações de diferentes naturezas que podem ocorrer durante a implantação da alternativa. Foram selecionados fenômenos diversos que podem perturbar o equilíbrio urbano, sobretudo em áreas de residências. A Tabela 5.12 mostra o questionário desenvolvido para avaliar esse critério.

Tabela 5.12: Planilha de impactos negativos na implantação

Pontos totais	Critério: Impactos negativos na implantação		Pontos
40	1 – Quais dos seguintes impactos serão significativos para a população durante a fase de implantação da alternativa?		
	Ruídos	Sim	0
		Não	10
	Odores	Sim	0
		Não	10
	Vibrações	Sim	0
		Não	10
	Aumento no tráfego de veículos	Sim	0
		Não	10
	Impactos visuais negativos (poluição visual)	Sim	0
		Não	10
	Dissipação de partículas e poeira	Sim	0
		Não	10
20	2 – Qual a distância dos locais de tratamento / condicionamento e destinação final em relação às residências circunvizinhas?		
		Muito próximo	0
		Distância intermediária	10
		Distante	20
10	3 – Durante a fase de implantação da alternativa, há probabilidade considerável de se causar problemas estruturais em edificações vizinhas?		
		Sim	0
		Não	10
10	4 – Qual o risco de o acréscimo no consumo de energia elétrica e de água durante a fase de implantação causar problemas às comunidades vizinhas?		
		Alto	0
		Médio	5
		Baixo	10
10	5 – Qual o risco de as atividades da fase de implantação causarem alterações negativas na qualidade da água de mananciais vizinhos (inclusive água subterrânea)?		
		Alto	0
		Médio	5
		Baixo	10
10	6 – Qual quantidade de resíduos sólidos a ser gerada durante a fase de implantação?		
		Grande	0
		Média	5
		Pequena	10
100			

5.2.3.4 – Critério de Impactos sociais e ambientais negativos da operação

Este critério é semelhante ao anterior, porém tem como objetivo mensurar impactos ou alterações, que podem ocorrer durante a fase de operação da alternativa. A importância dele está no fato de ser uma preocupação mais prolongada, já que os possíveis problemas advindos da operação podem persistir por toda a vida útil do projeto. A planilha de avaliação desse critério encontra-se na Tabela 5.13, a seguir.

Tabela 5.13: Planilha de Impactos sociais e ambientais negativos da operação

Pontos totais	Critério: Impactos sociais e ambientais negativos da <u>operação</u>	Pontos
20	1 – Qual a proximidade dos locais de tratamento / condicionamento e destinação final de residências?	
	Muito próximo	0
	Distância intermediária	10
	Distante	20
45	2 – Quais dos seguintes impactos serão significativos durante a fase de operação da alternativa?	
10	Geração de Odores (Ver Tabela 5.14)	
	Alta	0
	Média	5
	Baixa	10
5	Ruídos	
	Sim	0
	Não	5
5	Vibrações	
	Sim	0
	Não	5
5	Aumento no tráfego de veículos	
	Sim	0
	Não	5
5	Impactos visuais negativos	
	Sim	0
	Não	5
5	Dissipação de partículas e poeira	
	Sim	0
	Não	5
5	Aerossóis provenientes nas atividades com o lodo	
	Sim	0
	Não	5
5	Produção de gases que contribuem para o efeito estufa	
	Sim	0
	Não	5
15	3 – A alternativa promove aumento na incidência de vetores de doenças (mosquitos e outros insetos, ratos, etc.)?	
	Não (vá para o item 4)	15
	Sim (responda a questão 4.1)	
12	4.1 O aumento na quantidade de vetores é:	
	Alto	0
	Médio	6
	Baixo	12
10	4 – Haverá cobrança de tarifa aos moradores pelos serviços prestados?	
	Sim	0
	Não	10
10	5 – Haverá desvalorização considerável nos terrenos próximos aos locais de tratamento / condicionamento e destinação final?	
	Sim	0
	Não	10
100		

Tabela 5.14: Potencial de odor para diversos processos

Processo	Potencial de Produção de Odor	Fonte
Compostagem (leiras)	Significativa importância	USEPA (1984)
Compostagem (reator)	Moderado	Pinto (2001)
Digestão aeróbia autotérmica	Moderado	
Pasteurização	Moderado	
Calagem	Significativa importância	
Secagem Térmica	Baixo ou inexistente	
Incineração	Baixo ou inexistente	

5.2.3.5 – Critério de geração de renda / empregos

A análise do critério de geração de renda / empregos foi acrescentada na planilha para considerar o impacto social da alternativa. Pode-se dizer que uma escolha favorável à criação de empregos faz com que a comunidade seja direta ou indiretamente beneficiada, pois ampliará o acesso da população a serviços e bens de consumo. Assim, a comunidade será beneficiada não apenas pelas melhorias advindas da gestão adequada dos lodos de fossas sépticas, mas também pelo fato de que a dimensão social terá a sua importância reconhecida. Na Tabela 5.15, encontram-se as questões levantadas para avaliação da geração de renda / empregos.

A questão do reaproveitamento do lodo foi abordada por também poder constituir possibilidade de geração de renda. Klingel *et al.* (2002) defendem que alternativas com reaproveitamento do lodo são preferíveis àquelas que não proporcionam o retorno produtivo desse material, como os aterros sanitários. O lodo pode ser usado em diversas atividades, tais quais agricultura, insumo para produtos como tijolos ou outros produtos cerâmicos, como condicionador de solo, na recuperação de áreas degradadas, etc.

Tabela 5.15: Planilha de geração de renda / empregos

Pontos totais	Critério: geração de renda / empregos	Pontos conferido
35	1 – Qual a estimativa de empregos diretos gerados pela operação da alternativa em avaliação?	
	Alta	35
	Média	17,5
	Baixa	0
35	2 - Qual a estimativa de empregos indiretos gerados pela operação da alternativa em avaliação?	
	Alta	35
	Média	17,5
	Baixa	0
30	3 - A alternativa proporciona reaproveitamento do lodo?	
	Sim	30
	Não	0
100		

5.2.3.6 – Critério de aceitabilidade

Segundo Klingel *et al.* (2002), aspectos sócio-culturais influenciam na disposição e habilidade da população em aceitar e contribuir com propostas de gestão de lodos de fossas sépticas. É preciso, no estudo das alternativas possíveis, verificar seu grau de aceitação pelos diversos segmentos da sociedade. Entretanto, este é um tipo de critério com alta intangibilidade e de difícil mensuração.

Para quantificar a aceitabilidade, podem ser feitas pesquisas com a população local, utilizando questionários ou técnicas de entrevista como as descritas na Revisão Bibliográfica. A desvantagem desses procedimentos é o tempo operacional demandado. Para agilidade e rapidez na obtenção de resultados em uma análise inicial, é proposta a planilha da Tabela 5.16. No entanto, é necessário algum conhecimento prévio da realidade local para obtenção de dados realistas. Essa familiarização pode vir da etapa de levantamento de dados da metodologia de apoio.

Tabela 5.16: Planilha de aceitabilidade

Pontos totais	Critério: Aceitabilidade	Pontos	
40	1 – Qual a possibilidade de rejeição por parte da população local em geral para com a implantação da alternativa?		
		Total	0
		Parcial	20
		Nenhuma	40
30	2 – Qual a possibilidade de rejeição por parte da classe política para com a implantação da alternativa?		
		Total	0
		Parcial	15
		Nenhuma	30
30	3 – Qual a possibilidade de rejeição por parte da classe comerciante e de profissionais liberais para com a implantação da alternativa?		
		Total	0
		Parcial	15
		Nenhuma	30
100			

5.2.3.7 – Critério de complexidade da operação

Sabe-se que um dos principais motivos para ampla adoção de fossas sépticas é sua simplicidade construtiva e operacional. Aliado ao baixo custo, esse fator foi provavelmente o maior disseminador dessa tecnologia em municípios carentes de recursos financeiros. Considerando esse fator, percebe-se que é necessária a busca de alternativas de gestão de

lodos de fossas sépticas que sejam compatíveis com essa simplicidade operacional encontrada nas fossas. Para concretizar essa proposta, formulou-se o questionário da Tabela 5.17.

Basicamente, foram utilizadas duas características para avaliar a complexidade da alternativa: a necessidade de mão-de-obra qualificada e a geração de subprodutos. Essa última, muito enfatizada na literatura técnica, pode onerar consideravelmente a alternativa em virtude da necessidade de tratamento desses subprodutos. Então, alternativas que produzem líquidos provenientes do adensamento, lixiviados ou sobrenadantes são menos preferíveis àquelas que não os geram.

Tabela 5.17: Planilha de Complexidade da operação

Pontos totais	Critério: Complexidade da operação	Pontos	
50	1 – É necessária mão-de-obra qualificada para a operação da alternativa? (Ver Tabela 5.18)		
	Não (vá para o item 2) Sim (responda a questão 1.1)	50 0	
40	1.1 Qual a necessidade dessa mão de obra?	Grande	0
		Média	20
		Pequena	40
50	2 – Há geração de subprodutos do processo de tratamento / condicionamento ou destinação final (líquidos provenientes do adensamento, chorume, lixiviados, etc.)?		
		Muita geração Média geração Pouca geração	0 25 50
100			

Tabela 5.18: Necessidade de pessoal especializado para diversos processos

Processo	Necessidade de Pessoal especializado	Fonte
Compostagem (leiras)	Baixa	Pinto (2001)
Compostagem (reator)	Média	
Digestão aeróbia autotérmica	Média	
Pasteurização	Média	
Calagem	Média	
Secagem Térmica	Alta	
Incineração	Alta	
Adensamento por gravidade	Pequena	Klingel <i>et al.</i> (2002)
Lagoa de estabilização	Pequena	

5.2.3.8 – Critério de Confiabilidade

Segundo Dhillon (1983, *apud* Brostel, 2002), o estudo da confiabilidade constitui um campo próprio da engenharia, no qual se avalia a probabilidade de um item desempenhar

sua função de forma adequada, seguindo condições pré-estabelecidas, por um período previsto de tempo. Para o caso de serviços de gestão de resíduos de saneamento, cuja interrupção ou problemas diversos podem prejudicar significativamente o meio ambiente e a saúde pública, a preocupação com a confiabilidade é prioritária. Por exemplo, devem-se considerar as possibilidades de greves de funcionários, de acidentes e falha de equipamentos, e seu grau de influência no funcionamento das alternativas em estudo. Reconhecendo a importância desse critério na gestão do lodo de fossas sépticas, foi elaborada a Tabela 5.19.

Tabela 5.19: Planilha de Confiabilidade

Pontos totais	Critério: Confiabilidade	Pontos
20	1 – Qual o risco de o processo ser interrompido, tanto na coleta, transporte, tratamento / condicionamento e destinação final?	
	Alto	0
	Médio	10
	Baixo	20
15	2 - A alternativa é dependente do fornecimento de produtos químicos para o tratamento / condicionamento ou para a destinação final?	
	Não (vá para o item 3)	15
	Sim (responda a questão 2.1)	
12	2.1 O fornecimento dos produtos nas quantidades necessárias pode ser considerado:	
	Rápido	12
	Com prazo razoável	6
	Demorado	0
15	3 - A alternativa é dependente da assistência técnica de terceiros?	
	Não (vá para o item 4)	20
	Sim (responda a questão 3.1)	
12	3.1 Qual o grau de dependência:	
	Baixo	12
	Médio	6
	Alto	0
10	4 – Qual é o grau de dependência de operadores?	
	Alto	0
	Média	5
	Baixo	10
20	5 – Qual o risco de acidentes envolvendo a população, seja nas fases de coleta, transporte, tratamento / condicionamento e destinação final?	
	Alto	0
	Médio	10
	Baixo	20
20	6 – Em caso de falha em qualquer das etapas (coleta, transporte, tratamento / condicionamento e destinação final), qual a possibilidade de contaminação do solo e de mananciais, tanto superficiais quanto subterrâneos?	
	Alta	0
	Média	10
	Baixa	20
100		

6 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APOIO À GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS – CIDADE DE FORMOSA, GOIÁS

O presente capítulo visa à aplicação da metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas a um caso real. Deve-se lembrar que aplicações práticas de metodologias como essa tem como intuito, além de outros, aperfeiçoar a própria formulação metodológica, até que se possa chegar a uma proposta final. No entanto, ressalta-se que, mesmo obtendo-se êxito nas aplicações dessa metodologia de apoio “finalizada” na dissertação, deve-se ter a consciência de que ela tem um caráter “mutante”, já quem deve ser sempre aperfeiçoada com novos detalhes das realidades locais a ela incorporados.

Na busca de um local para a aplicação da metodologia, teve-se como propósito a escolha de uma cidade que pudesse constituir um bom exemplo da realidade brasileira. Dentre as localidades com presença significativa de fossas sépticas e próximas à região de Brasília, foi escolhida a cidade de Formosa, em Goiás. Essa escolha se deve ao fato de que, além da presença marcante das fossas sépticas, há, nessa cidade, características e problemas muito comuns a outros municípios brasileiros. E isso não se restringe à área de saneamento. Uma descrição mais detalhada da cidade é feita nos parágrafos seguintes.

6.1 – DESCRIÇÃO GERAL DA CIDADE DE FORMOSA - GO

Nos itens a seguir, será feita uma descrição geral de aspectos históricos, geográficos e econômicos de Formosa. Em seguida, é apresentado um panorama geral do saneamento em na cidade.

6.1.1 – Aspectos Históricos

Evidências arqueológicas indicam que a região onde se situa Formosa já era habitada por indígenas há cerca de 4.500 anos. No entanto, as origens de atividades humanas não indígenas na região são da época do Brasil colonial. Seus registros mais antigos datam da metade do século XVIII, quando o então chamado “Arraial dos Couros” era um ponto de comércio e pecuária, fortalecidos como atividade econômica a partir do declínio da mineração em Goiás. Também, por ser um ponto estratégico de ligação entre o nordeste e o

Brasil central, era frequente a passagem e pouso de viajantes e o tráfego de cargas. Por esse motivo, a região foi escolhida pela coroa para o estabelecimento de um ponto de coleta de impostos (Chauvet, 2005).

No entanto, tanto na época colonial quanto no império e início da república, a região é marcada por deficiências em sua infraestrutura devido à falta de investimentos do poder público, talvez pela distância que se localizava da capital e de outros centros urbanos de maior porte. Em meados da década de 30 do século XX, não havia saneamento básico nem pavimentação nas ruas de Formosa e apenas nessa época foi iniciado o fornecimento de energia elétrica. Até os anos 50, o saneamento da cidade ainda era precário. Ela contava, à época, com cerca de 3.600 habitantes. Havia coleta de lixo por carroças da Prefeitura. O abastecimento de água e esgotamento sanitário inexistentes. A água consumida era coletada diretamente de ribeirões ou proveniente de cisternas escavadas, sendo essa última opção agravada pelo uso predominante de fossas secas. (Chauvet, 2005). Nesse momento, essa era uma situação comum em vilas ou cidades na região central do Brasil.

A grande transformação em termos de crescimento populacional e desenvolvimento ocorreu a partir da construção de Brasília, iniciada na metade dos anos 50. Com a finalização da construção da capital, Formosa atraiu grande fluxo de imigrantes e investimento devido a sua proximidade com o Distrito Federal e estabeleceu com ele intenso fluxo de trabalhadores e comércio. Daí em diante, se intensificaram os investimentos em saneamento e infraestrutura em Formosa.

6.1.2 – Geografia e Economia

A cidade de Formosa está localizada no nordeste do estado de Goiás, a cerca de 80 km de Brasília e a 270 km de Goiânia. Atualmente, o município tem pouco mais de 90 mil habitantes (IBGE, 2009). Segundo SEPLAN – GO (2003), o percentual da população municipal em zona urbana no ano 2000 era de 88%. Aplicando-se esse valor, à população total atual, estima-se que a sede do município tenha cerca de 80 mil habitantes. As atividades econômicas principais do município são a agricultura (soja, milho e arroz) e a pecuária (SEPLAN – GO, 2003). A Figura 6.1 mostra uma foto recente da cidade de Formosa.

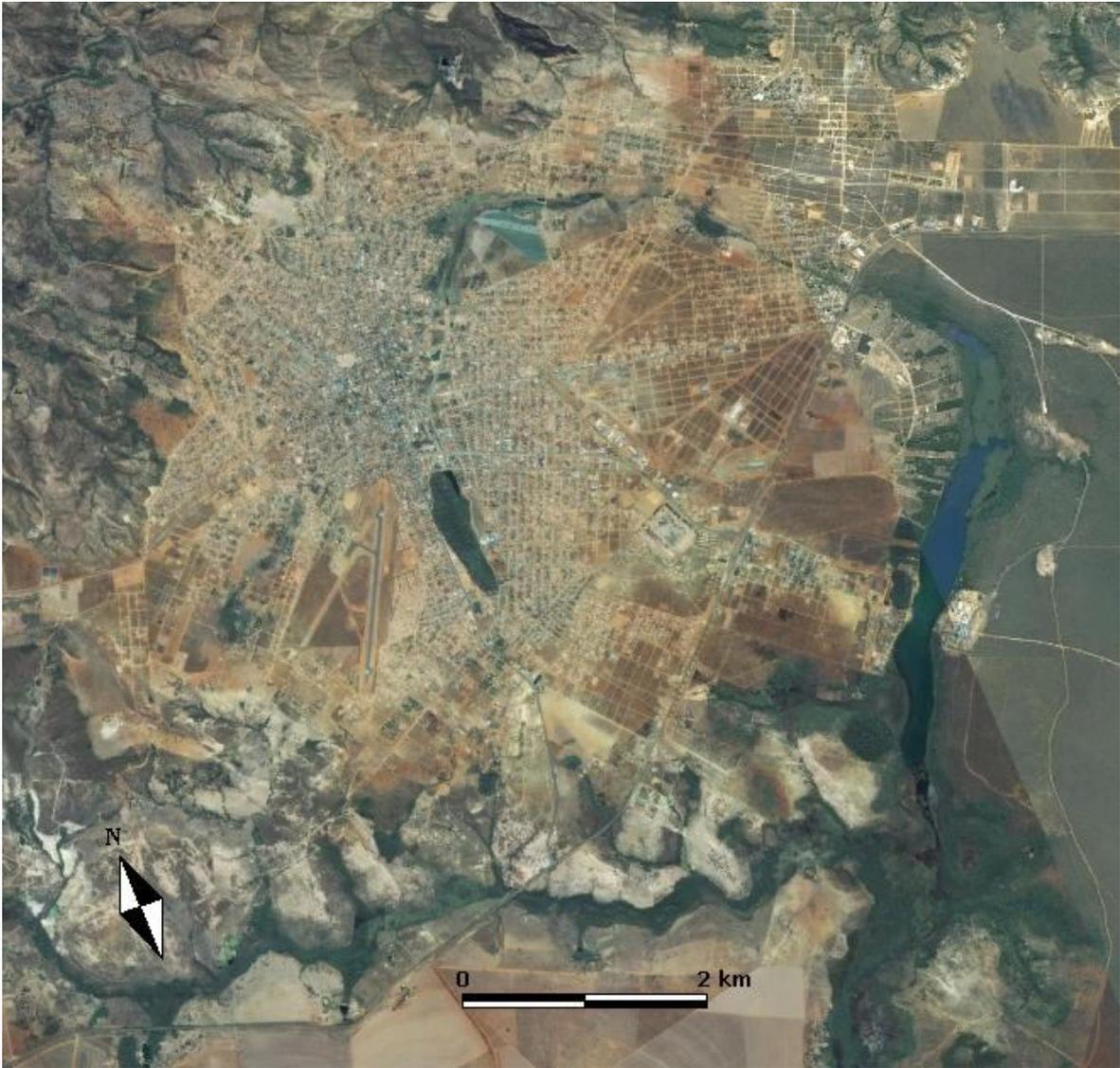


Figura 6.1 – Vista aérea da cidade de Formosa

Do ponto de vista hidrográfico, Formosa é caracterizada por estar em região de divisores naturais de águas. No município correm ou nascem rios pertencentes a três das grandes bacias hidrográficas brasileiras: para o norte, há o Rio Paranã, que contribui com o Rio Tocantins; para o sul escoo o Rio São Marcos, que deságua no Rio Paranaíba, pertencente à Bacia do Rio Paraná; e, para o leste, junto à zona urbana da cidade, nasce o Rio Preto, afluente do São Francisco. O fato de o município se localizar em região de cabeceiras, contendo diversas nascentes, desperta a preocupação e reforça a necessidade de estudos e ações de prevenção ou controle de atividades poluidoras, assim como ações de recuperação ambiental.

O clima é do tipo tropical chuvoso (tropical AW na classificação de Köppen), apresentando duas estações bem definidas: uma chuvosa e quente (de outubro a março); e outra seca e com temperaturas mais amenas (de abril a setembro), semelhante a Brasília.

Segundo SEPLAN – GO (2003), na região de Formosa ocorre o chamado lato-solo vermelho-amarelo, não hidromórfico. A cobertura de solo varia de profunda a muito profunda, e é muito permeável e porosa, apresentando capacidade de drenagem elevada. Não foram encontradas informações sobre afloramento de rochas na zona urbana da cidade.

Do ponto de vista socioeconômico do estado de Goiás, Formosa se localiza em uma microrregião conhecida como Entorno do Distrito Federal, mostrada na Figura 6.2. Uma característica marcante dos municípios do entorno é que, embora todos tenham seus problemas e necessidades específicas, há em comum entre eles um grande contraste negativo em relação ao Distrito Federal nos aspectos de economia, infraestrutura e serviços. Essa discrepância gera uma relação de dependência para com o DF, principalmente nos serviços de saúde e educação. Além disso, observa-se uma tendência de migração da população de baixa renda do DF para cidades do entorno, haja vista os valores menores dos imóveis e o baixo custo de vida fora do Distrito Federal.

Para ilustrar esse contraste socioeconômico, observa-se que o Distrito Federal possui uma renda domiciliar média três vezes maior que a do Entorno. No tocante à escolaridade, o percentual de analfabetos entre a população do Entorno, incluindo o analfabetismo funcional, é o dobro do quantificado para o Distrito Federal. Já o percentual de pessoas que possuem nível superior no DF é cerca de quatro vezes o do Entorno (Souza, 2007).

Outra concepção geográfica e socioeconômica que se tem para a região provém da tentativa de promoção de programas, ações e articulações dos municípios ao redor do DF com o Governo Federal, o Distrito Federal e os estados (Minas Gerais e Goiás). Essa denominação é a de Região Integrada de Desenvolvimento Econômico do Distrito Federal e Entorno – RIDE, criada por lei e que é composta por com 22 municípios e pelo DF. A Figura 6.3 apresenta os municípios que compõem a RIDE.

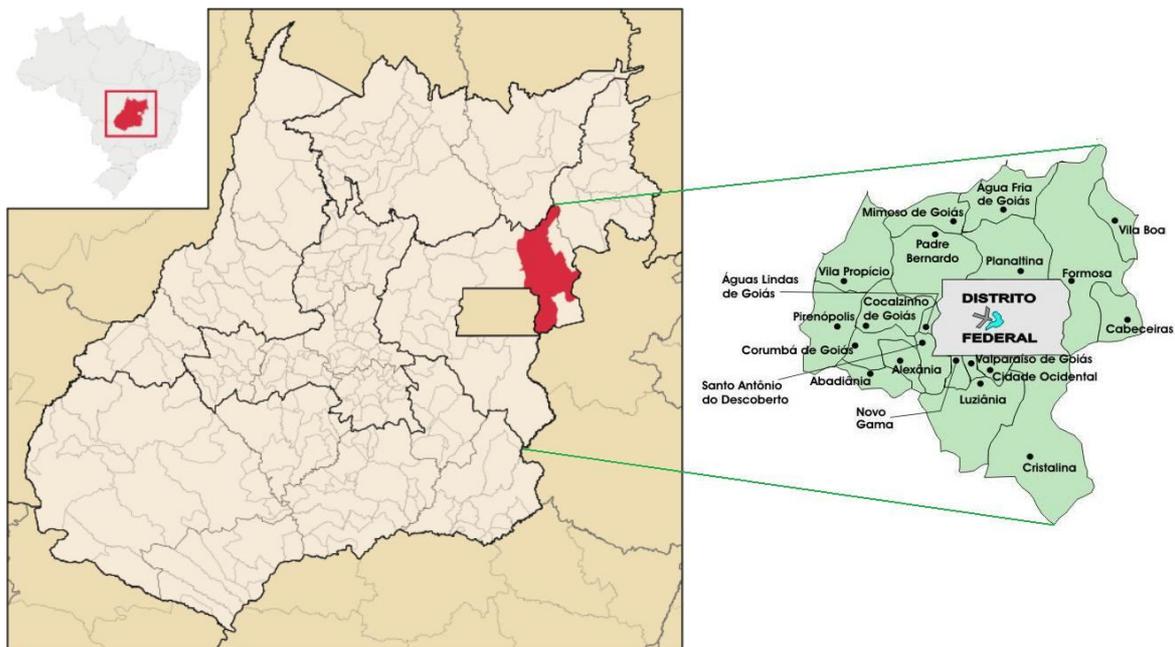


Figura 6.2 – Localização de Formosa e do entorno do Distrito Federal

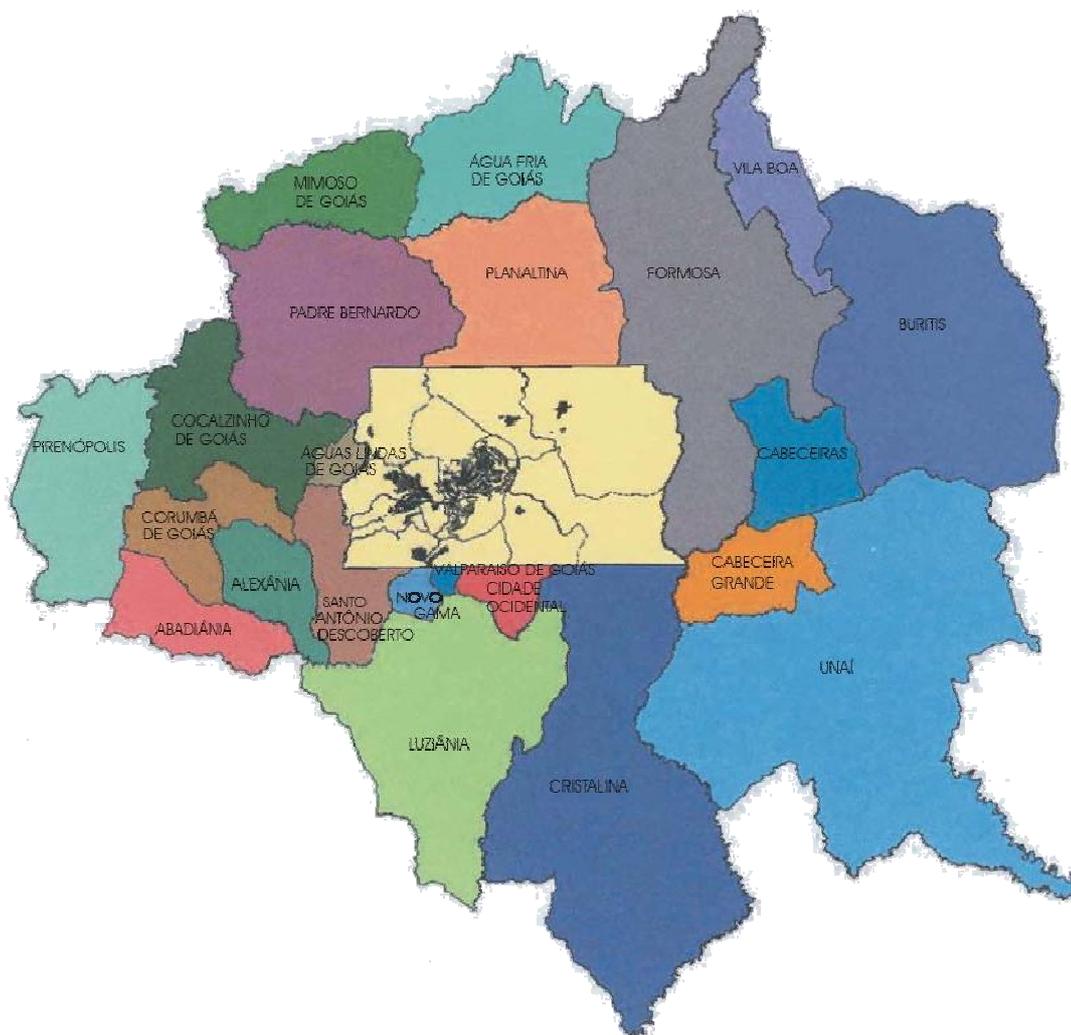


Figura 6.3 – Municípios pertencentes à RIDE (Brasil, 2003)

6.1.3 – Infraestrutura de Saneamento

Faz-se necessário, neste momento, descrever a infraestrutura de saneamento da cidade de Formosa, que apresenta contradições. No que diz respeito à água tratada, segundo profissionais entrevistados da SANEGO (Saneamento de Goiás), a empresa responsável pela prestação do serviço na cidade, o abastecimento está próximo de atender 100% da população urbana. No entanto, há a necessidade de investimentos imediatos nos mananciais, na expansão do sistema de captação, no sistema de tratamento e em reservatórios de água.

Os resíduos sólidos são de responsabilidade da prefeitura municipal. Há a coleta diária realizada por caminhões de lixo convencionais ou basculantes, mas não há tratamento. Eles são encaminhados diretamente para um aterro controlado localizado a cerca de 3 km da área urbana, que opera em situação estável, mas próximo de sua capacidade máxima.

A drenagem urbana também é de responsabilidade da prefeitura. O sistema de drenagem não atende a totalidade da cidade, sendo ausente principalmente nas áreas periféricas. Nas regiões em que não foram instaladas redes de coleta de águas residuárias, é comum o seu lançamento nos sistema de drenagem, principalmente por parte das grandes construções.

Até o ano de 1999, não havia coleta de esgoto sanitário na cidade, sendo a solução preponderante o uso de fossas sépticas (padronizadas ou não). Naquele ano, a população de Formosa era de aproximadamente de 70 mil habitantes, conforme a Tabela 6.1. Era prática comum o lançamento dos lodos coletados nas limpezas de fossas dessa população nas galerias de drenagem pluvial, em córregos vizinhos à cidade ou terrenos baldios.

Tabela 6.1 – Previsão de crescimento populacional para o município de Formosa (Brasil, 2003)

Ano	2000	2003	2013	2023	2033
População (habitantes)	69.285	77.259	100.845	122.930	142.665

O fato de não haver redes de coleta de esgotos também impunha dificuldades à construção de obras verticais e de estabelecimentos industriais ou comerciais de grande porte. A saída principal encontrada para esse problema foi o lançamento no sistema de drenagem urbana, conforme já dito.

Os fatos descritos são agravados pelo fato de que uma parcela significativa da bacia de drenagem urbana da cidade descarrega diretamente em um córrego chamado Josefa Gomes, que é o principal condutor das águas pluviais da cidade. Trata-se de um córrego parcialmente canalizado, cuja origem é uma lagoa situada no Parque Municipal Mata da Bica, no centro da cidade. Esse córrego também é o principal tributário da Lagoa Feia, que está no perímetro urbano da cidade e que é a nascente do Rio Preto, como mostra a Figura 6.4.

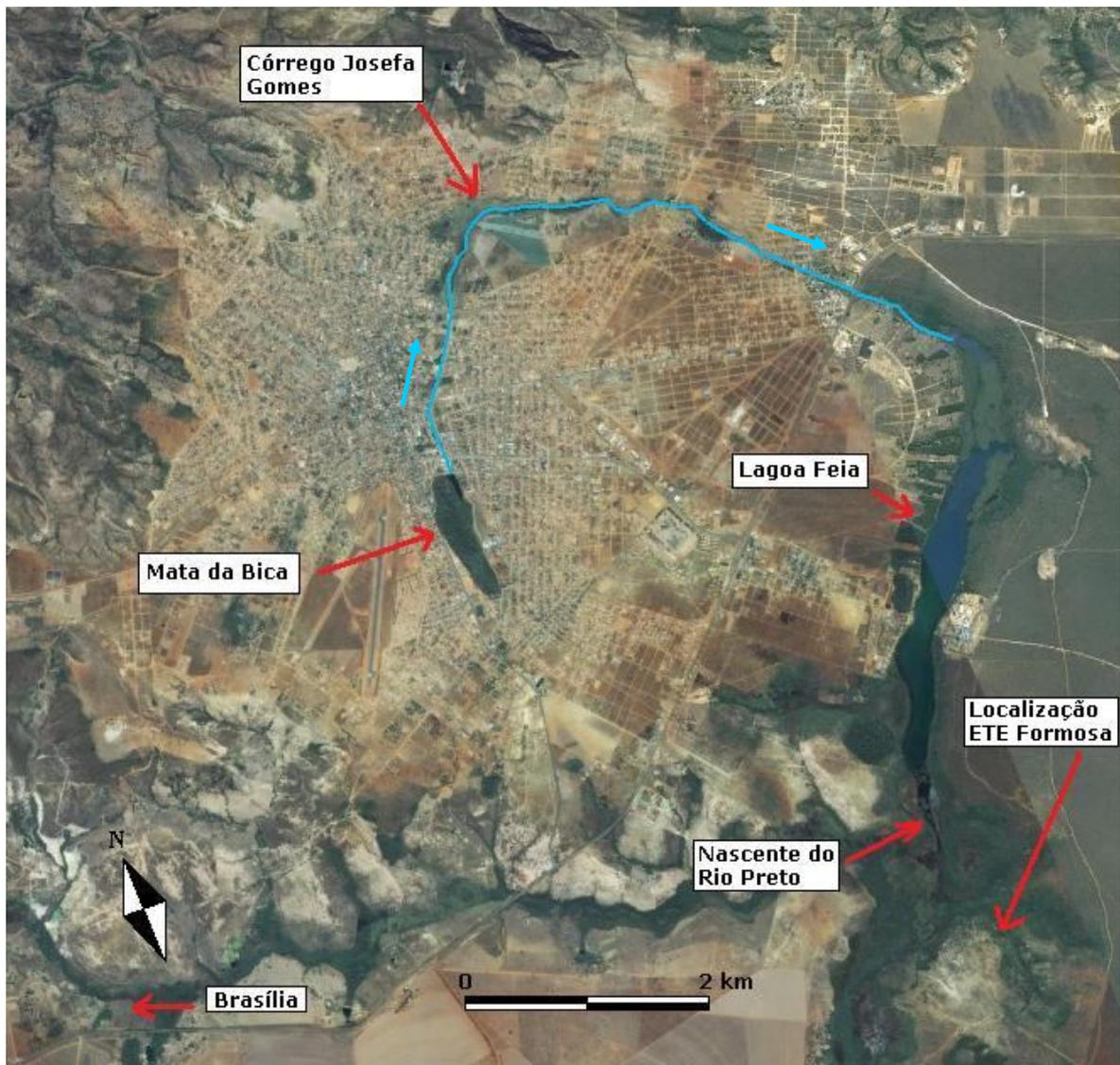


Figura 6.4 – Imagem de Formosa com destaque para o percurso do Córrego Josefa Gomes.

O fato de o Córrego Josefa Gomes transportar esgoto a céu aberto tem causado sérios impactos paisagísticos e estéticos à cidade, sobretudo odores. Adicionalmente, a Lagoa

Feia, tradicional ponto de recreação, esportes e pesca, tornou-se inadequada para esses usos devidos a carga de poluição despejada ao longo dos anos.

Outros impactos ambientais significativos eram provenientes do lançamento do lodo em terrenos baldios ou pastos fora da cidade, que traziam prejuízos ao solo e as águas subterrâneas.

Um impacto adicional que pode ser considerado significativo é relativo ao uso de sistemas diversos de disposição *in situ* sem padronização, sendo escavados e construídos sem orientação técnica adequada. Segundo informações de profissionais da SANEAGO, essas instalações são utilizadas amplamente, sobretudo pela população de baixa renda. Isso pode significar um comprometimento ainda maior das águas subterrâneas da cidade.

Diante de todos esses problemas, em 2001 iniciou-se a execução de um projeto para melhorias no esgotamento sanitário de Formosa. Esse projeto consistia na instalação de redes de coleta, estações elevatórias e uma estação de tratamento de esgotos. As redes de coleta passaram a ser implantadas nesse mesmo ano. Contudo, a construção da ETE só foi iniciada em 2003.

A ETE de Formosa entrou em operação em 2005. Ela é composta por 3 lagoas anaeróbias que operam em paralelo e que são seguidas por duas facultativas em série. Segundo informações da SANEAGO, remoção estimada de DBO é de cerca de 80%, que é condizente com dados da literatura técnica para sistemas desse tipo (Metcalf & Eddy, 1991; Sperling, 1996). O corpo receptor do efluente da ETE é o Rio Preto, cuja origem se localiza nas proximidades da estação. Na Figura 6.5, pode-se visualizar a ETE – Formosa junto a seu corpo receptor, o Rio Preto.

Segundo informações obtidas na SANEAGO, a população que atualmente tem coleta e tratamento de esgoto na cidade é de aproximadamente 31 mil habitantes, que representam cerca de 40% da população da cidade. Essa é uma informação relevante, pois indica que cerca de 60% da população urbana ainda depende das fossas sépticas. Levando em consideração a informação de SEPLAN – GO (2003) de que a cidade apresenta taxa de 3,9 habitantes por domicílio, chega-se à conclusão de que aproximadamente 12 mil domicílios são servidos por fossas sépticas. Na Figura 6.6 pode ser visualizado o perímetro que delimita a região da cidade com coleta e tratamento de esgoto.



Figura 6.5 – Imagem da ETE Formosa, a Lagoa Feia, ao fundo, e a nascente do Rio Preto



Figura 6.6 – Imagem de Formosa com destaque para a delimitação aproximada da região com coleta e tratamento de esgoto

A realidade descrita no parágrafo anterior constitui justificativa para o desenvolvimento de planos e ações para gestão adequada de lodos de fossas sépticas. Outro fato que reforça essa necessidade é que, segundo a SANEAGO, o sistema chegará a atender 90% da população apenas em 2019. Se essa previsão se concretizar, Formosa terá pelo menos mais uma década com presença significativa de fossas sépticas.

Apesar de haver na cidade a predominância do uso de fossas, não há uma política específica que oriente e fiscalize a disposição adequada dos lodos gerados em sua limpeza. A única indicação prática no sentido de dispor de alguma maneira o lodo provém da companhia local de saneamento, que disponibiliza em uma elevatória, localizada no limiar do perímetro urbano, próximo à Lagoa Feia, um poço de visita aberto para que os caminhões despejem o conteúdo coletado. No entanto, como esse poço se localiza em um extremo da cidade e não é feita fiscalização, não há garantias de que seu uso seja efetivamente realizado. Desse modo, é usual o lançamento dos lodos em galerias de drenagem pluvial ou em cursos d'água urbanos ou próximos à região urbana, gerando problemas sociais, sanitários, ambientais, paisagísticos e outros. Diante desse contexto, faz-se necessária a busca por alternativas que solucionem o problema, minimizando no ambiente urbano o impacto negativo dos lodos de fossa a serem produzidos e revertendo os problemas já existentes.

6.2 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APOIO

Neste item, foi feita a aplicação da metodologia de apoio seguindo os passos descritos no Capítulo 5.

6.2.1 – Passo 1: Definição do Problema Local e Objetivos do Plano de Gestão

Conforme indicado no fluxograma da Figura 5.1, o primeiro passo a ser realizado é a definição clara do problema local e dos objetivos a se atingir. No caso da cidade de Formosa, após visita ao local e entrevista com responsáveis pela gestão de lodos de fossas, conclui-se que o principal problema encontrado em relação ao lodo das fossas sépticas é o seu lançamento em local inapropriado, causando impactos diversos na população e no meio ambiente urbano. As principais conseqüências desse problema são apresentadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Descrição das principais consequências do lançamento inadequado dos lodos de fossas sépticas para Formosa.

<i>Problema</i>	<i>Consequências</i>	<i>Descrição das consequências</i>
Lançamento dos lodos de fossa séptica em local inadequado	Prejuízos ao meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofização dos corpos d'água • Prejuízos à fauna e flora aquáticas
	Prejuízos à saúde pública	<ul style="list-style-type: none"> • Disseminação de doenças de veiculação ou origem hídrica • Propagação de vetores de doenças
	Deterioração do ambiente urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Odores • Prejuízos estéticos aos corpos d'água, • Prejuízos a usos diversos dos corpos d'água

Percebe-se que uma possível solução para o problema é a criação de um sistema de gestão que elimine lançamentos irregulares dos lodos de fossas sépticas, para que se possam extinguir as consequências apresentadas. A partir dessa informação e levando em conta a realidade local, pode-se estabelecer que o sistema de gestão a ser criado deve satisfazer basicamente as seguintes classes de objetivos:

1. Ambiental, que tem como fim melhorar a qualidade da água dos corpos que atualmente recebem o lodo, beneficiando a fauna e flora aquáticas;
2. De saúde pública, que visa virtualmente à eliminação da ocorrência das doenças vinculadas à disposição inadequada dos lodos;
3. Econômico, que busca soluções economicamente viáveis para a realidade local;
4. Social/Urbano, associado à eliminação dos aspectos negativos impostos ao ambiente urbano (estéticos, paisagísticos, etc.) e melhorias em atividades sociais como, por exemplo, uso dos corpos d'água para recreação, esportes e pesca;
5. Técnico, que permita a escolha de alternativas tecnicamente compatíveis com as características sociais, culturais, geográficas, etc.

6.2.2 – Passo 2: Levantamento de dados sobre a cidade

O passo seguinte previsto pela metodologia de apoio é o levantamento de dados locais a respeito do problema que se propõe a solucionar. No item 6.1 deste capítulo já foi feita

uma descrição parcial da problemática enfrentada na cidade de Formosa. Aqui será, então, feita uma descrição complementar e sistematizada das informações coletadas.

Para o levantamento dos dados, inicialmente foi realizada pesquisa sobre dados a respeito da cidade por meio da internet e de trabalhos acadêmicos, livros, relatórios técnicos e governamentais, etc. Foram consultados sítios eletrônicos como a do IBGE, de órgãos federais diversos, de secretarias e órgãos estaduais, além de outros. Posteriormente foram realizadas visitas a campo e entrevistas diretas com atores da gestão dos lodos de fossas sépticas

6.2.3 – Passo 3: Definição dos Atores

Para cidade de Formosa, os principais atores no problema de gestão dos lodos de fossas sépticas foram identificados e são listados a seguir:

1. A companhia estadual de saneamento (SANEAGO), responsável pelo fornecimento de água potável e pela coleta e tratamento de águas residuárias;
2. A Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente, que é a representante do poder executivo nas questões ambientais;
3. A Secretaria de Obras, responsável pelo sistema de drenagem urbana da cidade.
4. Empresa de limpeza de fossas.

Há outros grupos de pressão, como associações de classe profissional, grupos religiosos, associações de moradores, órgãos e entidades federais, entre outros, mas com reduzida influência na tomada de decisão nessa área no âmbito municipal.

6.2.4 – Passo 4: Formulação e triagem inicial das alternativas

A partir das opções descritas anteriormente (Capítulo 5), foram selecionadas as partes viáveis para composição das alternativas para a cidade de Formosa. Foi feita uma triagem qualitativa das opções apresentadas, levando em conta critérios econômicos, de engenharia e outros. Na Tabela 6.4 é apresentada essa triagem inicial realizada. Em seguida, na Tabela 6.5, se encontram as alternativas que de fato são consideradas aptas para permanecer na seleção mais refinada, onde são aplicados os métodos multiobjetivo e multicritério.

Tabela 6.3 - Descrição das principais informações coletadas a respeito de Formosa

<i>Categoria</i>	<i>Tipo de informação</i>	<i>Descrição</i>
Sanitária	Informações relativas ao lodo produzido	<ul style="list-style-type: none"> • Estima-se aproximadamente 12 mil domicílios (49 mil habitantes) servidos por fossas sépticas, não levando em conta estabelecimentos comerciais. • A distribuição espacial da região não atendida por coleta de esgotos mostra que as fossas sépticas não estão concentradas em uma região, mas sim dispersas em um “anel” periférico da cidade. • Não há dados de caracterização do lodo local. • Não foram encontrados registros relativos a doenças de veiculação hídrica ligadas à disposição inadequada dos lodos
	Infraestrutura de saneamento	<ul style="list-style-type: none"> • Há redes de coleta de esgotos em construção em grande parte da cidade, mas ainda sem previsão de término e início do funcionamento. • A ETE Formosa, formada por um sistema de lagoas anaeróbias seguidas de facultativas, opera com carga orgânica abaixo capacidade nominal (apenas cerca de 30%). • Há apenas uma empresa de limpeza de fossas em atuação. • O abastecimento de água atinge perto de 100% da população urbana. • Os resíduos sólidos urbanos são encaminhados a um aterro controlado, que opera próximo de sua capacidade máxima. • Não há usinas de compostagem ou outro sistema de tratamento de resíduos sólidos.
Geográfica		<ul style="list-style-type: none"> • Segundo SEPLAN – GO (2003), predominam os latossolos vermelho-amarelos, profundos e bem drenados, muito permeáveis e porosos. • Não foram encontrados registros de afloramentos de rochas que prejudicassem atividades urbanas
Sócio-econômica	IDH municipal no ano 2000	0,75 (IICA, 2008; PNUD, 2010)
	PIB 2004	R\$ 3.797 <i>per capita</i> (IICA, 2008)
Infraestrutura geral	Urbana	<ul style="list-style-type: none"> • As ruas da cidade, em sua grande maioria, apresentam boa condição de tráfego, possibilitando a passagem de caminhões de limpeza de fossa inclusive nas regiões periféricas e mais pobres. • A maioria dos lotes não ocupados e de maior porte está nas áreas periféricas da cidade, onde o custo do metro quadrado de terreno é relativamente menor.
Legal	-	<ul style="list-style-type: none"> • Não foram encontradas legislações locais com orientações ou indicação de procedimentos a serem adotados para com o lodo de fossas sépticas.

Tabela 6.4: Triagem inicial das alternativas

Coleta	Escolhido?	Comentários ou justificativa da triagem
Tanques de sucção de grande porte	Sim	A cidade já possui caminhões tanque em quantidade e não há problemas significativos de locomoção no ambiente urbano.
Tanques de sucção de pequeno porte	Não	Apesar de promissora, é uma tecnologia pouco conhecida no Brasil. Não foram encontrados fornecedores em território nacional.
Uso conjunto de tanques de grande e pequeno porte	Não	Comentário igual ao apresentado acima.
Coleta manual	Não	A presença de caminhões tanque dispensa essa prática.
Transporte	Escolhido?	Comentários
Transporte direto por caminhão tanque até o local de tratamento ou destinação final	Sim	Transporte padrão, feito pelo caminhão que coleta. Obs.: Não é possível o transporte direto para a ETE, pois ela se localiza em área restrita, de uso das Forças Armadas.
Transporte misto: caminhão tanque/ rede de coleta de esgotos	Sim	Essa opção é justificável devido à presença dispersa das fossas no ambiente urbano.
Tratamento ou Condicionamento	Escolhido?	Comentários
Adensamento em lagoas de estabiliz.	Não	A cidade já possui ETE com sistema de lagoas de estabilização. A aquisição de áreas e os custos de implantação não justificam o uso de lagoas para adensamento isolado do lodo.
Adensamento com Leitos de secagem	Sim	O clima seco durante boa parte do ano e as temperaturas relativamente altas podem fazer essa prática promissora
Adensamento por gravidade (Tanques)	Não	Não há estudos que indiquem a sedimentabilidade do lodo.
Adensamento mecanizado	Não	Não há equipamentos desse tipo na cidade. Além da necessidade de aquisição, optou-se por não inserir na análise esse tipo de equipamento devido ao consumo de energia e necessidade constante de manutenção.
Estabilização alcalina	Sim	Não apresenta problemas que justifiquem sua saída na triagem inicial.
Wetlands	Sim	Não apresenta problemas que justifiquem sua saída na triagem inicial.
Digestão aeróbia	Não	Altos custos de energia e demanda de mão de obra especializada.
Digestão anaeróbia	Não	Demanda de mão de obra especializada, monitoramento constante e altos custos de implantação.
Compostagem isolada (leiras)	Sim	Não apresenta problemas que justifiquem sua saída na triagem inicial.
Landfarming	Sim	Não apresenta problemas que justifiquem sua saída na triagem inicial.
Cotratamento com os esgotos na ETE	Sim	A existência da ETE justifica a inserção desta opção na análise.
Compostagem com resíduos sólidos	Não	Não há sistema de compostagem de resíduos sólidos na cidade
Disposição final	Escolhido?	Comentários
Aplicação superficial	Sim	Não apresenta problemas que justifiquem sua saída na triagem inicial. Deve ser sempre precedida por um tipo de tratamento (exigência legal).
Aplica. subsuperficial	Não	Depende da aquisição de equipamentos.
Aplicação subterrânea	Sim	A aplicação em trincheiras, pela simplicidade operacional, pode ser praticável.
Co-disposição final com resíduos sólidos (aterros sanitários)	Não	O aterro controlado de Formosa funciona perto de sua capacidade total. Não é possível contar com seu uso em longo prazo. Adicionalmente, não há controle do chorume produzindo.

Tabela 6.5: Alternativas levantadas para a cidade de Formosa

Alternativas	Coleta	Transporte	Tratamento	Disposição final
A1	Caminhão tanque de grande porte	Direto	Adensamento com leitos de secagem	Aplicação superficial (uso agrícola)
A2			Adensamento com leitos de secagem	Aplicação subterrânea (<i>landfarming</i>)
A3			Estabilização alcalina	Aplicação superficial (uso agrícola)
A4			Estabilização alcalina	Aplicação subterrânea (<i>landfarming</i>)
A5			<i>Wetlands</i>	Aplicação superficial (uso agrícola)
A6			<i>Wetlands</i>	Aplicação subterrânea (<i>landfarming</i>)
A7			Compostagem isolada	Aplicação superficial (uso agrícola)
A8			Compostagem isolada	Aplicação subterrânea (<i>landfarming</i>)
A9			Cotratamento na ETE	Aplicação superficial (uso agrícola)
A10			Cotratamento na ETE	Aplicação subterrânea (<i>landfarming</i>)
A11		Misto	Cotratamento na ETE	Aplicação superficial (uso agrícola)
A12		Misto	Cotratamento na ETE	Aplicação subterrânea (<i>landfarming</i>)
A13		Direto	–	Aplicação subterrânea (<i>landfarming</i>)

6.2.5 – Passos 5 e 6: Definição dos critérios e construção da matriz de avaliação

Neste item, são discutidos alguns detalhes principais cuja discussão se considerou pertinente durante o preenchimento das planilhas pontuadas para a avaliação dos critérios a serem usados na avaliação das alternativas. Em seguida, o resultado do preenchimento dessas planilhas é apresentado na Tabela 6.6, que constitui a Matriz de Avaliação.

6.2.5.1 – Custo de implantação

O critério de custo de implantação levou em conta diversos fatores peculiares da cidade. Em relação à destinação de terreno para a implantação das alternativas, considerou-se que aquelas que demandam áreas relativamente grandes, como *landfarming* ou compostagem, teriam suas atividades realizadas em regiões mais distantes da cidade, com custos mais baixos. Isso porque a disponibilidade de terrenos de grandes dimensões e a preços acessíveis na zona urbana e em sua periferia é relativamente baixa. Já as alternativas com

demandas intermediárias por terreno, foram consideradas como possíveis de realização nas regiões periféricas à zona urbana, onde há um custo mediano.

A necessidade de construção de instalações de recebimento do lodo foi considerada alta na maioria das alternativas que demandaram essa solução. Isso ocorreu devido ao fato de que não há ainda esse tipo de infraestrutura a disposição para nenhuma das alternativas.

A necessidade de aquisição de equipamentos foi considerada média a baixa para a maioria das alternativas. A razão disso foi o fato de Formosa já possuir caminhões e de se ter feito uma triagem no sentido de selecionar alternativas menos dispendiosas nesse sentido.

6.2.5.2 – Critério de custo de operação e manutenção

No critério de custo de operação e manutenção, as alternativas apresentaram desempenho relativamente alto, já que todas somaram quantidade igual ou superior a 68 pontos de 100. Não houve grande variação na pontuação de critérios como consumo de energia elétrica, uso de equipamentos eletromecânicos e demanda por funcionários. As principais diferenças entre as alternativas apareceram nas questões sobre distância a ser percorrida, geração de subprodutos e necessidade de produtos químicos, nas quais algumas alternativas obtiveram desempenho claramente inferior.

6.2.5.3 – Critério de impactos negativos na implantação

No critério de impactos negativos na implantação, considerou-se a parte de tratamento e condicionamento como preponderantes, já que os impactos do uso agrícola e da aplicação subterrânea serão reduzidos em virtude de ter considerado que sua localização será necessariamente mais afastada da zona urbana da cidade. Então, as alternativas que obtiveram o melhor desempenho foram as que proporcionam “cotratamento na ETE”. Isso ocorreu devido ao fato de que a Estação de Tratamento de Esgotos já existe, e o aproveitamento de suas instalações causará impactos reduzidos na implantação da alternativa.

6.2.5.4 – Critério de impactos sociais e ambientais negativos da operação

Este critério apresentou uma mesma tendência que o anterior, onde as alternativas com cotratamento na ETE obtiveram desempenho consideravelmente superior. Isso também foi causado por a estação já apresentar uma infraestrutura pronta e afastada da zona urbana, causando reduzidos impactos. As alternativas que apresentaram os piores desempenhos foram aquelas que utilizam estabilização alcalina e compostagem. O motivo foi o potencial de geração de odores, ruídos e inseto (para o caso da compostagem) e potencial desvalorização dos terrenos ao redor do local de tratamento.

6.2.5.5 – Critério de geração de renda / empregos

O critério de geração de renda variou principalmente em função do reaproveitamento do lodo. As alternativas que proporcionam o uso agrícola obtiveram pontuação máxima nesse quesito e as que indicam a aplicação subterrânea obtiveram pontuação mínima. Em relação à geração de empregos, a maioria das alternativas obteve desempenho alto ou médio. Somente as alternativas que sugerem o Cotratamento na ETE obtiveram geração de empregos direta baixa, haja vista que as instalações já existem e estão em operação consideravelmente abaixo de sua capacidade, e o acréscimo do conteúdo das fossas gerará poucos empregos diretos comparando com as outras alternativas.

6.2.5.6 – Critério de aceitabilidade

Para o critério de aceitabilidade, considerou-se como a parte crítica da avaliação a destinação final. Isso se deveu ao fato de que, a depender do uso que se deseja dar ao lodo, pode-se gerar considerável rejeição na população e em seus segmentos. No caso da utilização do lodo para fins agrícolas, acredita-se que a população e a classe de comerciantes apresentarão rejeição parcial, já que não faz parte da cultura local a utilização de material fecal humano. Considerou-se que não houve rejeição das alternativas que não apresentam uso agrícola, pois, a *priori*, não há barreiras culturais ou de outra natureza explícitas que indiquem sua possível rejeição.

6.2.5.7 – Critério de complexidade da operação

No critério complexidade da operação, a maioria das alternativas apresentou baixa necessidade de mão de obra qualificada para sua operação. Assim como em outros critérios, isso se deu pelo fato de a triagem inicial já ter sido restritiva nesse sentido. O maior gerador de diferencial entre as alternativas neste critério foi a geração de subprodutos do tratamento. As alternativas que propõem o cotratamento na ETE apresentaram o melhor desempenho por não gerarem subprodutos e por já disporem de mão de obra destinada para seu funcionamento, independentemente da solução de gestão de lodos de fossas sépticas a ser escolhida.

6.2.5.8 – Critério de Confiabilidade

O critério de confiabilidade apresentou diversos contrastes. Quanto à necessidade do uso de produtos químicos, apenas a estabilização alcalina mostrou dependência e, mesmo assim, relativamente baixa, já que é um produto com facilidade de aquisição. Algumas alternativas apresentaram dependência de assistência técnica de terceiros, mas a maioria foi considerada auto-suficiente nesse aspecto. Em relação à dependência de operadores, a maioria foi considerada auto-suficiente, com exceção daquelas que necessitam da operação de equipamentos mais pesados, como tratores.

Tabela 6.6: Matriz de avaliação (*Payoff*) das alternativas segundo cada critério

Alternativas	Econômico		Ambiental		Social		Técnico	
	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Critério 6	Critério 7	Critério 8
A1	63,5	68,0	54,0	66,0	82,5	50,0	40,0	76,0
A2	53,5	68,0	54,0	66,0	35,0	100,0	40,0	76,0
A3	72,0	69,5	73,0	50,0	82,5	50,0	70,0	45,0
A4	54,0	69,5	78,0	50,0	35,0	100,0	70,0	40,0
A5	63,0	85,0	73,0	71,0	82,5	50,0	100,0	90,0
A6	58,0	85,0	73,0	73,0	35,0	100,0	100,0	75,0
A7	67,0	75,5	84,0	56,0	82,5	50,0	65,0	45,0
A8	57,0	75,5	79,0	56,0	35,0	100,0	65,0	45,0
A9	92,0	92,5	100,0	100,0	65,0	50,0	100,0	80,0
A10	67,0	84,5	95,0	100,0	17,5	100,0	100,0	75,0
A11	92,0	100,0	100,0	100,0	65,0	50,0	100,0	80,0
A12	67,0	100,0	95,0	100,0	17,5	100,0	100,0	85,0
A13	76,0	76,0	95,0	95,0	0,0	100,0	100,0	75,0

Legenda: Critério 1: Custos de implantação
 Critério 2: Custo de Operação e Manutenção
 Critério 3: Impactos negativos na implantação
 Critério 4: Impactos sociais e ambientais negativos da operação
 Critério 5: Geração de renda e empregos
 Critério 6: Aceitabilidade
 Critério 7: Complexidade da operação
 Critério 8: Confiabilidade

6.2.6 – Passo 7 e seguintes: Avaliação das alternativas

Neste item são definidos os pesos a serem utilizados e é feita a aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério às alternativas levantadas. A seguir são feitas observações e tecidos comentários a respeito da aplicação de cada um dos métodos utilizados.

6.2.6.1 – Definição dos pesos

Na busca de pesos para alternativas a serem usados na análise multiobjetivo e multicritério, teve-se como norteadora a idéia de se abordar diferentes “cenários”, que traduzissem diferentes visões da realidade. Para isso, foram definidas três estratégias básicas: (1) utilizar uma visão neutra, onde os pesos são iguais para todas as alternativas; (2) utilizar as informações de pesos obtidas no *Workshop*; e (3) priorizar cada um dos objetivos levantados.

Na primeira estratégia, onde os pesos são iguais para todos os critérios, atribuiu-se peso igual 1/8 (que é igual a 0,125) para todas as alternativas. O intuito dessa ação foi proporcionar uma visão neutra de todos os objetivos, possibilitando uma análise multiobjetivo em que nenhum objetivo ou critério fosse priorizado.

A segunda estratégia, onde era prevista a avaliação a partir das respostas obtidas na pesquisa do *Workshop*, a análise foi realizada a partir dos dados obtidos na Tabela 5.3. Apenas o aspecto político foi retirado por não ter sido considerado nesse estudo de caso. Foi então realizada uma normalização desses pesos, e o resultado é o que se encontra na Tabela 6.7.

Tabela 6.7: Pesos normalizados calculados para cada objetivo, obtidos do *Workshop*

Tipo de objetivo	Nº de critérios	Pesos
Ambiental / Sanitário	2	0,16
Econômico	2	0,14
Social	2	0,11
Técnicos	2	0,09
	Soma	1,00

Na terceira estratégia, buscou-se a priorização individual de cada um dos objetivos nos quais as alternativas se enquadram. Estabeleceu-se que as o peso de cada critério a ser priorizado seria o dobro do peso das alternativas não priorizadas. Isso foi considerado para todos os objetivos. O resultado encontra-se na Tabela 6.8.

Tabela 6.8: Pesos normalizados calculados para cada objetivo, provenientes do *Workshop*

Objetivos	Critérios	Objetivo prioritário			
		Ambiental	Econômico	Social	Técnico
Ambientais / Sanitários	Impactos negativos na implantação	0,2	0,1	0,1	0,1
	Impactos sociais e ambientais negativos da operação	0,2	0,1	0,1	0,1
Econômicos	Custo de implantação	0,1	0,2	0,1	0,1
	Custo de operação e manutenção	0,1	0,2	0,1	0,1
Sociais	Geração de renda / empregos	0,1	0,1	0,2	0,1
	Aceitabilidade	0,1	0,1	0,2	0,1
Técnicos	Complexidade da operação	0,1	0,1	0,1	0,2
	Confiabilidade	0,1	0,1	0,1	0,2

6.2.6.2 – Aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério

Este item será iniciado pela definição de parâmetros a serem utilizados nos métodos multiobjetivo e multicritério. Conforme já dito anteriormente, os métodos utilizados neste trabalho são: Programação de Compromisso, TOPSIS, AHP, Promethee II e ELECTRE III.

Os métodos da Programação de Compromisso e o TOPSIS dependem da determinação do parâmetro S , que reflete a importância dada aos desvios máximos na análise. Quanto maior esse coeficiente, mais influência têm os valores que estão mais distantes das soluções ideais. Os valores usuais de S para a programação de compromisso são 1, 2 e ∞ . Com o valor 1 é dado peso igual a todos os critérios na composição do valor numérico de desempenho global da alternativa. Com o valor 2, o peso dado aos critérios sofre influência do quadrado dos desvios. Por último, com o peso igual a ∞ , o maior desvio passa a ser o parâmetro único de avaliação entre as alternativas.

Para o presente trabalho, optou-se por atribuir os valores de $S = 1, 2$ e ∞ para as análises com a programação de compromisso. Para o TOPSIS, optou-se por aplicar os valores $S = 1, 2$. O valor ∞ não foi utilizado porque, nesse método, não é calculada uma “distância” direta que reflete os desvios da solução ideal, como ocorre na programação de compromisso. Apesar de os métodos apresentarem similaridades, no TOPSIS ocorre o cálculo de um Coeficiente de Similaridade, que agrega diferentes informações e que não permite a comparação direta com o resultado da programação de compromisso.

Para definição dos valores dos limiares de indiferença (q), preferência (p) e veto (v) do método ELECTRE III, foi seguida metodologia utilizada por diversos pesquisadores, entre eles Brostel (2002), Ribeiro (2003) e Brites (2008). Ela consiste em atribuir um valor arbitrário para o limiar de indiferença (q) e, a partir dele, serem calculados os outros limiares usando proporções pré-estabelecidas entre eles. Optou-se por seguir os valores dessas proporções indicados por Brostel (2002). Isso porque, apesar de os outros trabalhos consultados também serem na área de saneamento, o da referida pesquisadora foi aplicado na área de águas residuárias, que mais se aproxima do trabalho dessa dissertação. Essa proporção foi de $p/q = 2,5$ e $v/p = 6,5$. O valor de q , foi definido como o menor valor das escalas de avaliação das planilhas pontuadas, que corresponde a 2. Então, os valores dos limiares são de $q = 2, p = 5$ e $v = 32,5$.

Com as informações dos parágrafos anteriores definidas, aplicaram-se os métodos multiobjetivo e multicritério à matriz de avaliação com os pesos definidos no item 6.2.6.1. Os resultados para o ordenamento das alternativas segundo os pesos estabelecidos se encontram nas Tabelas 6.9 a 6.14. A discussão dos resultados encontra-se nos itens seguintes.

O passo seguinte na metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas é a apresentação dos resultados a atores e/ou especialistas. Essa etapa foi suprimida para este estudo de caso porque, conforme visto em capítulos anteriores, a aquisição de dados com pessoas é uma etapa bastante dispendiosa de tempo e, muitas vezes, de recursos financeiros. Essa etapa de avaliação (passo 9 em diante) foi realizada pelo próprio pesquisador.

Tabela 6.9: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando peso igual para todos os critérios (cada número corresponde a uma alternativa)

Ordem	Programação de Compromisso			TOPSIS		AHP	Promethee II	ELECTRE III
	S = 1	S = 2	S = ∞	S = 1	S = 2			
1° (melhor)	11	12	6 e 8	11	11	11	11	12
2°	12	11	3, 4, 5, 7, 9, 11	12	12	9	9	10
3°	9	9	1 e 2	9	9	12	12	5, 6 e 8
4°	10	10	10 e 12	10	10	10	10	1, 2, 3, 4, 7, 9, 11 e 13
5°	13	13	13	13	13	13	13	–
6°	6	6	–	6	6	5	5	–
7°	5	5	–	5	5	6	6	–
8°	8	8	–	8	8	7	7	–
9°	7	7	–	7	7	8	3	–
10°	3	3	–	3	2	3	1	–
11°	4	4	–	4	4	1	8	–
12°	2	2	–	2	3	4	2	–
13° (pior)	1	1	–	1	1	2	4	–

Tabela 6.10: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos obtidos no *Workshop* (cada número corresponde a uma alternativa)

Ordem	Programação de Compromisso			TOPSIS		AHP	Promethee II	ELECTRE III
	S = 1	S = 2	S = ∞	S = 1	S = 2			
1° (melhor)	11	11	6 e 8	11	11	11	11	12
2°	9	9	3, 4, 5, 7, 9, 11	9	9	9	9	5, 8, 10 e 11
3°	12	12	1 e 2	12	12	12	12	6
4°	10	10	10 e 12	10	10	10	10	9 e 13
5°	13	13	13	13	13	13	13	1, 2, 3, 4 e 7
6°	6	6	–	6	5	5	5	–
7°	5	5	–	5	6	6	6	–
8°	7	7	–	7	7	7	7	–
9°	8	8	–	8	8	8	3	–
10°	3	3	–	3	3	3	8	–
11°	4	4	–	4	4	1	1	–
12°	2	2	–	2	1	4	4	–
13° (pior)	1	1	–	1	2	2	2	–

Tabela 6.11: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério com pesos priorizando critérios ambientais / sanitários (cada número corresponde a uma alternativa)

Ordem	Programação de Compromisso			TOPSIS		AHP	Promethee II	ELECTRE III
	S = 1	S = 2	S = ∞	S = 1	S = 2			
1° (melhor)	11	11	6 e 8	11	11	11	11	12
2°	9	9	3, 4, 5, 7, 9, 11	9	9	9	9	5, 8, 10 e 11
3°	12	12	1 e 2	12	12	12	12	6
4°	10	10	10 e 12	10	10	10	10	9 e 13
5°	13	13	13	13	13	13	13	1, 2, 3, 4 e 7
6°	5	5	–	5	5	5	5	–
7°	6	6	–	6	6	6	6	–
8°	7	7	–	7	7	7	7	–
9°	8	8	–	8	3	3	3	–
10°	3	3	–	3	8	8	8	–
11°	4	1	–	4	1	1	1	–
12°	1	4	–	1	2	4	2	–
13° (pior)	2	2	–	2	4	2	4	–

Tabela 6.12: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos que priorizam os critérios econômicos (cada número corresponde a uma alternativa)

Ordem	Programação de Compromisso			TOPSIS		AHP	Promethee II	ELECTRE III
	S = 1	S = 2	S = ∞	S = 1	S = 2			
1° (melhor)	11	11	6 e 8	11	11	11	11	12
2°	9	12	3, 4, 5, 7, 9, 11	9	9	9	9	10
3°	12	9	1 e 2	12	12	12	12	5, 6 e 8
4°	10	10	10 e 12	10	10	10	10	1, 2, 3, 4, 7, 9, 11 e 13
5°	13	13	13	13	13	13	13	–
6°	6	6	–	6	6	5	5	–
7°	5	5	–	5	5	6	6	–
8°	7	7	–	7	7	7	7	–
9°	8	8	–	8	8	8	8	–
10°	4	4	–	4	4	3	3	–
11°	3	3	–	3	3	4	1	–
12°	2	2	–	2	2	1	2	–
13° (pior)	1	1	–	1	1	2	4	–

Tabela 6.13: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos que priorizam os critérios sociais (cada número corresponde a uma alternativa)

Ordem	Programação de Compromisso			TOPSIS		AHP	Promethee II	ELECTRE III
	S = 1	S = 2	S = ∞	S = 1	S = 2			
1° (melhor)	12	12	6 e 8	12	12	11	11	12
2°	11	6	3, 4, 5, 7, 9, 11	11	10	9	9	5, 6, 8 e 10
3°	9	10	1 e 2	9	6	12	12	1, 2, 3, 4, 7, 9, 11 e 13
4°	10	11	10 e 12	10	11	10	10	–
5°	13	9	13	13	9	5	5	–
6°	6	13	–	6	13	6	13	–
7°	5	8	–	5	5	13	6	–
8°	8	5	–	8	8	7	7	–
9°	4	4	–	4	4	8	3	–
10°	2	2	–	2	2	3	8	–
11°	7	7	–	7	7	1	1	–
12°	3	3	–	3	3	4	2	–
13° (pior)	1	1	–	1	1	2	4	–

Tabela 6.14: Resultado da aplicação dos métodos multiobjetivo e multicritério utilizando pesos que priorizam os critérios técnicos (cada número corresponde a uma alternativa)

Ordem	Programação de Compromisso			TOPSIS		AHP	Promethee II	ELECTRE III
	S = 1	S = 2	S = ∞	S = 1	S = 2			
1° (melhor)	11	12	6 e 8	11	12	11	11	12
2°	12	11	3, 4, 5, 7, 9, 11	12	11	9	9	10
3°	9	9	1 e 2	9	9	12	12	5 e 6
4°	10	10	10 e 12	10	10	10	5	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11 e 13
5°	13	13	13	13	13	5	10	–
6°	5	6	–	5	5	13	13	–
7°	6	5	–	6	6	6	6	–
8°	8	8	–	8	2	7	7	–
9°	7	7	–	7	1	3	3	–
10°	2	3	–	2	3	8	1	–
11°	3	2	–	3	7	1	8	–
12°	1	1	–	1	8	2	2	–
13° (pior)	4	4	–	4	4	4	4	–

6.2.6.3 – Programação de Compromisso

Conforme exposto anteriormente, foram utilizados os valores do parâmetro S iguais a 1, 2 e ∞ no cálculo da metodologia matemática da Programação de Compromisso. Zuffo (1998) destaca que os resultados obtidos a partir da aplicação desses diferentes valores devem ser interpretados com parcimônia. Isso se deve ao fato de que o aumento desse parâmetro, além de valorizar os menores desvios do ideal, valoriza também os critérios de maior peso, gerando uma análise com certa distorção. Segundo esse autor, para se manter a equidade entre os métodos e a comparabilidade entre seus resultados, deve-se manter iguais as magnitudes atribuídas aos pesos de cada critérios avaliado em todos os métodos. Ou seja, deve-se usar o valor de S igual a 1. Esses mesmos comentários valem para o TOPSIS.

Apesar do fato relatado no parágrafo anterior, avaliou-se como importante cômputo dos resultados utilizando valores de S iguais a 2 e ∞ por serem valores clássicos na literatura. Adicionalmente, considera-se que a valorização advinda do uso de $S = 2$, que eleva os pesos e os desvios ao quadrado, causa distorções com relevância reduzida. Além disso, esses resultados trazem uma visão adicional, que provém da valorização dos critérios onde houve maiores desvios.

O valor de $S = \infty$, que foi aplicado para fins de ilustração, leva a resultados iguais para todos os pesos. O uso desse valor de S não trouxe resultados significativos para a escolha das alternativas. Eles mostram que, se forem considerados os desvios máximos há uma considerável mudança no ordenamento das alternativas. Por exemplo, a alternativa 12, que se mostrou bem classificada na maioria dos métodos, fica em penúltimo lugar por apresentar, em algum dos critérios, um desvio em relação à alternativa ideal relativamente maior do que o das outras alternativas. Já as alternativas 6 e 8, que apresentam em todos os outros métodos desempenho intermediário, variando entre a 6ª e a 8ª posição, ficaram em primeiro lugar. Isso se explica pelo fato de, apesar de não estarem próximas da alternativa ideal em todos os critérios, essas alternativas não apresentaram desvios acentuados.

A análise do método de Programação de Compromisso com $S = 1$ mostrou pouca sensibilidade à variação dos pesos. As alternativas 9, 11 e 12 alternaram-se nas 3 primeiras posições, sendo que a 11 permaneceu em 1º lugar em cinco dos seis pesos. As alternativas

10 e 13 permaneceram, respectivamente, na 4ª e 5ª posição. Nas alternativas restantes, também não houve grande variação das posições com os pesos.

Utilizando o valor de $S = 2$ obtiveram-se resultados semelhantes, com as alternativas 9, 11 e 12 alternando-se nas 3 primeiras posições. A principal divergência considerável veio utilizando pesos que priorizam os critérios sociais. Nesse caso, a alternativa 6 ficou em 3º lugar e a 11, sempre bem colocada, ficou em 4º. Isso pode ser explicado como um reflexo inicial da tendência que se tem ao aumentar o valor de S , já que, com $S = \infty$, a alternativa 6 fica em 1º lugar.

6.2.6.4 – TOPSIS

Os resultados apresentados utilizando o método TOPSIS com parâmetro $S = 1$ são os mesmos obtidos para a programação de compromisso com o mesmo valor de S . O fato de o método TOPSIS ser mais completo, porque compara as alternativas com uma solução ideal negativa, dá uma maior credibilidade a esse ordenamento obtido. Em outras palavras, confirma-se que o ordenamento encontrado pela programação de compromisso (que considera a aproximação da melhor condição possível) também é o mesmo quando se leva em conta o afastamento da pior situação.

Para o parâmetro $S = 2$, encontraram-se resultados muito semelhantes a $S = 1$, assim como aconteceu com a programação de compromisso. Outra vez, para os pesos que priorizam os critérios sociais, obteve-se desempenho destacado da alternativa 6 em detrimento da 11.

6.2.6.5 – AHP e Promethee II

Os métodos AHP e Promethee II mostraram resultados muito semelhantes. Ambos apresentaram pouca sensibilidade às variações nos pesos, sendo que quatro das melhores alternativas classificadas foram quase idênticas. Nas quatro primeiras posições, apresentaram-se, respectivamente, as alternativas 11, 12, 9 e 10. As outras alternativas também variaram pouco com a mudança dos pesos. É importante notar que os resultados foram coerentes com os obtidos no TOPSIS e programação de compromisso.

6.2.6.6 – ELECTRE III

O método ELECTRE III apresentou a maior divergência em relação aos outros métodos e em relação às mudanças nos valores dos pesos. A alternativa 12, que nos outros métodos apareceu na maioria das vezes entre a primeira e a terceira posição, apareceu neste método sempre em primeiro lugar. No segundo lugar, a alternativa 10 apareceu em todas as combinações de pesos, mas houve também empates com outras alternativas. A alternativa 11, que apareceu mais vezes em primeiro lugar nos outros métodos ficou duas vezes em segundo lugar (pesos do *Workshop* e priorizando critérios ambientais), mas três vezes em quarto. Percebe-se que a aplicação desse método gerou grande quantidade de alternativas incomparáveis. Isso pode ter acontecido em virtude do limiar de veto aplicado ter sido demasiadamente pequeno quando comparado com os valores a serem atribuídos aos critérios nas planilhas de avaliação.

Tendo em vista o exposto no parágrafo anterior, foi realizada uma tentativa de revisão do valor do parâmetro de veto. A relação sugerida por Bostel (2002) é $v/p = 6,5$. Sugere-se, então, o valor de $v/p = 13$, que é o dobro do usado anteriormente. Desse modo, mantendo $p = 5$, o novo valor do limiar de veto obtido é de $v = 65$. Na Tabela 6.12 são apresentados os resultados obtidos com esse limiar de veto para o ELECTRE III considerando os quatro arranjos de pesos propostos na Tabela 6.8, no *Workshop* e na situação neutra.

Tabela 6.12: Resultados obtidos da aplicação do ELECTRE III com o novo valor do limiar de veto

	Arranjo de pesos escolhido					
	<i>Workshop</i>	Neutro	Ambiental	Econômico	Social	Técnicos
1º (melhor)	9 e 11	9 e 11	9 e 11	11	6	9 e 11
2º	12	12	12	9	5, 12	12
3º	10	10	10	12	8, 10	10
4º	5	5	5	10	1, 2, 3, 4, 7, 9, 11, 13	5
5º	13	6	13	5, 6 e 13	-	6
6º	6 e 7	7 e 13	6 e 7	7	-	13
7º	8	3 e 8	8	3 e 8	-	3 e 7
8º	1, 2, 3 e 4	1, 2 e 4	1, 2, 3 e 4	1	-	8
9º	-	-	-	-	-	1, 2 e 4

Percebe-se que, ao se aplicar o valor de veto mais tolerante, o ordenamento das alternativas se aproxima do que é apresentado nas Tabelas 6.9 a 6.14 para os outros métodos. A exceção é quando se aplica os pesos priorizando critérios sociais, onde também houve problemas com os limiares adotados. Isso serve de exemplo da importância que tem a seleção adequada dos limiares utilizados no ELECTRE.

6.2.6.8 – Comentários gerais sobre os resultados dos métodos multiobjetivo e multicritério

De maneira geral, a proposta foi coerente entre os métodos utilizados. A aplicação dos quatro primeiros grupos de pesos (pesos iguais para todos os critérios, pesos do *Workshop* e os pesos que privilegiam critérios ambientais e econômicos) gerou resultados muito semelhantes, com exceção do ELECTRE, que exigiu uma reavaliação de seus parâmetros. O uso dos outros dois arranjos de pesos (os que privilegiam critérios técnicos e sociais) proporcionou resultados com algumas variações, mas com discrepância relativamente pequena, sendo eles ainda assim coerentes com os outros pesos.

De modo geral, as alternativas 9, 10, 11 e 12 predominaram nas primeiras posições. A Tabela 6.13 e a Figura 6.7 apresentam o resultado da contagem de vezes em que cada uma delas foi classificada nas posições de 1º ao 4º lugar, excluindo os resultados de ELECTRE das Tabelas 6.9 a 6.14 e Programação de Compromisso com $S = \infty$, e considerando os resultados de ELECTRE da Tabela 6.12. Nota-se que a alternativa 11 foi a mais frequente na 1ª posição, o que sugere que ela seja a que mais atende aos objetivos propostos. A alternativa 9 parece ser a mais adequada para a segunda posição, já que aparece 24 vezes na 2ª e quatro vezes na 1ª posição. A alternativa 12 ficou predominantemente classificada em 3º lugar e a alternativa 10 em 4º.

6.2.6.9 – Continuação da aplicação da metodologia de apoio

Os passos de 9 a 13 indicados na metodologia de apoio não foram realizados para a aplicação em Formosa devido a dificuldades diversas. A preparação da aplicação do passo 8, que prevê uma nova consulta a especialistas e/ou atores, demanda considerável quantidade de tempo e recursos financeiros. Isso inviabilizou sua aplicação. No entanto, é possível fazer uma reflexão dos resultados e sua convergência com os interesses da cidade.

Tabela 6.13 – Número de vezes em que as alternativas 9, 10, 11 e 12 se posicionaram da 1ª à 4ª posição

Posição	Alternativa			
	A9	A10	A11	A12
1º lugar	4	0	34	7
2º	24	1	5	11
3º	11	6	0	24
4º	1	34	3	0
Soma	40 vezes	41 vezes	42 vezes	42 vezes

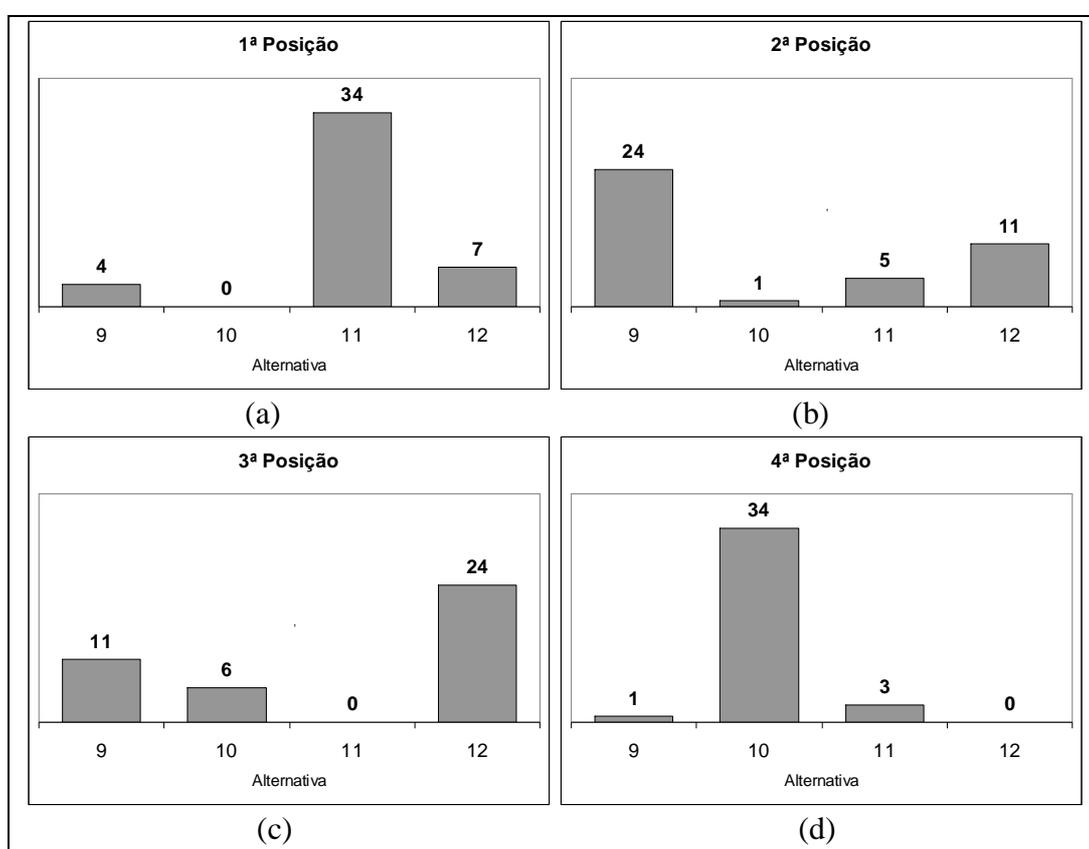


Figura 6.7 – Número de vezes em que as alternativas 9, 10, 11 e 12 se posicionaram na 1ª posição (a), na 2ª (b), na 3ª (c) e na 4ª (d)

Há diversas explicações para o fato de as alternativas 9, 10, 11 e 12 serem consideradas as mais indicadas para Formosa. A principal delas encontra-se no fato de que todas têm em comum o uso do Cotratamento na ETE. Isso é uma informação que vai ao encontro dos planos da SANEAGO, que pretende instalar redes de coleta de esgoto em toda a cidade em um futuro de médio prazo. Utilizando a ETE para tratamento dos lodos, não se fazem necessários investimentos em novas instalações de tratamento e utiliza-se um sistema

relativamente ocioso, já que a ETE-Formosa funciona consideravelmente abaixo de sua capacidade. Também, em decorrência do longo período de tempo entre as limpezas das lagoas de estabilização, pouco investimento em disposição final será necessário. Outro motivo de as alternativas com cotratamento terem sido mais bem classificadas é o fato de a ETE se localizar em região afastada, minimizando impactos diversos.

Segundo Shammam e Wang (2008a), é importante que o plano de gestão de lodos contemple pelo menos duas alternativas, uma primária e outra secundária. A alternativa secundária é definida por esses autores como aquela que não tem necessariamente a mesma confiabilidade e capacidade de gestão dos resíduos, mas que serve como apoio em caso de problemas na alternativa principal. A ideia é que a alternativa secundária absorva temporariamente uma parcela ou a totalidade dos lodos produzidos caso seja necessário.

Levando em consideração esses fatores, pode-se concluir que uma possível estratégia para gestão de lodos de fossas sépticas em Formosa é o uso da alternativa 11 em combinação com uma alternativa que apresente outro tipo de tratamento ou disposição final. Como as alternativas 9, 10 e 12 são muito semelhantes à 11, apresentando o mesmo tratamento, as vantagens da sua adoção como alternativas secundárias são reduzidas. Uma possível alternativa secundária que surge é a 13, que ficou classificada em 5º lugar em grande parte dos métodos multiobjetivo e multicritério. Essa alternativa prevê o transporte direto e a aplicação subterrânea.

Um último comentário a ser levantado diz respeito à aceitação da destinação final prevista pela alternativa 11, que é o uso agrícola. Sabe-se que o uso agrícola de resíduos proveniente de excretas humanas no Brasil ainda é incomum, diferentemente do que ocorre em países orientais. Suspeita-se que pode haver considerável rejeição por parte da população para com essa alternativa. Possivelmente, esse fato pode se dar em virtude da falta de conhecimento do potencial fertilizante dos resíduos de esgoto e da segurança apresentada por essa prática quando há o tratamento adequado do lodo. Também pode haver certa rejeição dos comerciantes e produtores agrícolas, por temerem ver seus produtos associados à presença de excrementos humanos.

Em vista do apresentado no parágrafo anterior, sugere-se que, caso seja escolhido o uso agrícola, sejam feitas campanhas de conscientização da população sobre os benefícios do

uso agrícola e da segurança quando tratado e aplicado nas culturas apropriadas. Caso se constate dificuldade em se vencer essa barreira cultural, a alternativa 12 pode ser uma saída, já que nela muda apenas a destinação final, que é a aplicação subterrânea.

6.2.7. Avaliação da Metodologia de Apoio

A Metodologia de Apoio mostrou relativa simplicidade de aplicação, sendo que a forma adotada de passos tornou a sua aplicação mais racional e objetiva.

As etapas de coletas de dados (passos 2 e 3) confirmaram sua importância ao longo de toda a aplicação da metodologia em Formosa. O levantamento de dados da cidade foi essencial na compreensão da realidade local e no levantamento de alternativas. De maneira similar, a comunicação com atores enriqueceu a análise e facilitou a obtenção de dados sobre a cidade. Muitos desses dados poderiam ser obtidos somente junto com esses atores. No entanto, ressalta-se que essa etapa demanda certa quantidade de tempo e de recursos financeiros, já que foi necessário ao pesquisador deslocar-se sucessivas vezes para coleta de dados em campo e para contato com a realidade existente no local de estudo.

O levantamento de alternativas por meio de sua divisão em partes sequenciais (coleta, transporte, tratamento e destinação final) facilitou a composição das possíveis soluções para a gestão dos lodos. Essa maneira de dividir as alternativas também facilitou na etapa de triagem, onde foi possível uma eliminação direta das opções não viáveis antes mesmo de fazer a composição das alternativas.

O uso de planilhas pontuadas para a avaliação dos critérios pode ser considerado satisfatório, já que foi possível avaliar as alternativas com relativa rapidez e pouca subjetividade. Apesar das limitações encontradas no processo de construção dessas planilhas, considera-se que, com elas, foi possível abordar quantidade suficiente de aspectos relativos à gestão de lodos de fossas sépticas. Um empecilho encontrado no uso das planilhas pontuadas foi que não foram encontradas informações de alguns tipos de tratamento e destinação final para inserção nas tabelas de apoio. Nesse caso, é necessário valer-se da experiência do pesquisador ou da comparação com processos semelhantes para se avaliarem as alternativas.

A utilização de métodos multiobjetivo e multicritério mostrou certa facilidade e rapidez na aplicação. O fato de esses métodos gerarem uma listagem ordenada das alternativas de acordo com seu desempenho tornou mais clara a visualização do grau adequação das alternativas na cidade. Com exceção do método ELECTRE III, as respostas de todos os outros foram convergentes. No entanto, com a reavaliação do limiar de veto, obteve-se um resultado coerente com os outros.

Os resultados obtidos foram coerentes com o que já é realizado pela companhia de saneamento local. Isso confirma que as práticas atuais da gestão dos lodos de fossa são compatíveis com o que a metodologia de apoio indica como sendo a solução que atende aos diversos critérios estabelecidos.

7 – CONCLUSÕES

Como resultado principal deste trabalho, foi desenvolvida uma metodologia de apoio à gestão de lodos de fossas sépticas. Essa metodologia foi composta por treze passos que visam a indicar, para um determinado contexto urbano, as alternativas de gestão dos lodos que melhor atendem aos critérios estabelecidos de acordo com a realidade local e com as preferências dos atores envolvidos.

Quatro classes de objetivos foram consideradas na metodologia proposta: econômico/financeiros, ambientais, sociais e técnicos. Esses objetivos foram desdobrados em oito critérios de avaliação de alternativas. Ao se adotarem esses objetivos, foi inserida na análise uma visão multidisciplinar, onde diferentes dimensões foram consideradas na tentativa de solucionar o problema.

Basicamente, duas abordagens foram utilizadas para se adquirir uma compreensão global da problemática da gestão de lodos de fossas sépticas. A primeira foi a de revisão bibliográfica, composta por uma fundamentação de aspectos teóricos e pela pesquisa de experiências da literatura técnico-científica. A segunda foi a realização de um encontro com especialistas e atores do contexto da gestão dos lodos de fossas sépticas, que foi intitulado “I *Workshop* em Gestão de Lodos de Fossas Sépticas”. As duas abordagens se mostraram satisfatórias, trazendo informações importantes e decisivas para a execução das etapas posteriores.

O *Workshop* consistiu em um evento para reunir especialistas no intuito de discutir a gestão dos lodos de fossas sépticas e coletar dados para formulação da metodologia de apoio à gestão dos lodos de fossas sépticas. Nesse evento foram realizadas palestras e aplicados questionários desenvolvidos com apoio da técnica *Delphi*, devidamente adaptada ao caso. Considera-se que a decisão de se fazer um *workshop* foi acertada, já que o contato com atores e especialistas trouxe idéias, sugestões e informações que contribuiram para a composição das alternativas, para a o desenvolvimento da metodologia de apoio e para a aplicação na cidade de Formosa.

A aplicação dos questionários aos participantes do *Workshop* se mostrou vantajosa pela objetividade, praticidade e rapidez da aplicação. Essa ferramenta mostrou grande potencial de aplicação associada a métodos multiobjetivo e multicritério na área de saneamento. No entanto, deve-se atentar para que a construção de um questionário claro e compreensível seja de preocupação prioritária do pesquisador.

Os dados obtidos no *Workshop* podem servir como referências no estudo da gestão dos lodos de fossas sépticas em uma localidade qualquer. Também podem ser usados quando o analista necessita de uma tomada de decisão rápida, estando ele impossibilitado de uma assessoria especializada, considerando a escassez de dados dessa área no Brasil. No entanto, deve-se lembrar que a pesquisa local com atores é um instrumento essencial para reconhecer as características do local de estudo.

A partir da revisão bibliográfica e com o auxílio do *Workshop* foi possível realizar um levantamento dos principais atores na gestão de lodos de fossas sépticas, suas preferências e outros aspectos pertinentes. Também foram coletadas informações sobre tecnologias diversas utilizadas em todas as etapas da gestão desses lodos.

Para facilidade de composição das alternativas de gestão, foi proposta sua divisão em quatro partes básicas: a forma de coleta dos lodos, o transporte, o tratamento e a destinação final. Essa forma de conceber as alternativas tornou mais racional o levantamento, a visualização e a triagem das possibilidades existentes na localidade em estudo.

A etapa de escolha de critérios de avaliação e a elaboração das planilhas pontuadas que medem os desempenhos das alternativas de acordo com esses critérios foi considerada de importância central neste trabalho, constituindo um dos maiores desafios apresentados. Isso também se deveu à reduzida quantidade de trabalhos científicos que tratam especificamente da gestão dos lodos de fossas sépticas. Os indicadores e parâmetros utilizados na proposta de avaliação dos critérios foram criados pelo pesquisador ou adaptados de outras áreas de saneamento, como da gestão de águas residuárias, drenagem urbana, resíduos sólidos, e outras.

Um dos grandes problemas enfrentados na definição de critérios a serem utilizados foi a dificuldade em sua mensuração. Foi necessário realizar uma conversão de valores

subjetivos, provenientes de conceitos intangíveis, para escalas de medição numérica. Acredita-se que a tentativa de reduzir esse grau de intangibilidade constitui um dos principais avanços trazidos pela metodologia de apoio. Apesar disso, deve-se lembrar que as planilhas de avaliação desenvolvidas devem estar sempre em processo de aperfeiçoamento. Eventuais problemas apresentados por elas tendem a ser sanados com seu uso constante em várias e diversas alternativas aplicadas a vários casos de estudo.

Para a aplicação da metodologia de apoio, foi escolhida a cidade de Formosa, em Goiás, por se tratar de um local onde há a presença marcante das fossas sépticas. Além disso, essa cidade apresenta características e problemas muito comuns a outros municípios brasileiros.

A única opção disponível de coleta dos lodos para a cidade de Formosa foram os caminhões tanque de grande porte. O transporte pode ser feito de maneira direta ou mista. Para o tratamento, cinco opções se mostraram viáveis: adensamento com leitões de secagem, estabilização alcalina, *wetlands*, compostagem isolada e o cotratamento na ETE. As opções de destinação final foram duas: aplicação superficial (uso agrícola) e aplicação subterrânea (*landfarming*).

A Metodologia de Apoio mostrou-se eficiente em sua aplicação na cidade, com relativa simplicidade operacional. Os resultados obtidos foram coerentes com o que já é realizado pela companhia de saneamento local. Isso confirma que as práticas atuais da gestão dos lodos de fossa são compatíveis com o que a metodologia de apoio indica como sendo a solução que atende aos diversos critérios estabelecidos. Com exceção do ELECTRE III, as respostas de todos os outros métodos foram convergentes em uma primeira análise. No entanto, com a revisão do limiar de veto aplicado, o ELECTRE III forneceu resultado compatível com os outros métodos. Esse fator reforça a coerência dos resultados obtidos e mostra a importância de uma escolha adequada dos limiares do ELECTRE III.

De maneira geral, a metodologia indicou resultados pertinentes para a cidade de Formosa, mostrando-se promissora para aplicações futuras em novos casos, para seu aperfeiçoamento. Ela também tem potencial para servir base ou ponto de partida para pesquisas semelhantes relativas à gestão de lodos de fossas sépticas ou outras áreas de saneamento.

A seguir são apresentadas recomendações para trabalhos futuros:

- Complementar a metodologia de apoio para possibilitar sua aplicação em ambientes não urbanos, como áreas rurais ou ambientes praianos. Esse trabalho envolveria reavaliação de premissas e dados levantados neste trabalho, como atores e alternativas de solução. Também seria necessária uma revisão e adequação dos critérios e de suas planilhas avaliação;
- Aplicar a metodologia de apoio a outras localidades urbanas, para seu aperfeiçoamento. Sugere-se que essas aplicações sejam feitas em uma série de locais com características diferentes, população e densidade populacional variadas, níveis socioeconômicos diversificados, etc.;
- Realizar verificação externa dos resultados obtidos na cidade de Formosa como forma de avaliar o desempenho da metodologia de apoio. Essa aplicação deve incluir consulta a gestores e outros atores, além de pesquisadores e especialistas em saneamento e desenvolvimento urbano;
- Realizar consultas a atores e especialistas utilizados outras técnicas de aquisição de dados em grupos de pessoas;
- Definir outros critérios ou indicadores capazes de obter mais características dos locais de estudo, de forma que se possa construir uma descrição mais exata do problema estudado. Com aquisição de mais informações desse tipo, no futuro, poderá ser construído um banco de dados de critérios, com diversos meios de serem mensurados. A depender das características do local de estudo, poderão ser escolhidos os critérios mais adequados e sua forma de avaliação;
- Aplicar a metodologia de apoio com outros métodos multiobjetivo e multicritério, inclusive outras versões dos métodos utilizados neste trabalho;
- Desenvolver ferramentas ou programas computacionais que auxiliem na aplicação da metodologia de apoio, incluir também a aplicação de métodos multiobjetivo e multicritério.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993). *NBR 7.229: Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos*, Rio de Janeiro, 15p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). *NBR 13.969: Tanques Sépticos – Unidade de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos – Projeto, Construção e Operação*, Rio de Janeiro, 60p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). *NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação*, Rio de Janeiro, 68p.
- Braga, B. e Gobetti, L. (2002). “Análise Multiobjetivo”, In: Porto, R.L. (Org.) *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*, Editora da UFGRS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2 ed., Porto Alegre, 361-420.
- Brasil (1988). Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 3 abril 2008.
- Brasil (1997). *Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 4 abril 2008.
- Brasil (2003). *Diagnóstico das Condições de Saneamento nos Municípios do Entorno de Brasília – DF: Relatório Técnico*. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília, 379p.
- Brasil (2007a). *Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 25 fevereiro 2008.
- Brasil (2007b). *Projeto de Lei Nº 1.991, apresentado em 11 de setembro de 2007*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 24 abril 2008.
- Brostel, R.C. (2002). *Formulação de Modelo de Avaliação de Desempenho Global de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETEs)*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 281p.
- Campos, J.R., Povinelli, S.C.S, Aisse, M.M., Souza, M.A.A., Samways, G., Além Sobrinho, P. (2009). “Tratamento Combinado de Lodo de Tanque Séptico e de Fossas com Esgoto Sanitário”, In: Andreoli, C.V. (coord.) *Lodo de Fossa e Tanque*

- Séptico: Caracterização, Tecnologias de Tratamento, Gerenciamento e Destino Final*, Editora ABES, Curitiba, 181-282.
- Carvalho, H.M. (1978). *Introdução à teoria do planejamento*, editora brasiliense, 2 ed. São Paulo, 176p.
- Chankong, V. e Haimes, Y.Y. (1983). *Multiobjective Decision Making: Theory and Methodology*, North-Holland, Nova Iorque, Estados Unidos, 406p.
- Chauvet, G. (2005). *Brasília e Formosa: 4500 anos de História*, Editora Kelps, Goiânia, 488p.
- Chernicharo, C.A.L. (2007). *Reatores Anaeróbios*, Editora UFMG, 2 ed., Belo Horizonte, 380p.
- Cohon, J.L. e Marks, D.H. (1975). “A Review and Evaluation of Multiobjective Programming Techniques”, In: *Water Resources Research*, **11**(2), 208-220.
- Cordeiro Netto, O.M., Parent, E. e Duckstein, L. (1993). “Métodos Multicritério Aplicados ao Planejamento de Recursos Hídricos: o Caso da Escolha de um Sítio de Barragem de Regularização no Sudoeste da França - Parte 1 - Discussão Teórica.” In: *Anais do X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Gramado, v. 1, 327-336.
- Cordeiro Netto, O.M., Souza, M.A.A., Carneiro, G.A., Neri, L.J.A.L. e Lopes Júnior, R.P. (2000). “Uma metodologia para análise tecnológica de sistemas com reatores biológicos anaeróbios para tratamento de águas residuárias municipais”, In: *Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. I, Porto Alegre, 1-14.
- Dionne, J., Laville, C. (1998) *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*, Editora Artes Médicas Sul Ltda e Editora UFMG, Porto Alegre e Belo Horizonte, 344p.
- Faro, A.C.M. (1997). “Técnica Delphi na Validação das intervenções de Enfermagem”, In: *Revista da Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo*, 31(1), 259-273.
- Fernandes, F., Lopes, D.D., Andreoli, C.V. e Silva, S.M.C.P. (2001). “Avaliação de Alternativas e Gerenciamento do Lodo na ETE”, In: Andreoli, C.V., Sperling, M. e Fernandes, F. (eds.) *Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final*, Editora UFMG, Belo Horizonte, 299-317.
- Fiuza Júnior, A.P., Philippi, L.S. (2005). “Uma Análise da Gestão do Saneamento Descentralizado em Município de Médio Porte – Estudo de Caso: Blumenau – SC”, In: *23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Campo Grande, 1-7.

- Goicoechea, A., Hansen, D.R., Duckstein, L. (1982). *Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications*, John Wiley & Sons, Nova Iorque, Estados Unidos, 519p.
- Gomes, L.F.A.M., Araya, M.C.G. e Carignano, C. (2004). *Tomada de Decisões em Cenários Complexos: Introdução aos Métodos Discretos do Apoio Multicritério à Decisão*, Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 168p.
- Harada, A. L. (1999). *Metodologias para a Seleção de Soluções de Coleta, Tratamento e Disposição de Esgotos em Condomínios do Distrito Federal*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 186p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004). *Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente*, 2 ed., Rio de Janeiro, 332p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009). *IBGE cidades@*, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 03 julho 2009.
- Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura no Brasil – IICA (2008). *A experiência do município de Formosa na geração de capacidades para o desenvolvimento com enfoque nas cadeias produtivas*, Relatório da Ação de Cooperação Técnica com o município de Município de Formosa/GO, 90p.
- Ingallinella, A.M., Sanguinetti, G., Koottatep, T., Montangero, A. e Strauss M. (2002). “The challenge of faecal sludge management in urban areas – strategies, regulations and treatment options”, In: *Water Science and Technology*, **46**(10), 285-294.
- Jordão, E.P. e Pessoa, A.P. (2005). *Tratamento de Esgotos Domésticos*, Editoração Eletrônica SEGRAC, 4 ed., Rio de Janeiro, 932p.
- Kayo, E.K. e Securato, J.R. (1997). “Método Delphi - Fundamentos Críticas e Vieses”, In: *Cadernos de Pesquisa em Administração*, **1**(4), 51-61.
- Klingel, F., Montangero, A., Koné, D. e Strauss, M. (2002). *Fecal Sludge Management in Developing Countries: A Planning Manual*, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology, Department for Water and Sanitation in Developing Countries. Disponível em <<http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec>>. Acesso em: 28 fevereiro 2008.
- Koontz, H. e O'Donnell, C. (1974). *Fundamentos da Administração*, Livraria Pioneira Editora, São Paulo, 580p.
- Koottatep, T., Polprasert, C., Oanh, N.T.K., Heinss, U., Montangero, A. e Strauss, M. (2008a). *Potentials of Vertical-flow Constructed Wetlands for Septage Treatment in Tropical Regions*. Swiss Federal Institute for Environmental Science and

- Technology, Department for Water and Sanitation in Developing Countries. Disponível em <<http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec>>. Acesso em: 28 fevereiro 2008.
- Koottatep, T., Surinkul, N., Polprasert, C., Kamal, A.S.M., Koné, D., Montangero, A., Heinss, U. e Strauss, M. (2008b). *Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate – Lessons learnt after seven years of operation*. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology, Department for Water and Sanitation in Developing Countries. Disponível em <<http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec>>. Acesso em: 28 fevereiro 2008.
- Linstone, H.A. e Turoff, M. (eds.) (2002). *The Delphi Method: Techniques and Application*, Versão eletrônica gratuita. Disponível em: <<http://is.njit.edu/pubs/delphibook/>>. Acesso em: 06 abril 2008.
- Lupatini, G., Andreoli, C.V. Castro, R.A., Borges, N.B., Campos, J.R., Barbosa, A.J.S., Araújo, A.L.C., Andrade Neto, C.O., Yamada, F. e Coltro, D.Z. (2009). “Tratamento de lodo de fossa/tanque séptico”, In: Andreoli, C.V. (coord.) *Lodo de Fossa e Tanque Séptico: Caracterização, Tecnologias de Tratamento, Gerenciamento e Destino Final*, Editora ABES, Curitiba, 76-180.
- Medeiros, M. (2005). *Questionários: Recomendações para Formatação*, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília, 45p.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, Tchobanoglous, G. e Burton F.L. (eds.), 3 ed., Editora McGraw-Hill, Nova Iorque, Estados Unidos, 1336p.
- Motta, P.R. (1999). *Gestão Contemporânea: A Ciência e a Arte de Ser Dirigente*, Editora Record, 10 ed., Rio de Janeiro, 256p.
- Oliver, I. (2002). “An expert panel-based approach to the assessment of vegetation condition within the context of biodiversity conservation Stage 1: the identification of condition indicators”, In: *Ecological Indicators*, 2(3), 223-237.
- Pinto, M.T. (2001). “Higienização de Lodos”, In: Andreoli, C.V., Sperling, M. e Fernandes, F. (edit.) *Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final*, Editora UFMG, Belo Horizonte, 261-298.
- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2002). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 397p.
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2010). *Índice de Desenvolvimento Humano - Municipal, 1991 e 2000*. Disponível em:

- <[http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH-M%2091%2000%20Ranking%20decrecente%20\(pelos%20dados%20de%202000\).htm](http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH-M%2091%2000%20Ranking%20decrecente%20(pelos%20dados%20de%202000).htm)> . Acesso em: 11 Maio 2010.
- Polprasert, C. (2007) *Organic Waste Recycling: Technology and Management*, IWA Publishing, Bangkok, Tailândia, 536p.
- Ribeiro, H.K.S.S. (2003) *Avaliação de Desempenho Ambiental em Estações de Tratamento de Água*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 144p.
- Saaty, T.L. (1991). *Método de Análise Hierárquica*, McGraw Hill - Makron Books, São Paulo, 367p.
- Santos, A., Vidotto, L.S. e Giublin, C.R. (2005). “A utilização do método Delphi em pesquisas na área da gestão da construção”, In: *Ambiente Construído*, 5(2), 51-59.
- Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás (2003). *Plano Diretor do Município de Formosa/GO*. Goiânia, 188p.
- Schmidt, T. (2005). *Planos de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: avaliação da arte no Brasil, comparação com a situação na Alemanha e proposições pra uma metodologia apropriada*. Publicação do Ministério do Meio Ambiente, Recife, 84p.
- Shammas, N.K. e Wang, L.K. (2008a). “Process Selection of Biosolids Management Systems”, In: Wang, L.K., Shammas, N.K. e Hung, Y.T. (eds.), *Biosolids Engineering and Management*, Humana Press, 691-743.
- Shammas, N.K. e Wang, L.K. (2008b). “Transport and Pumping of Sewage Sludge and Biosolids”, In: Wang, L.K., Shammas, N.K. e Hung, Y.T. (eds.), *Biosolids Engineering and Management*, Humana Press, 1-64.
- Solomon, C., Casey, P., Mackne, C. e Lake A. (1998). *Septage Management*. Fact sheet, Environmental Technology Initiative, 4p.
- Souza, M.A.A. (2007). *Notas de Aula da Disciplina Análise de Sistemas Ambientais*, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília.
- Souza, M.A.A. (2007). *Proposta de criação de um Núcleo de Apoio na Universidade de Brasília à estruturação da prestação dos serviços de limpeza pública e de manejo dos resíduos sólidos urbanos na RIDE*, Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – UnB, Universidade de Brasília.
- Souza, M.A.A., Cordeiro, B.S. e Silva, C.L., (2009). “Avaliação Multiobjetivo e Multicritério de Alternativas de Gestão de Lodos de Fossa/Tanque Séptico”, In: Andreoli, C.V. (coord.) *Lodo de Fossa e Tanque Séptico: Caracterização*,

- Tecnologias de Tratamento, Gerenciamento e Destino Final*, Editora ABES, Curitiba, 327-374.
- Souza, M.A.A. e Cordeiro Netto, O.M., (2000). “Análise Tecnológica Multiobjetivo de Alternativas para Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios”, In: Chernicharo, C.A.L. (coord.) *Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios – Coletânea de Trabalhos Técnicos – Volume 1*, FINEP, Belo Horizonte, 205-220.
- Sperling, M. (1996). *Lagoas de Estabilização*, Editora UFMG, Belo Horizonte, 134p.
- Strauss, M., Barreiro, W.C., Steiner, M., Mensah, A., Jeuland, M., Bolomey, S., Montangero, A. e Koné, D. (2008). *Urban Excreta Management – Situation, Challenges, and Promising Solutions*. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology, Department for Water and Sanitation in Developing Countries. Disponível em <<http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec>>. Acesso em: 28 fevereiro 2008.
- Strauss, M. e Montangero, A. (2008). *F.S. Management – Review of Practices, Problems and Initiatives*, Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology, Department for Water and Sanitation in Developing Countries. Disponível em <<http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec>>. Acesso em: 28 fevereiro 2008.
- Vergara, F.E., Mol, J.M.D., Souza, M.A.A. e Cordeiro Netto, O.M. (2004). “Aplicabilidade do Método de Análise Multiobjetivo TOPSIS à Gestão dos Recursos Hídricos” In: *Anais do III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste*, v. 1, Goiânia, 1-13.
- U.S. Environmental Protection Agency (1999). *Decentralized Systems Technology Fact Sheet: Septage Treatment/Disposal*, Washington, Estados Unidos, 7p.
- U.S. Environmental Protection Agency (1994). *Landfarming*, 30p. Disponível em: <http://www.epa.gov/OUST/pubs/tum_ch5.pdf>. Acesso em 25 outubro 2008.
- U.S. Environmental Protection Agency (1984). *Handbook: Septage Treatment and Disposal*, Cincinnati, Estados Unidos, 318p.
- Zuffo, A.C. (1998). *Seleção e Aplicação de Métodos Multicriteriais no Planejamento Ambiental de Recursos Hídricos*. Tese de Doutorado, EESC-USP, São Carlos, 301 p.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS EM APUD

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). *NBR 13.894: Tratamento no solo (landfarming)*, Rio de Janeiro.
- Dhillon, B.S. (1983). *Reliability engineering in systems design and operation*. Van Nostrand Reinhold Company Inc., Nova Iorque, Estados Unidos.
- Gershon, M., Duckstein, L., Mcaniff, R. (1982). *Multiobjective River Basin Planning with Qualitative Criteria*, Water Resources Research, Washington, **18**(2),193-202.
- Harsanyi, J.C. (1977). *Rational Behavior and Bargaining Equilibrium in Games and Social Situations*, Cambridge University Press, Cambridge e Londres, Reino Unido.
- Skalka, J.M., Bouyssou, D., Valée, D. (1992). *ELECTRE III-IV – Aspects Méthodologiques et Guide d’Utilisation*, Universidade de Paris-Dauphine, Document du LAMSADE n° 25, 4 ed., 116p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO NO I WORKSHOP EM GESTÃO DE LODOS DE FOSSAS SÉPTICAS



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL
E RECURSOS HÍDRICOS



Questionário – Gestão de Lodos de Fossas Sépticas

Responda as questões a seguir marcando um X ao lado das alternativas que julgar relevantes. Caso queira adicionar outras respostas não citadas ou fazer comentários adicionais sobre a questão ou a temática envolvida, escreva livremente no espaço abaixo de cada questão. Se for necessário espaço adicional, escreva no verso.

1. De maneira abrangente, em que contextos estão inseridos os problemas advindos de uma gestão inadequada dos lodos de fossas sépticas?

(Marque X abaixo da seta)



Ambiental... ..	<input type="checkbox"/>
Sanitário (saúde pública)... ..	<input type="checkbox"/>
Social... ..	<input type="checkbox"/>
Outros (escreva abaixo se houver ou comente)	<input type="checkbox"/>

2. Quais são os principais problemas causados pela gestão inadequada dos lodos de fossas sépticas?

(Marque X abaixo da seta)



Contaminação de mananciais, superficiais e subterrâneos, por despejos irregulares... ..	<input type="checkbox"/>
Eutrofização de corpos d'água naturais... ..	<input type="checkbox"/>
Propagação de doenças de veiculação hídrica... ..	<input type="checkbox"/>
Propagação de vetores de doenças... ..	<input type="checkbox"/>
Problemas estéticos (odores, degradação paisagística, etc)... ..	<input type="checkbox"/>
Outros problemas (escreva abaixo se houver ou comente)	<input type="checkbox"/>

3. Quais são os objetivos principais de um plano de gestão dos lodos de fossas sépticas que vise a sanar os problemas anteriormente citados?

(Marque X abaixo da seta)



Preservação ambiental... ..	<input type="checkbox"/>
Melhorias em saneamento e saúde... ..	<input type="checkbox"/>
Confiabilidade na operação... ..	<input type="checkbox"/>
Viabilidade econômica / financeira... ..	<input type="checkbox"/>
Desenvolvimento econômico... ..	<input type="checkbox"/>
Desenvolvimento social... ..	<input type="checkbox"/>
Outros objetivos <i>(escreva abaixo se houver ou comente)</i>	<input type="checkbox"/>

4. Quais são os principais interessados (grupos de pessoas ou instituições) na gestão dos lodos de fossas sépticas?

(Marque X abaixo da seta)



Usuários das fossas sépticas... ..	<input type="checkbox"/>
Companhias de saneamento... ..	<input type="checkbox"/>
Órgãos governamentais de meio ambiente ou recursos hídricos... ..	<input type="checkbox"/>
Empresas de limpeza de fossas... ..	<input type="checkbox"/>
Pessoas que realizam o aproveitamento do lodo (por exemplo, uso agrícola)... ..	<input type="checkbox"/>
Outros envolvidos <i>(escreva abaixo se houver ou comente)</i>	<input type="checkbox"/>

5. Em sua opinião, com qual relevância as expectativas de cada um desses envolvidos devem ser consideradas na escolha de alternativas de gestão de lodos de fossas sépticas?

(Dê uma nota de 0 a 10 abaixo da seta)



Usuários das fossas sépticas (domésticos ou comerciais)... ..	<input type="checkbox"/>
Companhias de saneamento... ..	<input type="checkbox"/>
Órgãos governamentais de meio ambiente ou recursos hídricos... ..	<input type="checkbox"/>
Empresas de limpeza de fossas... ..	<input type="checkbox"/>
Pessoas que realizam o aproveitamento do lodo (por exemplo, uso agrícola)... ..	<input type="checkbox"/>
Outros envolvidos <i>(escreva abaixo se houver ou comente)</i>	<input type="checkbox"/>

6. Quais critérios você considera relevantes na comparação de alternativas de gestão dos lodos de fossas sépticas possíveis de serem adotadas em uma localidade?

(Marque X abaixo da seta)



Custo de implantação... ..	↓
Custo total de operação e manutenção... ..	
Custo para os moradores da região atendida e outros usuários do sistema... ..	
Geração de renda a partir do aproveitamento do lodo... ..	
Diminuição de doenças ligadas à disposição inadequada dos lodos... ..	
Melhoria na qualidade da água dos mananciais (superficiais, subterrâneos, etc)... ..	
Reflexos sociais benéficos (melhoria na qualidade de vida, criação de empregos, etc)...	
Complexidade da operação... ..	
Risco de falhas na operação... ..	
Flexibilidade para futuras expansões do sistema... ..	
Aceitação pelas autoridades políticas... ..	
Aceitação pela população... ..	
Visibilidade política... ..	
Outros critérios (escreva abaixo se houver ou comente)	

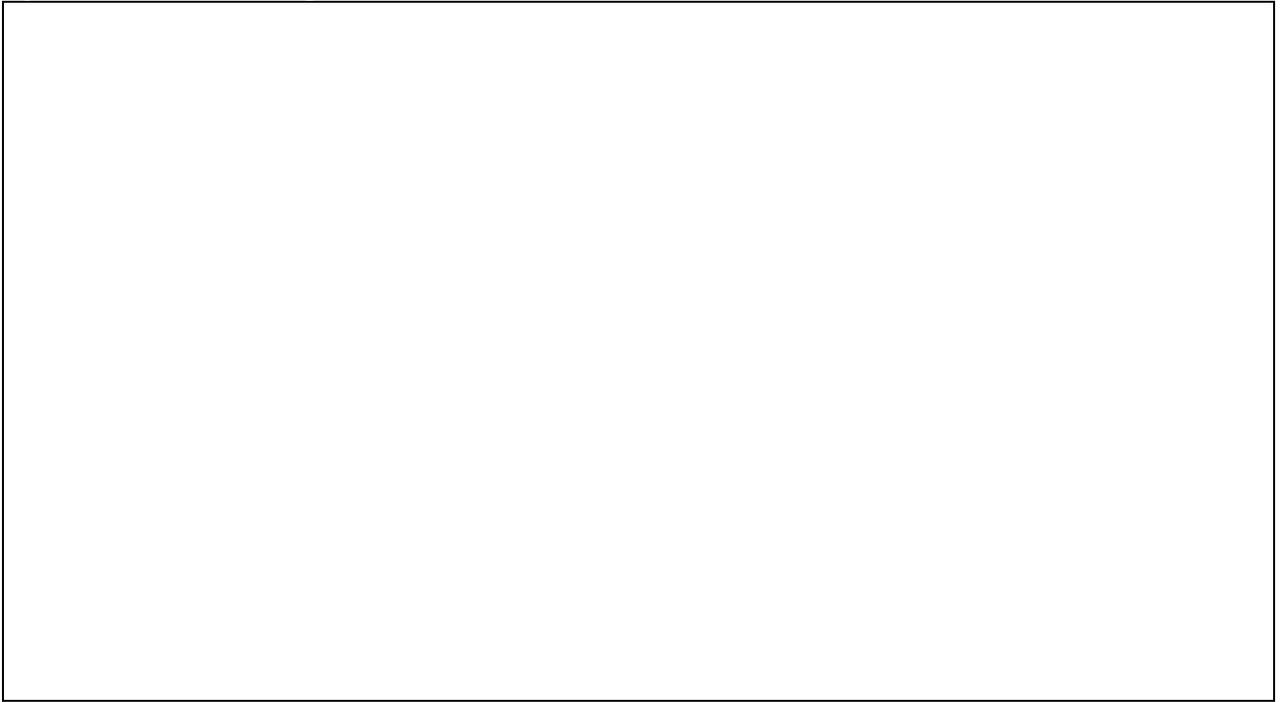
7. Levando em conta a questão anterior, avalie a importância de cada um dos critérios escolhidos.

(Dê uma nota de 0 a 10 abaixo da seta)



Custo de implantação... ..	↓
Custo total de operação e manutenção... ..	
Custo para os moradores da região atendida e outros usuários do sistema... ..	
Geração de renda a partir do aproveitamento do lodo... ..	
Diminuição de doenças ligadas à disposição inadequada dos lodos... ..	
Melhoria na qualidade da água dos mananciais (superficiais, subterrâneos, etc)... ..	
Reflexos sociais benéficos (melhoria na qualidade de vida, criação de empregos, etc)...	
Complexidade da operação... ..	
Risco de falhas na operação... ..	
Flexibilidade para futuras expansões do sistema... ..	
Aceitação pelas autoridades políticas... ..	
Aceitação pela população... ..	
Visibilidade política... ..	
Outros critérios (escreva abaixo se houver ou comente)	

Sugestões e críticas a respeito deste formulário

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for users to provide suggestions and criticisms regarding the form.