



ANÁLISE DE CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA DE LOCALIZAÇÃO
INDUSTRIAL SOB A PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Vitor Azevedo Rodrigues

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Carlos Alberto Nunes
Cosenza

Rio de Janeiro
Novembro de 2016

ANÁLISE DE CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA DE LOCALIZAÇÃO
INDUSTRIAL SOB A PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Vitor Azevedo Rodrigues

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Carlos Alberto Nunes Cosenza, Ph.D.

Prof. Francisco Antônio de Moraes Accioli Doria, Ph.D.

Prof. Carlos Frederico de Oliveira Barros, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
NOVEMBRO DE 2016

Rodrigues, Vitor Azevedo

Análise de contribuição metodológica de localização industrial sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável / Vitor Azevedo Rodrigues – Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE, 2016.

XIV, 130 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 113 – 122.

1. Localização industrial. 2. Desenvolvimento sustentável 3. Lógica Fuzzy. I. Cosenza, Carlos Aberto Nunes. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Antônio Morim

Carlos Alberto Cosenza

Carlos Frederico Barros

Eduardo Granato

Eduardo Sá Fortes

Edison Conde

Fabio Krykhtine

Francisco Doria

Getúlio Marques

Jesus More

Lindalva Araújo

Paulo Reis

Rodolfo Cardoso

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ANÁLISE DE CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA DE LOCALIZAÇÃO
INDUSTRIAL SOB A PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Vitor Azevedo Rodrigues

Novembro/ 2016

Orientador: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Programa: Engenharia de produção

Esta dissertação apresenta uma análise de contribuições metodológicas a estudos de localização industrial, trata-se de uma pesquisa nas áreas de concentração das engenharias e planejamento urbano e regional. A análise considera a necessidade urgente para resolução de questões de planejamento urbano, objeto de atenção iminente das políticas atuais às questões socioambientais e à geração de fontes alternativas de energia sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável. São examinados indicadores de desenvolvimento sustentável, legislação e normas específicas além de metodologias de localização industrial. O principal viés analítico da abordagem aponta sistemas com base em lógica Fuzzy como ferramentas factíveis devido à propensão de tratar tomada de decisão em ambientes complexos. Ambientes de tomada de decisão com fontes de incerteza, imprecisão e incompletude, a necessidade de mapas que possam envolver diretrizes estratégicas e agregar perspectivas de múltiplos atores de um determinado universo justificariam o tipo de abordagem. Um dos pontos da análise de contribuições seria a identificação de indicadores de sustentabilidade em performance ou de eficiência que possam compor um referencial para critérios em processos de localização e hierarquização.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

CONTRIBUTION METHODOLOGY ANALYSIS OF INDUSTRIAL LOCATION
UNDER THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Vitor Azevedo Rodrigues

November/ 2016

Advisor: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Department: Industrial Engineering

This dissertation presents an analysis of methodological contributions to industrial location studies, it is a survey of engineering and urban planning concentration areas. The analysis considers the urgent need to solve urban planning issues, imminent object of attention of current policies on environmental issues and the generation of alternative sources of energy in the perspective of sustainable development. Sustainable development indicators, specific legislation and standards as well as methodologies for industrial location are explored. The main focus indicates Fuzzy logic based systems as feasible tools due to the propensity to treat decision making in complex environments, information as sources of uncertainty, vagueness and incompleteness, the need for maps that can contain strategic guidelines and sum multiple actors perspectives of a particular universe. The contributions of analysis points identification of sustainability indicators in performance or efficiency in order to reference localization and hierarchy processes criteria.

SUMÁRIO

Conteúdo

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2 PANORAMA E CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2.1 Gestão de Resíduos no Brasil.....	1
1.2.2 Políticas Públicas de Resíduos	1
1.2.3 Perspectivas na Geração de Energia.....	2
1.2.4 Usinas de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos	2
1.2.5 Problemática de Localização da Tipologia	3
1.2.6 Riscos e Passivos Socioambientais	3
1.3 OBJETO.....	4
1.4 OBJETIVOS	4
1.5 MOTIVAÇÃO	5
1.5.1 Perguntas Norteadoras.....	5
1.6 JUSTIFICATIVA.....	6
1.7 METODOLOGIA	7
1.7.1 Classificação da Pesquisa.....	7
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	10
2. A NECESSIDADE E APLICAÇÃO DE INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	11
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	11
2.2. INDICADORES.....	13
2.3 INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	14
2.3.1 Indicadores da Comissão de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas.....	14
2.3.2 Experiências em Indicadores de Desenvolvimento	19
2.3.3 Síndromes de Mudança Global	21
2.3.4 Riscos de Mudança Global.....	32
3. RELAÇÕES GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E GERAÇÃO DE ENERGIA	47
3.1 MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO	47
3.2 POLUIÇÃO ZERO	47
3.3 CUSTO ASSOCIADO À REDUÇÃO NA FONTE	48
3.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA	49

3.5 WASTE TO ENERGY (WTE)	51
3.6 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA TRATAMENTO TÉRMICO.....	52
3.7 A PROBLEMÁTICA DE ESCOLHA DE TECNOLOGIA	53
3.7.1 Mercado, Escala e Localização	54
4. ANÁLISE DE TEORIAS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL	56
4.1 TEORIAS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL	56
4.1.1 Modelo EPRI <i>Siting Guide</i>	58
4.1.2 Segurança e Gerenciamento de Riscos de Sítios Nucleares	63
4.1.3 Modelo de Análise Hierárquica Coppe-Cosenza	65
5. DISPOSIÇÕES INFORMATIVAS E NORMATIVAS NACIONAIS SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	73
5.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	73
5.2 PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	75
5.3 POLÍTICAS COMPLEMENTARES.....	78
5.4 RESOLUÇÕES DO CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE	80
5.5 NORMAS DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS	84
5.6 PROCEDIMENTOS DO MINISTÉRIO DAS CIDADES E MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE	86
5.7 SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO.....	88
5.7.1 Unidades de Processamento	89
5.7.2 Indicadores do Sistema.....	94
5.7.3 Informações do Sistema	96
5.8 SÍNTESE ANALÍTICA DA CONTRIBUIÇÃO	101
6. CONCLUSÕES – CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	103
6.1 CAMPO DE ATUAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE DISCUSSÃO	103
6.2 ASPECTOS TEMÁTICOS PARA DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS	104
6.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS LOCALACIONAIS SOCIOAMBIENTAIS	104
6.4 FONTES E RECURSOS INFORMACIONAIS	104
6.5 QUADROS DE CONTRIBUIÇÕES PARA CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL	105
6.6 QUADROS DE EVIDÊNCIA	108
6.7 MAPA DE CAMINHOS CRÍTICOS DAS CONTRIBUIÇÕES.....	110
6.8 TRABALHOS FUTUROS.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXO I - ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	123

1 LICENCIAMENTO AMBIENTAL	123
2 IMPACTO AMBIENTAL	124
3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	124
4 ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL	125
5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	127
5.1 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL	127
5.2 ABORDAGEM FUZZY PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Dados para informação (Adaptado de Segnestan 2002).....	14
Figura 2 - Barreira de segurança “crash barrier” (WGBU 1997).....	26
Figura 3 - Área normal, transição e proibida (WGBU 2000).....	35
Figura 4 - Árvore de decisão para classificação de riscos de mudança global (Tradução WGBU 2000).	40
Figura 5 - Classes de riscos e suas distribuições sobre as áreas (WGBU 2000).	41
Figura 6 - Exemplo de aplicação dos critérios de avaliação de riscos no contexto do conceito guard rail corredor (WGBU 2000).	44
Figura 7 - Tendência de geração de resíduos industriais no conceito Poluição Zero (Adaptação de KANAYAMA 1999 <i>apud</i> REIS et al 2012).....	48
Figura 8 - Diagrama de indicadores - Exemplo de avaliação de um país (adaptação de REIS et al 2012).	51
Figura 9 - Simulação de função de pertinência de fatores de demanda (COSENZA 2014).	71
Figura 10 - Simulação de função de pertinência de fatores de oferta (COSENZA 2014).	71
Figura 11 - Mapa de caminhos críticos das contribuições	111

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Perguntas Norteadoras	6
Quadro 2 - Classificação da pesquisa segundo área de conhecimento (Referência CNPq).	8
Quadro 3 - Classificação da pesquisa segundo finalidade/objetivo.	9
Quadro 4 - Classificação da pesquisa segundo métodos/meios.	10
Quadro 5 - Resumo dos principais acontecimentos relacionados ao desenvolvimento sustentável. (Fonte: DIAS 2006).....	12
Quadro 6 - Indicadores de Desenvolvimento Sustentável CSD. (Fonte: UNITED NATIONS 2007).	16
Quadro 7 - Extrato do Quadro de Temas de Indicadores CSD. (Fonte: UNITED NATIONS 2001).	19
Quadro 8 - Experiência em indicadores de desenvolvimento sustentável - nível global e nacional.	20
Quadro 9 - Problemas Centrais de Mudança Global (adaptação de WBGU 1997).	22
Quadro 10 - Critérios de relevância para pesquisa em tópicos sobre Mudança Global (Tradução e adaptação de WBGU 1997).....	22
Quadro 11 - Síndromes de Mudança Global (tradução e adaptação de WBGU 1997).	23
Quadro 12 - Tipologias de Associação de Síndromes de Mudança Global (tradução e adaptação de WBGU 1997).	24
Quadro 13 - Relação Síndromes X Problemas centrais (Syndromes X Core Problems) (Adaptação de WBGU 1997).	28
Quadro 14 - Extrato Ranking Síndromes X critérios relevantes (tradução e adaptação de WBGU 1997).	30
Quadro 15 - Categorias de síndromes segundo criticidade/prioridade (Adaptação de WBGU 1997).	31
Quadro 16 - Panorama das classes de riscos – caracterização (Tradução e adaptação WGBU 2000).	39
Quadro 17 - Avaliação de riscos sob o conceito guard rail (Adaptação e tradução WGBU 2000).	42
Quadro 18 - Tipologia de vulnerabilidade a síndromes de mudança global (Adaptação e tradução WGBU 2000).....	45
Quadro 19 - Tipologia de riscos	46
Quadro 20 - Hierarquia das opções da gestão ambiental (KANAYAMA 1999 apud REIS et al 2012)	49
Quadro 21 - Indicadores de sustentabilidade energética (Helio International 2000 apud REIS et al 2012).....	50
Quadro 22 - Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos (BNDES 2014)	52
Quadro 23 - Teorias de localização industrial (adaptação MARTINS 2010)	57
Quadro 24 - Aplicação de critérios de seleção (Adaptação EPRI 2002).....	60
Quadro 25 - Aspectos de seleção de sítios (Adaptação EPRI 2002).....	60
Quadro 26 - Classificação de agressões externas (Adaptação GUIMARÃES 2010).....	63
Quadro 27 - Confronto de matrizes de demanda e oferta (COSENZA 2014).....	67
Quadro 28 - Operadores do modelo (COSENZA 2014).	68
Quadro 29 - Operadores do modelo (COSENZA 2014).	68
Quadro 30 - Matriz de relações de pertinência (COSENZA 2014).....	68

Quadro 31 - Operador c_ik^* do modelo (COSENZA 2014).....	70
Quadro 32 - Relação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	74
Quadro 33 - Proposta de metodologia para PMGIRS	76
Quadro 34 - Análise de Decretos	78
Quadro 35 - Análise de Políticas Nacionais.....	79
Quadro 36 - Resoluções CONAMA e ANVISA referentes ao tema resíduos	81
Quadro 37 - Extrato do Art. 4 da Resolução CONAMA nº 404/2008.	83
Quadro 38 - Normas ABNT relativas a coleta, tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos.	84
Quadro 39 - Fatores de seleção de área ABNT NBR 15849:2010.....	86
Quadro 40 - Peso de critérios (IBAM 2001 apud MCIDADES, MMA 2007).....	87
Quadro 41 - Peso percentual do tipo (IBAM 2001 apud MCIDADES, MMA 2007).....	87
Quadro 42 - Método de classificação de área (IBAM 2001 apud MCIDADES, MMA 2007) ...	88
Quadro 43 - Quantidade de unidades de processamento de RSU com informações atualizadas dos municípios participantes do SNIS-RS em 2014, segundo região geográfica (MCIDADES 2016).	91
Quadro 44 - Participação na operação, por tipo de operador, dos municípios participantes do SNIS-RS em 2014, segundo tipo de unidade (MCIDADES 2016).....	92
Quadro 45 - Resumo de Indicadores SNIS-RS (Adaptação de MCIDADES 2016).....	94
Quadro 46 - Resumo de estrutura de coleta de informações SNIS-RS (Adaptação de MCIDADES 2016).....	96
Quadro 47 - Temas de investigação (adaptação/extrato de UNITED NATIONS 2007).	105
Quadro 48 - Problemas centrais de investigação (adaptação/extrato de WGBU 1997).....	106
Quadro 49 - Critérios para análise de problemas (adaptação de WGBU 1997).....	106
Quadro 50 - Critérios para análise de problemas (adaptação de WGBU 1997).....	106
Quadro 51 - Critérios de associação de sinais de condições críticas (adaptação de WGBU 1997).	107
Quadro 52 - Critérios de percepção de risco de condições críticas (adaptação de WGBU 2000).	107
Quadro 53 - Classes e estratégias de prioridade de ação (adaptação/extrato de WGBU 2000). 108	
Quadro 54 - Grupo de áreas para análise de vulnerabilidade (adaptação de WGBU 2000).	108
Quadro 55 - Grupo de atuação	109
Quadro 56 - Informações para análise.....	109
Quadro 57 - Grupo de fatores locais socioambientais	109
Quadro 58 - Grupo de critérios para hierarquização	109
Quadro 59 - Análise Comparativa dos Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental.....	127

ÍNDICE DE NOMENCLATURAS

AAE – Avaliação Ambiental Estratégica
AAI – Avaliação Ambiental Integrada
AAD – Avaliação Ambiental Distribuída
ACC – Avaliação de Custos Completos
ACV – Análise do Ciclo de Vida
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP – Analytic Hierarchy Process
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
ATT – Área de transbordo e triagem
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CDS – Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
EAS – Estudo Ambiental Simplificado
EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto no Meio Ambiente
EPRI – Electric Power Research Institute
EVA – Estudo de Viabilidade Ambiental
GIS/SIG – Sistema de informação geográfico
IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IUCN – International Union for Conservation of Nature
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO – International Organization for Standardization
LI – Licença de Instalação
LO – Licença de Operação
LP – Licença Prévia
MAB – Man and the Biosphere Programme UNESCO
MCIDADES – Ministério das Cidades
MDG – Millennium Development Goals
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MMA – Ministério do Meio Ambiente
ONU – Organização das Nações Unidas
PeD – Pesquisa e Desenvolvimento
PIR – Planejamento Integrado de Recursos
PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNB – Produto Nacional Bruto
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RCC – Resíduos de Construção Civil
RCD – Resíduos de Construção e Demolição
RDO – Resíduos Sólidos Domiciliares
RPU – Resíduos Sólidos Públicos
RSI – Resíduos Sólidos Industriais
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos
RSS – Resíduos Sólidos de Saúde
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNIS-AE – Componente serviços de água e/ou de esgotos
SNIS-RS – Componente resíduos sólidos
TOPSIS – Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WBGU – German Advisory Council on Global Change
WTE – Waste to Energy
WTR – Waste to Resources
WWF – World Wildlife Fund

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente trabalho insere o objetivo amplo em um contexto de pesquisa científica sobre desenvolvimento de projetos de tratamento de resíduos sólidos urbanos para geração de energia e descomissionamento de passivos ambientais, com o desafio de analisar as questões relevantes nos aspectos de justificativa e adequabilidade de alternativas para o território nacional, considerando diretrizes internacionais de desenvolvimento sustentável.

1.2 PANORAMA E CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2.1 Gestão de Resíduos no Brasil

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresenta dados da situação de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos em todo o país, onde a maior parte dos municípios brasileiros dispõe resíduos em locais nos quais seriam descarregados sem nenhum controle ambiental; sendo dos 5.507 municípios brasileiros, 63,6% utilizam lixões a céu aberto, 18,4% em aterros controlados e 13,8% em aterros sanitários.

Outras soluções de destinação de resíduos urbanos como compostagem – transformação da matéria orgânica dos resíduos sólidos em composto para ser utilizado na agricultura; incineração – queima controlada dos resíduos; e centrais de triagem – seleção dos resíduos para a reciclagem, ainda seriam pouco utilizadas no Brasil, sendo adotadas por apenas 4,2% dos municípios (IBGE, 2000).

1.2.2 Políticas Públicas de Resíduos

Políticas públicas nacionais de desenvolvimento nas áreas de infraestrutura urbana adotaram nos últimos anos direcionamentos estratégicos de alinhamento das ações coletivas com o entendimento de responsabilidade social e ambiental.

A Lei 12.305/10, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem

adotadas com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Consta que a destinação de resíduos que inclua reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético seja admitida pelos órgãos competentes e a disposição final deve observar normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, além de minimizar os impactos ambientais adversos. Destaca-se o Art. 54 o qual elenca a exigência de que todos os municípios brasileiros extingam seus lixões a céu aberto até agosto de 2014, sendo o não cumprimento dessa determinação caracterizado como crime ambiental.

1.2.3 Perspectivas na Geração de Energia

A Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), considerada um marco para a descentralização da geração de energia no Brasil e que permite a conexão de capacidades de até 1MW na rede de distribuição inclusive em baixa tensão, proporcionaria alternativa para tecnologias de tratamento de resíduos com aproveitamento energético tornarem-se rentáveis, fortalecendo a viabilidade técnico-econômica desses modelos.

Justificam-se, por essas considerações, aspectos relevantes de ponderação a tecnologias alternativas e observa-se um campo aberto para pesquisa e construção de hipóteses auxiliares no referencial teórico de desenvolvimento ou aprimoramento de metodologias sob perspectivas contemporâneas sociais e ambientais.

1.2.4 Usinas de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos

Uma usina de tratamento de resíduos sólidos urbanos, conceito Waste to Energy (WTE), teria por objetivo principal substituir soluções de alto impacto no tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos e através de diversas tecnologias disponíveis internacionalmente contariam com uma produção final mínima de inertes e uma geração considerável de energia.

Uma tecnologia alternativa poderia atender plenamente as exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos e, através da Resolução Normativa 482/2012 ANEEL a região de implantação poderia se beneficiar economicamente pela geração de energia, além do ganho social e ambiental considerando a capacidade de tratamento de passivos existentes e destaca-se inclusive, segundo Barros et al. (2013), uma relevante

contribuição para descentralização e conseqüentemente maior confiabilidade do sistema de geração de energia do país.

1.2.5 Problemática de Localização da Tipologia

A tipologia do empreendimento em análise, na perspectiva do estudo, ficaria conceitualmente entre um equipamento de infraestrutura urbana com fortes aspectos técnicos, considerando o tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos, o qual possui legislações e normas muito específicas, e uma planta de produção industrial na categoria geração de energia com aspectos técnicos específicos e normas próprias, respectivamente.

Em pesquisa a teorias de localização industrial podem ser observadas oportunidades de contribuições de critérios metodológicos específicos e de alinhamento mais estreito ao panorama das recentes diretrizes sociais e ambientais.

A dualidade conceitual da tipologia, nesses termos, se relacionaria com as não especificidades de metodologias de localização industrial através da necessidade de determinação de critérios próprios.

Nesta perspectiva, diretrizes sociais e políticas de responsabilidade ambiental poderiam ser influências determinantes para um direcionamento na questão da problemática de localização da tipologia e auxílio ao desenvolvimento de modelos locacionais dedicados.

1.2.6 Riscos e Passivos Socioambientais

As soluções atuais de tratamento e principalmente destinação final de resíduos sólidos urbanos poderiam ser analisados sob a ótica de passivos ambientais, uma vez que são considerados ameaças ao meio ambiente e conseqüentemente à sociedade, além da geração de impactos seriam riscos iminentes de acidentes.

Nesse contexto, inúmeros acidentes ambientais relacionados ocorreram desde a década de 1960 considerando apenas o Estado do Rio de Janeiro, como no Morro Dona Marta em 1967, Tormentas Cariocas em 1996 e no Morro do Bumba em Niterói com a morte de 231 pessoas em 2010. Como contribuição direta estariam a disposição

inadequada de resíduos em encostas, associados em sequência à presença da disposição inapropriada de resíduos em vales e em corpos d'água (MAHLER 2012).

1.3 OBJETO

Descrição, abrangência e resultados

Esta dissertação apresenta uma investigação e análise das contribuições metodológicas a estudos de localização industrial, trata-se de uma pesquisa das áreas de concentração das engenharias e planejamento urbano e regional.

A análise considera a necessidade urgente para resolução de questões de planejamento urbano, objeto de atenção iminente das políticas atuais às questões socioambientais e à geração de fontes alternativas de energia sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável.

São examinados indicadores de desenvolvimento sustentável sob uma conjuntura de referências internacionais quando citados fatos históricos, experiências e metodologias, além da análise de legislação e normas específicas ao tema resíduos sólidos urbanos assim como metodologias de localização industrial.

Um dos pontos da análise de contribuições e destaque no arranjo conclusivo, seria a identificação de indicadores de sustentabilidade em performance, ou de eficiência, que possam compor um referencial para critérios em processos de localização e hierarquização.

O principal viés analítico da abordagem aponta sistemas com base em lógica Fuzzy como ferramentas factíveis devido à propensão de tratar tomada de decisão em ambientes complexos.

1.4 OBJETIVOS

Foco principal de atuação e a perspectiva projetada

O objetivo do estudo reside em estruturar de forma crítica e criteriosa uma análise das bases teóricas para discussão sobre o tema central desenvolvimento

sustentável e localização industrial com o panorama normativo relacionado e configurar a pesquisa como listagem complementar de referencial teórico para trabalhos futuros.

O exame das questões apresentadas durante o processo se propõe a estabelecer análises de diretrizes, com base nos referenciais teóricos levantados e nos materiais e métodos propostos, para uma possibilidade de continuação do desenvolvimento de discussão metodológica, ainda sem volume de referências exclusivas.

1.5 MOTIVAÇÃO

Questões em análise, discussão e avaliação

Além do panorama e contextualização dos temas traçados, uma das referências para as questões em avaliação são resultados da análise de discussões notórias de temas recentes em projetos de pesquisa e desenvolvimento observados nos setores públicos e privados.

A estrutura da motivação foi elaborada através do método de perguntas norteadoras, as quais auxiliam no direcionamento do estudo e se configuram indicadoras para as contribuições.

1.5.1 Perguntas Norteadoras

As perguntas norteadoras representam as principais questões levantadas durante o processo de pesquisa. São associadas sempre ao respectivo panorama e indicadas as suas abordagens como categoria no estudo; referencial teórico e/ou materiais e métodos.

Quadro 1 - Perguntas Norteadoras

PERGUNTA NORTEADORA COM BASE NA QUESTÃO: LOCALIZAÇÃO DE USINAS DE TRATAMENTO DE RSU UTILIZANDO SISTEMA DE LÓGICA FUZZY	REFERENCIAL TEÓRICO (Capítulo)	MATERIAIS E MÉTODOS (Capítulo)
Um modelo de localização/hierarquização com base em sistema Fuzzy seria o mais adequado? Quais são os modelos de localização industrial referência e os mais adequados às questões abordadas?	1, 4	3, 4
Quais são os critérios relevantes para determinação de fatores de localização/hierarquização de áreas e projetos?	2, 4	4, 5
Quais as referências para tipo, tamanho e escala de planta?	3, 4	3, 4
Deve-se priorizar o desenvolvimento urbano e institucional ou vulnerabilidade do meio ambiente?	1, 3	2, 3
Como aferir o desenvolvimento urbano e institucional?	5	5
Como aferir a vulnerabilidade do meio ambiente?	2	2
A tipologia de projeto é mais adequada dentre as possibilidades? Quais os projetos/soluções disponíveis e/ou mais utilizadas?	1, 3	3
O projeto deve ser analisado sob a ótica de geração de energia ou tratamento de resíduos (em relação às normas brasileiras)?	1	3, 5
Qual a posição da tipologia de projeto em relação aos temas de fundo em discussão?	1	3
Quais são os temas?	2, 3, 4	
Obs.: Cap. 1 Introdução e Panorama; Cap. 2 Desenvolvimento Sustentável; Cap. 3 Gestão de Resíduos e Geração Energia; Cap. 4 Localização Industrial; Cap. 5 Disposições Nacionais sobre Resíduos		

1.6 JUSTIFICATIVA

Retorno à motivação

A justificativa do estudo reside na análise da contextualização traçada quanto à necessidade urgente para resolução de questões de planejamento urbano, considerando gestão integrada de resíduos sólidos, geração de fontes alternativas de energia e avaliação de riscos ambientais.

Assim como as oportunidades de contribuições para localização industrial de critérios metodológicos específicos e de alinhamento mais estreito ao panorama das recentes diretrizes sociais e ambientais conforme o conceito desenvolvimento sustentável, a observação de ambientes com fontes de incerteza, imprecisão e

incompletude, somados à necessidade de mapas que possam envolver diretrizes estratégicas e agregação de perspectivas de múltiplos atores de um determinado universo podem fundamentar a abordagem.

1.7 METODOLOGIA

O objeto, como investigação desenvolvida através de temas específicos que visam colaborar metodologicamente para uma compilação de contribuições, analisa metodologias, legislações e normas técnicas e tem como principais autores de referência Cosenza, Guimarães e Atalla, assim como as instituições Organização das Nações Unidas (ONU), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e German Advisory Council on Global Change (WGBU).

O referencial teórico e os materiais e métodos são analisados em conjunto através dos capítulos e a cada tema, quanto pertinente, é apresentado uma síntese analítica da contribuição.

1.7.1 Classificação da Pesquisa

A relevância da classificação da pesquisa

A medida que se dispõe de um sistema de classificação, torna-se possível reconhecer as semelhanças e diferenças entre as diversas modalidades de pesquisa, dessa forma, seriam apresentados mais elementos para decidir acerca de sua aplicabilidade na solução dos problemas propostos para investigação (GIL 2010).

Sobre a classificação de pesquisas, ainda segundo o autor, é possível estabelecer múltiplos sistemas de classificação e defini-las segundo a área de conhecimento, a finalidade, o nível de explicação e os métodos adotados.

Classificação segundo área

Segundo a área de conhecimento e em nível nacional é apontada a classificação elaborada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o qual classifica as pesquisas em sete grandes áreas: 1. Ciências Exatas e da Terra; 2. Ciências Biológicas; 3. Engenharias; 4. Ciências da Saúde; 5. Ciências

Agrárias; 6. Ciências Sociais Aplicadas; e 7. Ciências Humanas. Todas essas seguidas das respectivas subdivisões em subáreas, com objetos de estudo e procedimentos metodológicos, e por fim em especialidades, as quais são as caracterizações temáticas das atividades de pesquisa e ensino. Com base nas informações podemos classificar a pesquisa segundo o Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação da pesquisa segundo área de conhecimento (Referência CNPq).

3.00.00.00-9 Engenharias
3.07.00.00-0 Engenharia Sanitária
3.07.03.00-0 Saneamento Básico
3.07.03.04-2 Resíduos Sólidos, Domésticos e Industriais
3.08.00.00-5 Engenharia de Produção
3.08.04.00-0 Engenharia Econômica
3.08.04.02-7 Localização Industrial
6.00.00.00-7 Ciências Sociais Aplicadas
6.05.00.00-0 Planejamento Urbano e Regional
6.05.02.00-2 Métodos e Técnicas do Planejamento Urbano e Regional
6.05.02.03-7 Técnicas de Análise e Avaliação Urbana e Regional

Classificação segundo finalidade

A classificação de pesquisa segundo sua finalidade é um sistema proposto pela Adelaide University (2008) que define as seguintes categorias: pesquisa básica pura, pesquisa básica estratégica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Em relação aos objetivos mais gerais, ou propósitos, as pesquisas poderiam ser classificadas em exploratórias, descritivas e explicativas (GIL 2010). Outra classificação quanto aos fins da pesquisa seriam as categorias: pesquisa básica, pesquisa aplicada, pesquisa de inovação ou tecnológica e pesquisa descritiva (MICHEL 2009). Considerando as categorias dos autores citados podemos classificar a pesquisa segundo finalidade conforme o Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação da pesquisa segundo finalidade/objetivo.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
Pesquisa aplicada	Pesquisa voltada à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica (GIL 2010). Tem como objetivo a utilização dos conhecimentos adquiridos na pesquisa básica; volta-se para o aspecto utilitário da pesquisa. Procura transformar o conhecimento puro em elementos e situações destinadas a melhorar a qualidade de vida da humanidade (MICHEL 2009).
Pesquisa de caráter exploratório	Têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL 2010). Busca o levantamento bibliográfico do tema, a identificação de informações e subsídios para definição dos objetivos, determinação do problema e definição dos tópicos do referencial teórico (MICHEL 2009).

Classificação segundo meios/métodos

A classificação da pesquisa segundo seus meios/métodos deve considerar como os dados foram obtidos, bem como os procedimentos adotados em sua análise e interpretação, desse modo definem-se os seguintes delineamentos de pesquisa: 1. Pesquisa bibliográfica; 2. Pesquisa documental; 3. Pesquisa experimental; 4. Ensaio clínico; 5. Estudo caso-controle; 6. Estudo de coorte; 7. Levantamento de campo (survey); 8. Estudo de caso; 9. Pesquisa etnográfica; 10. Pesquisa fenomenológica (ou empírica); 11. Teoria fundamentada nos dados (grounded theory); 12. Pesquisa-ação; e 13. Pesquisa participante (GIL 2010). Podemos classificar a pesquisa segundo métodos/meios conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Classificação da pesquisa segundo métodos/meios.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
Pesquisa Bibliográfica (Revisão de bibliografia e Revisão de literatura)	Revisão de bibliografia: leituras iniciais, que visam arregimentar informações, entender mais detalhadamente o assunto, para auxiliar na proposição da pesquisa, definição de problemas e objetivos. Revisão de literatura: tipo de trabalho monográfico, cujo propósito é buscar o estado da arte do assunto, aumentar o conhecimento do pesquisador no tema. Ou seja, o seu propósito é verificar o estágio teórico em que o assunto se encontra no momento atual, com o propósito de levantar suas novas abordagens, visões, aplicações, atualizações. (MICHEL 2009).
Pesquisa Documental	Vale-se de toda sorte de documentos, eletrônicos inclusive, elaborados com finalidades diversas. Dentre os mais utilizados: documentos institucionais, pessoais, de divulgação, jurídicos, iconográficos e estatísticos (GIL 2010).

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em três partes, a primeira parte composta pela introdução a qual traça um panorama da pesquisa e questões em análise, a segunda parte composta pelos referenciais teóricos além de materiais e métodos analisados de forma conjunta através dos capítulos sobre indicadores de desenvolvimento sustentável e teorias de localização industrial, e a terceira parte composta por fontes informacionais e pela conclusão à qual contém o resumo das contribuições e apontamento de trabalhos futuros. Consta ainda como anexo um complemento aos referenciais teóricos sobre avaliação de impactos ambientais.

2. A NECESSIDADE E APLICAÇÃO DE INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

“A definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro. Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental” (WWF 2016).

O Relatório Brundtland, recomendação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU 1987, apontaria controvérsias nas definições conceituais e metodológicas (GONZALEZ, RINCÓN *apud* PHILIPPI JR, 2013). Não constaria, segundo os autores, especificidades ou perspectivas das necessidades a serem atendidas, definição ou dimensão das gerações tratadas, definição ou disponibilidade dos recursos naturais e capacidade de suporte dos ecossistemas, tudo de forma a comprometer a identificação do objeto da sustentabilidade.

As controvérsias, ainda segundo os autores, e a necessidade de concretizar diversos pontos de vista sobre o conceito desenvolvimento sustentável geraram muitas pesquisas na área de economia na qual podemos destacar duas abordagens conceituais distintas sendo Economia Ambiental (de sustentabilidade fraca) e Economia Ecológica (de sustentabilidade forte) onde o contraponto se apresenta no grau de substituição entre o capital reprodutível e o capital natural.

Todavia o próprio relatório prevê que diversas interpretações sobre desenvolvimento sustentável podem ocorrer, porém em todas constariam consenso em relação ao conceito básico; o equilíbrio entre crescimento econômico, preservação ambiental e equidade social, assim como às estratégias de atuação para alcance dos objetivos (DIAS 2006).

Quadro 5 - Resumo dos principais acontecimentos relacionados ao desenvolvimento sustentável. (Fonte: DIAS 2006)

ANO	ACONTECIMENTO	OBSERVAÇÃO
1962	Publicação do livro <i>Primavera Silenciosa</i> (Silent Spring)	Livro que teve grande repercussão na opinião pública e expunha os perigos do inseticida DDT.
1968	Criação do Clube de Roma	Organização informal: promoveria o entendimento dos componentes variados, mas interdependentes — econômicos, políticos, naturais e sociais que formam o sistema global.
1968	Conferência da Unesco sobre a conservação e o uso racional dos recursos da biosfera	Reunião em Paris; foram lançadas as bases para a criação do Programa: Homem e a Biosfera (MAB).
1971	1971 Criação do Programa MAB da UNESCO	Programa de pesquisa no campo das Ciências Naturais e sociais para a conservação da biodiversidade e para a melhoria das relações entre o homem e o meio ambiente.
1972	1972 Publicação do livro <i>Os limites do crescimento</i>	Informe apresentado pelo Clube de Roma, previa que as tendências que imperavam até então conduziram a uma escassez catastrófica dos recursos naturais e a níveis perigosos de contaminação num prazo de 100 anos.
1972	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, Suécia	Primeira manifestação dos governos de todo o mundo com as consequências da economia sobre o meio ambiente. 113 Estados-membros da ONU. Criação do Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA).
1980	I Estratégia Mundial para a Conservação	A IUCN, com a colaboração do PNUMA e do World Wildlife Fund (WWF), adota um plano de longo prazo para conservar os recursos biológicos do planeta. Aparece pela primeira vez o conceito de "desenvolvimento sustentável"
1983	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD) formada pela ONU	Presidida pela Primeira-Ministra /a Noruega, Gro Harlem Brundtland, com objetivo examinar as relações entre o meio ambiente e o desenvolvimento.
1987	É publicado o Informe Brundtland , da CMMAD, o "Nosso Futuro Comum"	Um dos mais importantes sobre a questão ambiental e o desenvolvimento. Vincula estreitamente economia e ecologia e estabelece o eixo em torno do qual se deve discutir o desenvolvimento, formalizando o conceito de desenvolvimento sustentável.
1991	1991 II Estratégia Mundial para a Conservação: "Cuidando da Terra"	Documento conjunto do IUCN, PNUMA e WWF, mais abrangente; baseado no Informe Brundtland, preconiza o reforço dos níveis políticos e sociais para a construção de uma sociedade mais sustentável.
1992	1992 Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou Cúpula da Terra	Rio de Janeiro; o mais importante foro mundial já realizado. Abordou novas perspectivas globais e de integração da questão ambiental planetária e definiu mais concretamente o modelo de desenvolvimento sustentável. 170 Estados, aprovaram a Declaração do Rio e mais quatro documentos, inclusive Agenda 21.
1997	Rio+5	New York; com objetivo analisar a implementação do Programa da Agenda 21.

ANO	ACONTECIMENTO	OBSERVAÇÃO
2000	I Foro Mundial de âmbito Ministerial – Malmo (Suécia)	Aprovação da Declaração de Malmo, examina as novas questões ambientais para o século XXI e adota compromissos no sentido de contribuir mais efetivamente para o desenvolvimento sustentável.
2002	Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável Rio+10	Johannesburgo; examinar as metas da Conferência do Rio-92 e reiterar compromissos com os princípios do Desenvolvimento Sustentável.
2005	Protocolo de Kyoto	Países desenvolvidos devem reduzir gases do efeito estufa e estabelece o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para os países em desenvolvimento.
2007	Relatório do Painel das Mudanças Climáticas	O Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) divulga relatório de grande impacto, apontando as consequências do aquecimento global até 2100.
2010	ISO 26000 Responsabilidade Social	International Standi Organization (ISO) divulga a norma para a responsabilidade social e que terá grande impacto nas organizações.

As versões sobre o conceito de desenvolvimento sustentável, segundo os autores pesquisados, não se apresentam de forma unificada, porém um dos destaques seria uma visão convergente de que as sociedades industriais estão entrando em uma nova etapa de sua evolução e essa transição pode ser tão significativa quanto aquela que levou as sociedades europeias da ordem social agrária para a ordem social industrial (VEIGA 2005).

Ao considerar o objetivo geral da discussão sobre o tema em definir padrões sustentáveis de desenvolvimento que incorporem aspectos ambientais, econômicos e sociais, observa-se a tendência e oportunidade de elaboração de indicadores.

2.2. INDICADORES

“A palavra *indicador*, originada do latim *indicare*, significa *apontar para, desvendar, estimar, colocar preço ou trazer a conhecimento público*. Indicadores também são definidos como os valores medidos ou derivados de mensurações quantitativas e/ou qualitativas, passíveis de padronização e comparáveis entre si, quando expressos na forma numérica. No entanto, a principal característica de um indicador é a de possibilitar a seleção das informações significativas, simplificando os fenômenos complexos e facilitando a comunicação da informação entre coletores e usuários

(BIDONE et al. 1998 *apud* DOMINGUES, 2000) (OLIVEIRA e FARIA *apud* PHILIPPI e MALHEIROS 2013).

Os indicadores desempenhariam, nesse contexto, um papel útil na identificação de tendências, destaque de problemas e formação de bases para estabelecimento de prioridades, assim como formulação e avaliação de políticas e programas. Além disso, outro fator relevante, os indicadores poderiam auxiliar a simplificação de um conjunto complexo de informações.

Segnestan (2002), ao apresentar o conceito de indicadores, define os dados como o componente mais básico no trabalho com indicadores. E os indicadores, derivados dos dados, seriam ferramentas de análise das mudanças na sociedade. A combinação de indicadores, por sua vez, formaria um índice normalmente utilizado em análises agregadas e em âmbitos mais amplos.

Shields et al. (2002) define que um índice revelaria o estado de um sistema ou fenômeno. Desse modo a análise final sobre indicadores e índices gerariam a informação que serve de base para a tomada de decisão (Figura 1).

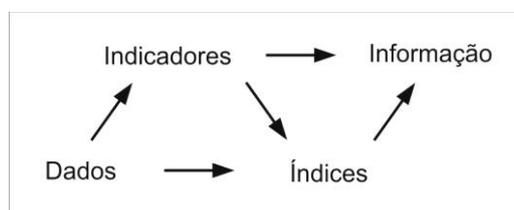


Figura 1 - Dados para informação (Adaptado de Segnestan 2002).

2.3 INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.3.1 Indicadores da Comissão de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas

A iniciativa de maior relevância em desenvolver indicadores para avaliar desenvolvimento sustentável surge na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente – Rio 92, conforme o registro da Agenda 21, capítulo 40:

“Os indicadores comumente utilizados, como o produto nacional bruto (PNB) ou as medições das correntes individuais de contaminação ou de recursos, não dão indicações precisas de sustentabilidade. Os métodos de avaliação da interação entre diversos

parâmetros setoriais do meio ambiente e o desenvolvimento são imperfeitos ou se aplicam deficientemente. É preciso elaborar indicadores de desenvolvimento sustentável¹ que sirvam de base sólida para adotar decisões em todos os níveis, e que contribuam a uma sustentabilidade autorregulada dos sistemas integrados do meio ambiente e o desenvolvimento” (UNITED NATIONS, 1992).

A Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (Commission on Sustainable Development – CSD) aprovou em 1995, a partir das recomendações da Agenda 21 Global, um Programa de Trabalho em Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (1995-2000) e resultou inicialmente em um grupo de 134 e posteriormente em 57 indicadores, os quais cobrem quase todas as áreas especificadas nos objetivos e metas da Agenda 21 Global (PHILIPPI e MALHEIROS 2013). Além de marco da implementação da Agenda 21 Global, esses indicadores tem a função de servir como subsídio para a construção de indicadores em níveis nacionais, regionais e locais. Os indicadores são subdivididos em 14 temas (*Theme*) conforme Quadro 6.

A lista de indicadores mais recente publicada em 2005, que incorpora² as Metas de Desenvolvimento do Milênio (*Millennium Development Goals – MDGs*) parte da Declaração do Milênio das Nações Unidas (*United Nations Millennium Declaration 2000*), resultou em um núcleo de 50 indicadores (*Core Indicator*), parte de um conjunto maior de 96 (Quadro 6).

1 Indicadores ambientais exprimem a situação dos recursos ambientais, indicadores de desenvolvimento sustentável extrapolam os ambientais pois devem considerar, além das funções ambientais, as funções de produção (aspectos socioeconômicos) e os indicadores de qualidade de vida urbana são focados apenas no bem-estar humano (BITAR e BRAGA 2013 *apud* PHILIPPI e MALHEIROS 2013).

2 As próximas revisões devem considerar: *2010 Biodiversity Indicators Partnership, Hyogo Framework for Action on Disaster Reduction, 2030 Agenda for Sustainable Development*. (United Nations 2007)

Quadro 6 - Indicadores de Desenvolvimento Sustentável CSD. (Fonte: UNITED NATIONS 2007).

<i>THEME</i>	<i>SUB-THEME</i>	<i>CORE INDICATOR</i>	<i>OTHER INDICATOR</i>
Poverty	Income poverty	Proportion of population living below national poverty line	Proportion of population below \$1 a day
	Income inequality	Ratio of share in national income of highest to lowest quintile	
	Sanitation	Proportion of population using an improved sanitation facility	
	Drinking water	Proportion of population using an improved water source	
	Access to energy	Share of households without electricity or other modern energy services	
	Living conditions	Proportion of urban population living in slums	
Governance	Corruption	Percentage of population having paid bribes	
	Crime	Number of intentional homicides per 100,000 population	
Health	Mortality	Under-five mortality rate	
		Life expectancy at birth	Healthy life expectancy at birth
	Health care delivery	Percent of population with access to primary health care facilities	Contraceptive prevalence rate
		Immunization against infectious childhood diseases	
	Nutritional status	Nutritional status of children	
	Health status and risks	Morbidity of major diseases such as HIV/AIDS, malaria, tuberculosis	Prevalence of tobacco use
		Suicide rate	
Education	Education level	Gross intake ratio to last grade of primary education	Life long learning
		Net enrolment rate in primary education	
		Adult secondary (tertiary) schooling attainment level	
	Literacy	Adult literacy rate	
Demographics	Population	Population growth rate	Total fertility rate
		Dependency ratio	
	Tourism		Ratio of local residents to tourists in major tourist regions and

THEME	SUB-THEME	CORE INDICATOR	OTHER INDICATOR	
			destinations	
Natural hazards	Vulnerability to natural hazards	Percentage of population living in hazard prone areas		
	Disaster preparedness and response		Human and economic loss due to natural disasters	
Atmosphere	Climate change	Carbon dioxide emissions	Emissions of greenhouse gases	
	Ozone layer depletion	Consumption of ozone depleting substances		
	Air quality	Ambient concentration of air pollutants in urban areas		
Land	Land use and status		Land use change	
			Land degradation	
	Desertification		Land affected by desertification	
	Agriculture	Arable and permanent cropland area		Fertilizer use efficiency
				Use of agricultural pesticides
				Area under organic farming
	Forests	Proportion of land area covered by forests		Percent of forest trees damaged by defoliation
			Area of forest under sustainable forest management	
Oceans, seas and coasts	Coastal zone	Percentage of total population living in coastal areas	Bathing water quality	
	Fisheries	Proportion of fish stocks within safe biological limits		
	Marine environment	Proportion of marine area protected		Marine trophic index
			Area of coral reef ecosystems and percentage live cover	
Freshwater	Water quantity	Proportion of total water resources used		
		Water use intensity by economic activity		
	Water quality	Presence of faecal coliforms in freshwater	Biochemical oxygen demand in water bodies	
			Wastewater treatment	
Biodiversity	Ecosystem	Proportion of terrestrial area protected, total and by ecological region	Management effectiveness of protected areas	
			Area of selected key ecosystems	

<i>THEME</i>	<i>SUB-THEME</i>	<i>CORE INDICATOR</i>	<i>OTHER INDICATOR</i>
			Fragmentation of habitats
	Species	Change in threat status of species	Abundance of selected key species
			Abundance of invasive alien species
Economic development	Macroeconomic performance	Gross domestic product (GDP) per capita	Gross saving
		Investment share in GDP	Adjusted net savings as percentage of gross national income (GNI)
			Inflation rate
	Sustainable public finance	Debt to GNI ratio	
	Employment	Employment- population ratio	Vulnerable employment
		Labor productivity and unit labor costs	
		Share of women in wage employment in the non-agricultural sector	
	Information and communication technologies	Internet users per 100 population	Fixed telephone lines per 100 population
			Mobile cellular telephone subscribers per population
	Research and development		Gross domestic expenditure on R&D as a percent of GDP
Tourism	Tourism contribution to GDP		
Global economic partnership	Trade	Current account deficit as percentage of GDP	Share of imports from developing countries and from LDCs
			Average tariff barriers imposed on exports from developing countries and LDCs
	External financing	Net Official Development Assistance (ODA) given or received as a percentage of GNI	Foreign direct investment (FDI) net inflows and net outflows as percentage of GDP
			Remittances as percentage of GNI
Consumption and production patterns	Material consumption	Material intensity of the economy	Domestic material consumption
	Energy use	Annual energy consumption, total and by main user category	Share of renewable energy sources in total energy use
		Intensity of energy use, total and by economic activity	

<i>THEME</i>	<i>SUB-THEME</i>	<i>CORE INDICATOR</i>	<i>OTHER INDICATOR</i>
	Waste generation and management	Generation of hazardous waste	Generation of waste
		Waste treatment and disposal	Management of radioactive waste
	Transportation	Modal split of passenger transportation	Modal split of freight transport
			Energy intensity of transport

Em relação aos temas incluídos na listagem de indicadores CSD, publicada em 2001, e não remanescentes na listagem publicada em 2005, podemos destacar o tema *Institucional*, o qual teve a maior parte de seus indicadores incorporados em outros temas na lista conseguinte, porém sua categorização referente a condições institucionais se apresenta de forma pertinente às questões propostas para a presente análise (Quadro 7).

Quadro 7 - Extrato do Quadro de Temas de Indicadores CSD. (Fonte: UNITED NATIONS 2001).

INSTITUTIONAL		
<i>Theme</i>	<i>Sub-theme</i>	<i>Indicator</i>
Institutional Framework	Strategic Implementation of SD	National Sustainable Development Strategy
	International Cooperation	Implementation of Ratified Global Agreements
Institutional Capacity	Information Access	Number of Internet Subscribers per 1000 Inhabitants
	Communication Infrastructure	Main Telephone Lines per 1000 Inhabitants
	Science and Technology	Expenditure on Research and Development as a Percent of GDP
	Disaster Preparedness and Response	Economic and Human Loss Due to Natural Disasters

2.3.2 Experiências em Indicadores de Desenvolvimento Sustentável

As experiências de indicadores de desenvolvimento sustentável, em nível local, regional, nacional ou global, apresentam a adoção de derivações de um mesmo modelo metodológico (pressão-estado-resposta³) e em grande parte utilizam divisões temáticas (PHILIPPI e MALHEIROS 2013).

³ Sistemas de Avaliação Ambiental Integrada (AIA) descritos no Anexo I, usualmente com base em indicadores ambientais, utilizam principalmente modelos PER, PEER, FER, FPEIR, PEIR,

A seleção de experiências de indicadores de desenvolvimento sustentável, em nível global e nacional (Quadro 8), inclui indicadores utilizados por sistemas de gestão ambiental empresarial, porém precederiam para análise a consideração da taxonomia da postura ambiental empresarial entre outros aspectos (CENTRULO et al 2013 *apud* PHILIPPI e MALHEIROS 2013).

Quadro 8 - Experiência em indicadores de desenvolvimento sustentável - nível global e nacional.

EXPERIÊNCIA EM INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - NÍVEL GLOBAL	
<i>Experiência</i>	<i>Responsável/Referência</i>
Global Environment Outlook (GEO)	United Nations Environment Programme (Unep), Global Environment Outlook Team (CEO)
Core Set of Indicators	European Environment Agency
OECD Environmental indicators	Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
Key Environmental Indicators	Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
Millennium Development Goals Indicators	United Nations Statistical Division
Earth trends	World Resources Institute (WRI)
Global Reporting Initiative	Global Reporting Initiative (GRI)
Vital signs	Worldwatch Institute
State of the World	Worldwatch Institute
World Development Indicators 2007	World Bank
Worldwide Governance Indicators 1996-2006	World Bank
The Dow Jones Sustainability Group Indexes (DJSI)	SAM Indexes GmbH
Living Planet Index	World Wildlife Fund (WWF)
HDI – Human Development Index	United Nations Development Programme (UNDP)
Environmental Sustainability (ESD) / Environmental Performance (EPI)	Yale Center for Environmental Law and Policy (Ycelp) and Center for International Earth Science Information Network (Ciesin) of Columbia University
Ecological Footprint	Wackernagel and Rees (University of British Columbia)
Socio-ecological system	Evaluación de la Sostenibilidad em America Latina y El Caribe (ESALC)
Barometer of sustentability	World Conservation Union (IUCN)

onde o indicador é classificado pela sua dimensão, sendo: força motriz (F) ou *drive* (D), pressão (P) *pressure*, estado (E) ou *state* (S), impacto (I) *impact*, efeito (E) *effect*, resposta (R) *response* – ou ação (A) *action*.

EXPERIÊNCIA EM INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - NÍVEL GLOBAL	
<i>Experiência</i>	<i>Responsável/Referência</i>
Dashboard of sustentability	International Institute for Sustainable Development (IISD)
Global Change Syndromes	German Advisory Council on Global Change (WGBU)
Carbon Disclosure Project (CDP)	Organização sem fins lucrativos
EXPERIÊNCIA EM INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - NÍVEL GLOBAL	
GHG Protocol corporate standard	Greenhouse Gas Protocol - international accounting tool
ISO 14001, 14004, 14015, 19011, 14031, 14040, 14064	Sistemas de Gestão Ambiental, gases do efeito estufa (14064)
EXPERIÊNCIA EM INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - NÍVEL NACIONAL	
<i>Experiência</i>	<i>Responsável</i>
Indicadores de Desenvolvimento Sustentável do Brasil	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
Índice de Qualidade de Vida Urbana (IQVU)	Belo Horizonte MG
Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS)	São Paulo SP
Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)	São Paulo SP

2.3.3 Síndromes de Mudança Global

O *German Advisory Council on Global Change* (WBGU) definiu em 1993 o conceito de síndrome como um indicador, trabalho consequente à identificação e descrição dos problemas centrais (*core problems*) associados com o processo de mudança global⁴ - por um lado, a mudanças no ambiente natural das pessoas ("*Ecosphere*"), por outro lado, as alterações na própria sociedade ("*Anthroposphere*") (Quadro 9).

⁴ Atividades humanas que geram impactos no meio ambiente sem precedentes, em escalas globais e de forma muito acelerada (WBGU 2000).

Quadro 9 - Problemas Centrais de Mudança Global (adaptação de WBGU 1997).

<i>Ecosphere</i>	<i>Climate change</i>
	<i>Soil degradation</i>
	<i>Loss of biodiversity</i>
	<i>Scarcity and pollution of freshwater resources</i>
	<i>Overexploitation and pollution of the world ocean</i>
	<i>Increasing incidence of human-induced natural disasters</i>
<i>Anthroposphere</i>	<i>Population growth and distribution</i>
	<i>Environmental threats to global food security</i>
	<i>Environmental threats to health</i>
	<i>Global disparities in development</i>

Uma abordagem relevante seria a recomendação do Conselho na concentração de alguns critérios em específico para que sejam aplicados quanto à seleção dos temas de investigação no domínio das alterações globais (Quadro 10).

Quadro 10 - Critérios de relevância para pesquisa em tópicos sobre Mudança Global (Tradução e adaptação de WBGU 1997).

<i>Global relevance</i>	São investigados parâmetros importantes, padrões básicos ou problemas centrais no Sistema da Terra? Um grande número de pessoas é afetado pelo problema? É provável que a pesquisa gere novas opções para controlar o ambiente/processo de desenvolvimento?
<i>Urgency</i>	São necessárias respostas rápidas a fim de evitar resultados socioeconômicos e ambientais negativos graves ou irreversíveis?
<i>Gaps in knowledge</i>	Podem lacunas graves relativas a uma visão holística do ambiente global e sua dinâmica serem preenchidas?
<i>Responsibility</i>	O país é direta ou indiretamente responsável sobre os problemas que estão sendo investigados? Será que o tópico se relaciona com os princípios éticos gerais?
<i>National impact</i>	Os problemas que estão sendo pesquisados podem ter efeitos diretos ou indiretos sobre o país?
<i>Research and problem-solving competence</i>	A pesquisa faz referência a áreas onde o país faz uma contribuição substancial em virtude de seu potencial científico, tecnológico e de infraestrutura? A pesquisa pode gerar aprimoramento e liderança nas áreas para melhorar ainda mais o potencial e reforço de atratividade do país para investimento?

Nesse contexto o estudo realizado em 1996 e publicado em 1997 *World in Transition: The Research Challenge*, contém uma lista que descreve dezesseis síndromes de mudança globais classificadas em três grupos (Quadro 11).

Quadro 11 - Síndromes de Mudança Global (tradução e adaptação de WBGU 1997).

GRUPO	SÍNDROME	DESCRIÇÃO
Síndromes de “Utilização”; resultantes do uso inadequado de recursos naturais como fatores de produção	1. <i>Sahel Syndrome</i>	Excesso de cultivo em terras/áreas marginais
	2. <i>Overexploitation Syndrome</i>	Excesso de exploração ⁵ dos ecossistemas
	3. <i>Rural Exodus Syndrome</i>	Degradação ambiental através de abandono de práticas agrícolas tradicionais
	4. <i>Dust Bowl Syndrome</i>	Uso não sustentável do solo e corpos d’água pela agroindústria
	5. <i>Katanga Syndrome</i>	Degradação ambiental por meio do esgotamento de recursos não-renováveis
	6. <i>Mass Tourism Syndrome</i>	Exposição e destruição da natureza para fins recreativos
	7. <i>Scorched Earth Syndrome</i>	Destruição ambiental através da guerras e ações militares
Síndromes de “Desenvolvimento”; problemas socioambientais decorrentes de desenvolvimento não sustentável	8. <i>Aral Sea Syndrome</i>	Danos ambientais de paisagens naturais como resultado de projetos de grande escala
	9. <i>Green Revolution Syndrome</i>	Degradação ambiental através da introdução de métodos agrícolas inadequados
	10. <i>Asian Tigers Syndrome</i>	Desrespeito pelas normas ambientais no curso de rápido crescimento econômico
	11. <i>Favela Syndrome</i>	Degradação ambiental através de crescimento urbano desordenado
	12. <i>Urban Sprawl Syndrome</i>	Destruição de paisagens através de expansões planejadas de infraestruturas urbanas
	13. <i>Major Accident Syndrome</i>	Desastres ambientais antropogênicos singulares com impactos de longo prazo
Síndromes de “Disposição”; degradação ambiental por sistemas de eliminação não adequados	14. <i>Smokestack Syndrome</i>	Degradação ambiental através difusão em larga escala de substâncias nocivas de longa vida/ação
	15. <i>Waste Dumping Syndrome</i>	Degradação ambiental através da disposição final controlada e não controlada de resíduos sólidos urbanos
	16. <i>Contaminated Land Syndrome</i>	Contaminação local dos ativos ambientais em áreas industriais

O conceito apresenta a ideia de que redes de inter-relações podem ser desenvolvidas para outros níveis além do global, e em uma análise regionalizada este instrumento forneceria indicação clara de que as interações em certas regiões, entre a sociedade e o meio ambiente, frequentemente operam de acordo com padrões típicos funcionais (síndromes) e a tese subjacente é que a dinâmica complexa de questões entre

⁵ Geociências; retirada, extração ou obtenção de recursos naturais, geralmente não renováveis, para fins de aproveitamento econômico pelo seu beneficiamento, transformação e utilização. Se contrapõe à exploração, que se refere à fase de prospecção e pesquisa.

meio ambiente e desenvolvimento pode ser atribuída a uma série de padrões discretos de degradação ambiental.

As síndromes caracterizariam um desenvolvimento de risco e representariam uma linha base para medir e indicar a não sustentabilidade (PHILIPPI e MALHEIROS 2013). Nessa perspectiva conceitual o desenvolvimento sustentável poderia significar a ausência de síndromes (RABINOVICH e TORRES 2004 *apud* PHILIPPI e MALHEIROS 2013) e uma aferição poderia ser construída pela condição de proporção inversa.

Conforme a WGBU, síndromes são transeitoriais por natureza: problemas específicos podem afetar vários setores (socioeconômicos) e o próprio meio ambiente, pois estariam sempre relacionadas, direta ou indiretamente, aos recursos naturais.

Síndromes seriam globalmente relevantes ao modificar o Sistema da Terra e teriam impacto notável, direta ou indiretamente, sobre a base da vida para uma parte importante da humanidade, ou quando soluções globais são necessárias para superar os problemas.

Cada um desses "perfis clínicos" do sistema representaria, portanto, um padrão básico distinto da degradação ambiental induzida pela sociedade. Isto significa que, em teoria, a respectiva síndrome se manifestaria de forma independente das outras e poderia continuar a se desenvolver, um caso particular em que síndromes exibem mecanismos de auto reforço.

No entanto, a autonomia de base das síndromes não excluiria a possibilidade de sobreposição passiva ou interação ativa entre esses padrões de degradação e nesse contexto pode-se distinguir algumas formas de associação de síndromes (Quadro 12).

Quadro 12 - Tipologias de Associação de Síndromes de Mudança Global (tradução e adaptação de WBGU 1997).

<i>Coincidence</i>	A forma mais fraca, ainda mais frequente em que síndromes interagem; é quando elas ocorrem simultaneamente em um país ou região, mas sem uma atuação como uma força motriz para a outra.
<i>Coupling Through Trends</i>	A forma mais forte de ligação síndrome; é quando duas síndromes têm uma ou várias tendências-chave comuns.
<i>Infection</i>	A síndrome que já está ativa pode desencadear outra síndrome em uma

	determinada região.
<i>Reinforcement</i>	Tendências podem ter um efeito de reforço (ou atenuação) umas sobre as outras, mas também podem ser síndromes inteiras. Não desencadeiam síndromes por tendências em comum, mas através da força total de seu padrão característico.
<i>Attenuation</i>	Influência de atenuação direta entre síndromes
<i>Succession</i>	Sucessão direta entre síndromes. A análise de padrões de sucessão de síndromes permite a compreensão histórica de um desenvolvimento socioambiental e desdobramentos possíveis do sistema.

O conceito de síndrome ofereceria algumas opções segundo o relatório WBGU, em primeiro lugar, a análise poderia ser prosseguida até um ponto tal que a vulnerabilidade de uma dada região para uma determinada síndrome poderia ser determinada, ou seja, uma prevenção. Em segundo lugar, a integração sistêmica de causas, mecanismos e efeitos como um padrão específico de problemas produziria uma melhor compreensão do sistema como um todo, permitindo assim recomendações para curar as síndromes.

Finalmente, o conceito abriria uma maneira de operacionalizar a noção de desenvolvimento sustentável. Ao caracterizar o desenvolvimento global por condições indesejáveis, ou perigosas, seriam definidas as esferas ambiental, econômica, social e cultural. Os "domínios não-sustentáveis" seriam demarcados pelo espaço de ação permitido por "barreiras de segurança", ou "superfícies de contorno" em uma visão tridimensional (Figura 2). Neste último, a sociedade permaneceria capaz de agir e tomar decisões livres sobre as atividades. Apenas quando a sociedade abordar as superfícies de contorno haveria um maior risco e estabilidade diminuída, enquanto que um desvio do sistema para além das barreiras de segurança deveria ser evitado.

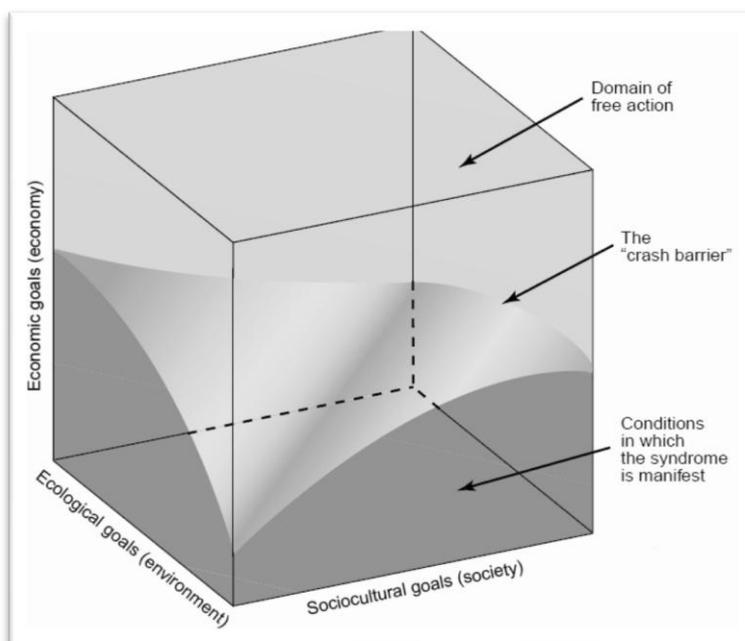


Figura 2 - Barreira de segurança "crash barrier" (WGBU 1997).

A complexidade do sistema e a incerteza que muitas vezes é inerente a dados disponíveis significaria que "barreiras de segurança" e "superfícies de contorno" não poderiam ser definidas com precisão. Deveriam, portanto, ser consideradas "zonas de fronteira", com contornos nebulosos (*fuzzy*). Estimativas de onde estas zonas estariam localizadas poderia variar de acordo com o estado atual do conhecimento, prevalecendo valores e a disposição da população a aceitar riscos, de modo que eles tenderiam a se deslocar ao longo do tempo. O trabalho de gerenciamento do sistema seria parar qualquer desvio no espaço para além das barreiras de segurança.

O conceito síndrome forneceria uma excelente base para a implementação do modelo de barreira de segurança e o desenvolvimento sustentável poderia, então, ser descrito como a ausência ou atenuação de síndromes (WBGU 1997).

Antes do conceito síndrome ser operacionalizado, de acordo com as recomendações do Conselho, seria necessário estabelecer indicadores base para a identificação e avaliação de síndromes de mudanças globais em um método passível de padronização. Isto envolveria a compilação de listas de indicadores que apontem as características que definem a respectiva síndrome (dimensões quantitativas, sintomas, características do sistema, avaliação de danos) e que compõem um perfil específico para a síndrome (*syndrome profile*).

Em termos do esquema de classificação (Quadro 11), esses perfis das síndromes seriam indicadores normativos-sistêmicos. Eles incluiriam indicadores compostos e sistêmicos, além de elementos normativos, pois assim não conseguiriam apenas identificar tendências complexas e insustentáveis dentro do ambiente global e do processo de desenvolvimento, mas eles também os avaliariam.

Esses perfis poderiam, de acordo com o exposto, ser considerados como "indicadores de desenvolvimento sustentável"; o desenvolvimento seria caracterizado como sustentável quando a manifestação global, ou regional, de uma síndrome individual, ou de todos os perfis, permaneça dentro de certos limites.

Para tal atuação a orientação de trabalho do Conselho apresenta os seguintes passos:

1. Atribuição de responsabilidades para os vários problemas centrais (degradação do solo, efeito de estufa, etc.) para a síndrome de causa, na proporção, ao tipo e quantidade;
2. Agrupamento e regulação detalhada da lista de indicadores existente (listas de substâncias perigosas, etc.) de acordo com o esquema de classificação para síndromes;
3. Elaboração de critérios fundamentais para determinar que a síndrome é mais grave do que outra (grau de danos às pessoas e natureza, potencial de cura, grau de impacto, etc.).

Procedendo conforme a orientação seria possível fazer uma avaliação clara de intensidade de uma síndrome e sua periculosidade geral. Com esta informação, seria possível também, implementar recursos disponíveis de uma forma mais específica, inicialmente para atenuar as síndromes que têm obviamente maiores consequências para a sociedade e natureza, e até mesmo impedi-las por completo quando possível (cenário de barreira de segurança).

Uma vantagem em ter uma base de estrutura organizacional para a investigação sobre as síndromes de mudança global seria não haver mais um foco exclusivo em determinados pontos problemáticos do meio ambiente, mas sim na estrutura comum que abarca a área problemática, as suas causas e os seus efeitos.

Cada síndrome serviria como um ponto focal de pesquisa em torno do qual seriam agrupadas questões disciplinares especializadas. Além disso, cada um destes padrões da mudança global geraria, quase que automaticamente, uma série de questões transversais que exigiriam a priori estratégias de investigações interdisciplinares.

Tal abordagem poderia ser implementada com sucesso caso todos os problemas fundamentais de mudanças globais fossem identificados dentro das síndromes. Nesses termos a atribuição de problemas principais para as síndromes poderia ser expressa conforme Quadro 13, onde as linhas da matriz correspondem aos dezesseis "perfis clínicos" do sistema, enquanto as colunas representam os problemas ambientais de relevância mundial.

Quadro 13 - Relação Síndromes X Problemas centrais (Syndromes X Core Problems) (Adaptação de WBGU 1997).

	<i>Ecosphere</i>						<i>Anthroposphere</i>			
	<i>Climate change</i>	<i>Soil degradation</i>	<i>Loss of biodiversity</i>	<i>Scarcity and pollution of freshwater resources</i>	<i>Overexploitation and pollution of the world ocean</i>	<i>Increasing incidence of human-induced natural disasters</i>	<i>Population growth and distribution</i>	<i>Environmental threats to global food security</i>	<i>Environmental threats to health</i>	<i>Global disparities in development</i>
1. <i>Sahel Syndrome</i>		•	•	•		•	•	•		•
2. <i>Overexploitation Syndrome</i>	•	•	•	•	•	•				•
3. <i>Rural Exodus Syndrome</i>		•	•			•	•	•		•
4. <i>Dust Bowl Syndrome</i>	•	•	•	•		•		•		
5. <i>Katanga Syndrome</i>		•	•	•						
6. <i>Mass Tourism Syndrome</i>		•	•	•		•				
7. <i>Scorched Earth Syndrome</i>		•	•				•	•	•	•

	Ecosphere						Anthroposphere			
	<i>Climate change</i>	<i>Soil degradation</i>	<i>Loss of biodiversity</i>	<i>Scarcity and pollution of freshwater resources</i>	<i>Overexploitation and pollution of the world ocean</i>	<i>Increasing incidence of human-induced natural disasters</i>	<i>Population growth and distribution</i>	<i>Environmental threats to global food security</i>	<i>Environmental threats to health</i>	<i>Global disparities in development</i>
8. <i>Aral Sea Syndrome</i>	•	•	•	•		•	•			•
9. <i>Green Revolution Syndrome</i>		•	•	•			•	•	•	•
10. <i>Asian Tigers Syndrome</i>	•	•	•	•			•		•	•
11. <i>Favela Syndrome</i>	•	•		•			•		•	•
12. <i>Urban Sprawl Syndrome</i>	•	•	•	•						
13. <i>Major Accident Syndrome</i>		•	•						•	
14. <i>Smokestack Syndrome</i>	•	•	•			•		•	•	
15. <i>Waste Dumping Syndrome</i>		•	•						•	
16. <i>Contaminated Land Syndrome</i>		•	•		•				•	

Observa-se que todos os problemas de fundo de mudança global poderiam ter uma relação com diversas síndromes de uma só vez. Obviamente, síndromes seriam fenômenos transeitoriais, cada uma englobando fatores causais próprios, e os mecanismos pelos quais elas operam seriam as principais contribuições à problemas fundamentais de uma forma significativa.

A dinâmica de análise proposta ilustra as características inerentes contrastantes em abordagens tradicionais, as quais analisariam problemas a partir de uma perspectiva

mais estreita, por hora as tendências se manifestariam como ambas as causas e os efeitos das síndromes, enquanto uma perda de biodiversidade, por exemplo, seria predominantemente um impacto resultante da síndrome em questão. A análise síndrome retornaria os fatores para o seu lugar de direito na corrente causal (feedback) e este método de análise e descrição baseada em sistemas forneceria uma estrutura organizacional para decifrar a complexidade da mudança global no meio ambiente e na sociedade.

Caso a pesquisa seja organizada de acordo com as principais síndromes do sistema, então os recursos existentes poderiam ser direcionados aos problemas e causas, aumentando assim a eficiência das atividades de investigação.

A título complementar o Conselho realizou uma pesquisa interna de especialistas com base nos critérios de relevância (Quadro 10) com o objetivo de identificar as síndromes em que a comunidade alemã de pesquisa deveria priorizar. Cada uma das dezesseis síndromes foi avaliada de acordo com os critérios de relevância. Os peritos também avaliaram a sua própria competência relativa, a fim de assegurar que a relevância de cada síndrome fosse avaliada o mais objetivamente possível. Isso foi necessário porque os membros do Conselho são especializados em diferentes áreas.

Aos participantes da pesquisa também foi dada a oportunidade de reservar julgamento sobre síndromes específicas. As opiniões sobre a relevância síndrome foram ponderados durante a compilação de acordo com a avaliação do perito de sua competência. Os resultados parciais da pesquisa são apresentados no Quadro 14, que agrupa avaliações de acordo com os dois critérios de maior relevância, pois os demais são específicos localmente e de pouca contribuição para o estudo em questão.

Quadro 14 - Extrato Ranking Síndromes X critérios relevantes (tradução e adaptação de WBGU 1997).

<i>GLOBAL RELEVANCE (R1)</i>		<i>URGENCY (R2)</i>	
3.9	14. <i>Smokestack Syndrome</i>	3.9	1. <i>Sahel Syndrome</i>
3.7	1. <i>Sahel Syndrome</i>	3.8	14. <i>Smokestack Syndrome</i>
3.7	11. <i>Favela Syndrome</i>	3.8	11. <i>Favela Syndrome</i>
3.6	2. <i>Overexploitation Syndrome</i>	3.6	2. <i>Overexploitation Syndrome</i>
3.3	15. <i>Waste Dumping Syndrome</i>	3.4	3. <i>Rural Exodus Syndrome</i>

GLOBAL RELEVANCE (R1)		URGENCY (R2)	
3.1	12. <i>Urban Sprawl Syndrome</i>	3.3	15. <i>Waste Dumping Syndrome</i>
3.0	9. <i>Green Revolution Syndrome</i>	3.1	12. <i>Urban Sprawl Syndrome</i>
2.8	3. <i>Rural Exodus Syndrome</i>	3.1	5. <i>Katanga Syndrome</i>
2.8	16. <i>Contaminated Land Syndrome</i>	3.1	6. <i>Mass Tourism Syndrome</i>
2.8	5. <i>Katanga Syndrome</i>	3.0	9. <i>Green Revolution Syndrome</i>
2.8	6. <i>Mass Tourism Syndrome</i>	2.9	4. <i>Dust Bowl Syndrome</i>
2.7	7. <i>Scorched Earth Syndrome</i>	2.8	7. <i>Scorched Earth Syndrome</i>
2.7	4. <i>Dust Bowl Syndrome</i>	2.8	10. <i>Asian Tigers Syndrome</i>
2.6	10. <i>Asian Tigers Syndrome</i>	2.8	16. <i>Contaminated Land Syndrome</i>
2.5	8. <i>Aral Sea Syndrome</i>	2.7	8. <i>Aral Sea Syndrome</i>
2.2	13. <i>Major Accident Syndrome</i>	2.5	13. <i>Major Accident Syndrome</i>

Com base nestes resultados as síndromes eram classificadas em três categorias de prioridade segundo a qual todos os critérios de relevância foram ponderados igualmente (Quadro 15).

Quadro 15 - Categorias de síndromes segundo criticidade/prioridade (Adaptação de WBGU 1997).

CATEGORIA I	CATEGORIA II	CATEGORIA III
1. <i>Sahel Syndrome</i>	2. <i>Overexploitation Syndrome</i>	3. <i>Rural Exodus Syndrome</i>
4. <i>Dust Bowl Syndrome</i>	5. <i>Katanga Syndrome</i>	7. <i>Scorched Earth Syndrome</i>
6. <i>Mass Tourism Syndrome</i>	8. <i>Aral Sea Syndrome</i>	10. <i>Asian Tigers Syndrome</i>
12. <i>Urban Sprawl Syndrome</i>	9. <i>Green Revolution Syndrome</i>	13. <i>Major Accident Syndrome</i>
14. <i>Smokestack Syndrome</i>	11. <i>Favela Syndrome</i>	
15. <i>Waste Dumping Syndrome</i>		
16. <i>Contaminated Land Syndrome</i>		

As síndromes em cada categoria não foram classificadas em seguida e estão listadas em ordem numérica de apresentação. A avaliação identificou sete problemas mais complexos como tendo prioridade superior.

A avaliação inicial aproximada das síndromes priorizadas para a investigação deveria ser debatida em um discurso especial sobre o conceito síndrome entre pesquisadores de

mudanças globais e tomadores de decisão, e alteradas quando necessário. O Conselho propõe um estudo de metodologia Delphi para ser realizada entre um grupo maior de especialistas.

2.3.3.1 Síntese Analítica da Contribuição

O indicador de desenvolvimento sustentável WBGU de síndromes de mudança global poderia suprir em parte as questões em aberto sobre o tema, e para tal destaca-se a sua perspectiva alternativa equivalente a uma mudança de paradigma na observação das condições sinérgicas de precariedade dos meios social e ambiental.

Destaca-se ampla viabilidade de aplicação devido ao perfil de adaptação conforme suas descrições e metodologias, incluindo a estrutura de ranking, útil como elemento agregado à tomada de decisão.

A aplicabilidade da lógica fuzzy seria relevante na avaliação de barreira de segurança do ambiente de tomada de decisão e no ranking de síndromes, através da qualificação e opinião dos especialistas.

2.3.4 Riscos de Mudança Global

O *German Advisory Council on Global Change* (WBGU), em sequência a publicação de 1997 *World in Transition: The Research Challenge* a qual contém o resultado de estudos sobre problemas centrais de mudanças globais e apresenta a lista das dezesseis síndromes de mudança globais utilizadas como indicadores de desenvolvimento sustentável, publicou em 2000 o estudo realizado em 1998 *World in Transition: Strategies for Managing Global Environmental Risks* o qual evoca a discussão sobre os riscos desse processo de transformação identificado como mudanças globais; atividades humanas que gerariam impactos no meio ambiente sem precedentes, em escalas globais e de forma muito acelerada.

As síndromes de mudança global, segundo o estudo, seriam o resultado de intervenções antrópicas no ambiente e os padrões característicos de danos para os seres humanos e ecossistemas formariam uma rede complexa e multicausal de efeitos e não poderiam ser representados como cadeias lineares de causa e efeito. Os padrões representariam uma série aparentemente estável, porém seriam padrões propensos a

risco de um sistema complexo, um “sistema de mudança global” (WBGU 2000). Inclusive, o conceito dos riscos particulares tratados também reside na circunstância de que os sistemas ambientais não seriam estruturalmente simples, sistemas lineares.

O estudo busca na teoria de dinâmica não-linear⁶ e na teoria de sistemas complexos⁷ uma oferta de ferramentas que permitiriam compreender esses riscos complexos e que poderiam ser utilizados para analisar, estruturar e classificar as características especiais de tais riscos.

Por sua vez a lógica Fuzzy é colocada como uma abordagem nova e promissora a qual considera a análise do conhecimento de sistemas incompletos e a impossibilidade de previsão de longo prazo (BÖHME, 1993 *apud* WBGU 2000). Através dessa técnica os critérios fuzzy seriam utilizados para a tomada de decisão imediata para atingir um objetivo global ou prevenir uma situação de perigo (SCHELLNHUBER e WENZEL, 1998 *apud* WBGU 2000).

A lógica Fuzzy seria capaz de provar utilidade particularmente em situações nas quais o sistema não é completamente descrito ou relações funcionais entre componentes do sistema conhecidos apenas qualitativamente. Em tais situações, o controle fuzzy ofereceria também uma oportunidade de utilizar conhecimentos qualitativos de especialistas para estratégias de controle e esse método não é só adequado para controlar sistemas técnicos simples, mas também para gerenciar sistemas extremamente complexos.

Nesses termos o objetivo proposto seria contribuir de forma construtiva para uma resposta eficaz, eficiente e objetiva para a gestão de riscos, expressa nessa conjuntura como aceitabilidade do risco no processo de mudança global.

⁶ Não-linearidade; a relação causa e efeito não são proporcionais em um dado sistema. Um distúrbio continuamente crescente pode permanecer sem efeito durante um longo período, mas pode, de repente, desencadear uma mudança no sistema (WBGU 2000).

⁷ Complexidade; refere-se ao entrelaçamento de subsistemas individuais com resultado em que os aspectos essenciais do sistema como um todo não podem ser entendidos pela análise das suas partes (WBGU 2000).

A abordagem adotada em gerar e aplicar conhecimentos para efeitos de identificação e gestão dos riscos seria um elemento decisivo na busca de caminhos para lidar com riscos globais e nesse sentido o estudo considera os seguintes pontos no processo de análise:

1. Identificar uma taxonomia de riscos globalmente relevantes e destacar as classes de risco particularmente relevantes;
2. Vincular as estratégias de avaliações de risco estabelecidas, assim como as inovadoras, com as ferramentas correspondentes de gestão de risco para essas classes identificadas, a fim de definir uma gestão de prioridades.

Além disso também são trabalhados os conceitos de *guard rail* e *guard rail corredor* para domínios específicos das mudanças globais (ênfase no princípio da responsabilidade e uma gestão orientada na classificação das classes de risco) e esses são estendidos para o conceito de zonas de fronteira; *critical zones*, no momento em que o risco se aproximar deveriam ser tomadas as devidas precauções ou providências. Destaca-se também o conceito de vulnerabilidade resultante das mudanças globais segundo características geográficas, assim como os conceitos de riscos ambientais sinérgicos e cumulativos.

Como justificativa é apresentado que em um mundo globalmente interligado, em que os desastres podem assumir proporções globais de forma rápida, permitir que eventos executem seu curso sem mitigar qualquer dano que possa surgir não seria um princípio eticamente aceitável. Os riscos aos quais a humanidade está exposta são inúmeros e alguns destes riscos estão associados a processos e eventos naturais, enquanto outros teriam sido criados ou intensificados por atividades humanas para o atendimento às suas necessidades, e assim não se poderia dissociar essas atividades aos possíveis efeitos colaterais no meio ambiente.

Por uma questão de princípio, segundo os conceitos expostos, os riscos da mudança global deveriam ser encarados, sempre que possível, como geradores de risco individual, preferencialmente a nível local ou regional, e nessa perspectiva o Conselho evidencia que as situações seriam agravadas pela circunstância de que em muitos países não são estabelecidas fortes posições institucionais para a gestão de risco e planejamento de emergência. Porém o suporte de apoio à decisão fornecida pela

estratégia apresentada segue o objetivo de que a capacidade de ação internacional não seja abrandada ou retraída, que os perigos potenciais dos riscos globais não sejam ignorados e sim tratados por uma abordagem de precaução.

Nesses termos a metodologia de categorização de risco é guiada, sobretudo, pela preocupação básica em desenvolver procedimentos específicos e regras de gestão que permitam trabalhar de uma forma direcionada ao risco individual e também proporcional à necessidade de contenção do mesmo.

A abordagem supõe, primeiramente, a relação de causalidade, causa e efeito específico, e também que a magnitude do dano potencial seria em grande parte identificável e que as probabilidades podem ser estimadas de modo sumário. Em seguida aponta, então, que o risco pode se situar em “*normal area*”, “*transition area*” ou “*prohibited area*” (Figura 3).

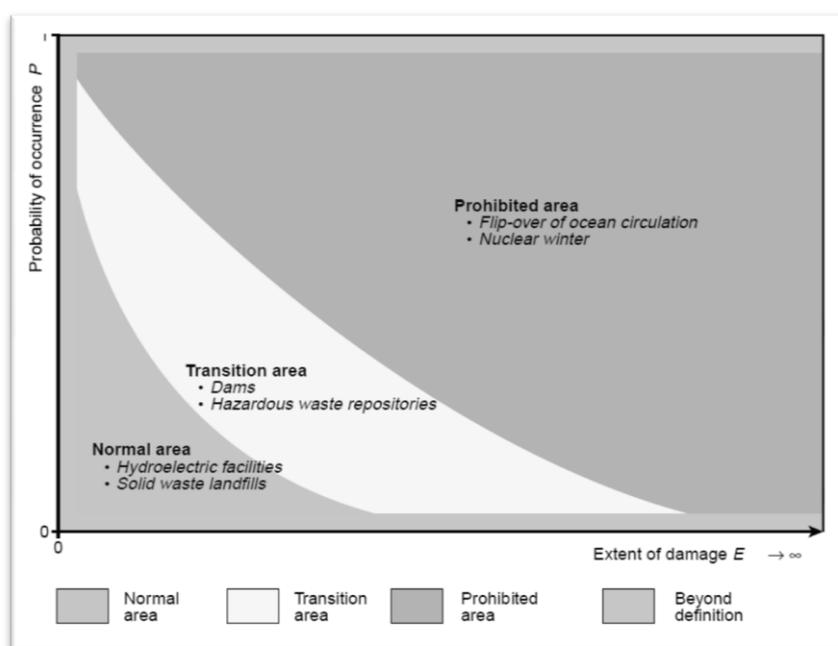


Figura 3 - Área normal, transição e proibida (WGBU 2000).

A proposta do estudo foca nos riscos presentes em “*transition area*”, ou área de transição, pois segundo o Conselho a “*normal area*” seria um campo de atuação cotidiana dos setores de administração, geralmente públicos, onde a probabilidade e gravidade são relativamente baixas e constariam diversas leis e regulações específicas. A “*prohibited area*”, ou área proibida, também se caracterizaria como relativamente elementar pois as consequências de se assumir riscos são tão graves que a redução do

risco é incondicional e em casos extremos a resposta apropriada é uma ação de proibição imediata.

Assim, a área de transição é descrita como a mais problemática pois o risco transcenderia os níveis do cotidiano e para se chegar a essa posição uma ou mais condições deveriam ser observadas:

1. O potencial do dano é alto;
2. A probabilidade de ocorrência é alta (onde nenhuma das outras condições é definida, este caso não é tão relevante ao nível global);
3. A incerteza da distribuição de probabilidade de efeitos adversos é alta;
4. Os intervalos de confiança de probabilidade e magnitude de danos são grandes;
5. Persistência, onipresença e irreversibilidade dos riscos são particularmente elevados;
6. Potencial de conflito e mobilização esperado por razões de injustiça distributiva percebido ou outros fatores sociais e psicológicos (migração, recusa, protesto, resistência).

A problemática de gestão na área de transição se apresentaria tanto pelos produtos de valor relativamente alto quanto a expectativa de grandes incertezas, ou mesmo quando uma das dimensões de avaliação seja considerada exacerbada. A sugestão de avaliação dessa problemática inclui os seguintes critérios: *Irreversibility* (o dano não pode ser remediado); *Persistency* (os contaminantes se acumulam durante longos períodos); *Ubiquity* (os contaminantes se espalham em todo o mundo); *Mobilization potential (refusal of acceptance)* (os riscos levam a conflitos graves e pavor entre o público em geral).

Em sequência à abordagem descrita, a proposta do estudo indica que o conceito de risco, segundo o Conselho, em resumo, se distingue entre cinco elementos:

1. Uma compreensão idealizada de risco que reflete o grau objetivo de perigo.
2. A avaliação dos riscos técnico-científica baseada na observação e modelagem que visa a aquisição de um conhecimento tão preciso quanto possível da relação de média de frequências de eventos prejudiciais no tempo e espaço.

3. A percepção de risco em geral com base na identificação intuitiva de risco e a sua avaliação sob a ótica individual ou social.
4. Uma avaliação de risco intersubjetiva com base em processos de formação racional de julgamento em termos de aceitabilidade do risco e tolerabilidade para a sociedade como um todo ou para determinados grupos ou indivíduos.
5. A gestão de riscos equilibrada que integra, por cada classe específica de risco, as medidas e ferramentas adequadas e apropriadas que lhes permitam reduzir, controlar e regular os riscos.

Por sua vez a classificação dos riscos, segundo a metodologia do estudo, aponta que os mesmos seriam classicamente definidos por dois fatores: a probabilidade e a magnitude dos danos (HAUPTMANNNS *et al.*1987 *apud* WGBU 2000). A avaliação desses dois fatores dependeria da quantidade e da qualidade dos respectivos dados permitindo uma previsão válida de frequências relativas.

Desse modo deriva-se o conceito *certainty of assessment* (WGBU 2000), ou certeza de avaliação, o qual, idealmente, poderia ser expresso por intervalos estatísticos da probabilidade e magnitude dos danos. Pelo termo “certeza de avaliação”, o Conselho compreende o grau de confiabilidade com o qual uma afirmação pode ser feita quanto à probabilidade de eventos com danos. Pode-se supor que a certeza da avaliação é relativamente alta se grandes quantidades de dados com baixos níveis de variação estão disponíveis e se houve longos períodos de observação com intervalos curtos entre as causas e efeitos, com uma elevada constância, se possível com variáveis intervenientes robustas. Nestes casos, o Conselho fala de baixa incerteza embora eventos singulares poderiam ainda não ser previstos.

Ainda nessa abordagem lacunas no conhecimento relativos à probabilidade e magnitude dos danos associados a incerteza de eventos poderiam ser resultado de déficit de informação (o qual pode, essencialmente, ser reparado), uma falta de conhecimento experimental (devido a eventos singulares ou ciclos extremamente longos), dificuldade em compreender a cadeia causal sistemática (devido a um labirinto de variáveis intervenientes) ou uma significância inadequada dos danos contra o ruído de fundo

eventos fortuitos. Desse modo, para indicar o risco como indeterminado⁸, somente a probabilidade de ocorrência ou a extensão dos danos seria desconhecida, porém para indicar o risco ignorado ambos os componentes devem ser desconhecidos (*unknown*). Tais riscos devem ser enfrentados por meio de antecipação; estratégias de prevenção de riscos e fortalecimento do sistema social (COLLINGRIDGE 1996 *apud* WGBU 2000).

Nesses termos o Conselho definiu uma classificação do risco com base nos critérios de observação da probabilidade de ocorrência (*P*) e extensão do dano (*E*). A indicação segue uma divisão em seis grupos conforme Quadro 16.

⁸ Companhias de seguros, por exemplo, podem lidar muito bem com os riscos que têm uma certeza de avaliação baixa do lado da probabilidade, desde que a certeza da avaliação esteja alta em relação à magnitude dos danos.

Quadro 16 - Panorama das classes de riscos – caracterização (Tradução e adaptação WGBU 2000).

CLASSES DE RISCO	CARACTERIZAÇÃO
<i>Damocles</i>	<i>P</i> é “ <i>low</i> ” (aproxima-se de 0)
	Certeza de avaliação de <i>P</i> é “ <i>high</i> ”
	<i>E</i> é “ <i>high</i> ” (aproxima-se de infinito)
	Certeza de avaliação de <i>E</i> é “ <i>high</i> ”
<i>Cyclops</i>	<i>P</i> é “ <i>unknown</i> ”
	Certeza de avaliação de <i>P</i> é “ <i>unknown</i> ”
	<i>E</i> é “ <i>high</i> ”
	Certeza de avaliação de <i>E</i> “ <i>tends to be high</i> ”
<i>Pythia</i>	<i>P</i> é “ <i>unknown</i> ”
	Certeza de avaliação de <i>P</i> é “ <i>unknown</i> ”
	<i>E</i> é “ <i>unknown</i> ” (potencialmente alta)
	Certeza de avaliação de <i>E</i> é “ <i>unknown</i> ”
<i>Pandora</i>	<i>P</i> é “ <i>unknown</i> ”
	Certeza de avaliação de <i>P</i> é “ <i>unknown</i> ”
	<i>E</i> é “ <i>unknown</i> ” (apenas suposições)
	Certeza de avaliação de <i>E</i> é “ <i>unknown</i> ”
	“ <i>Persistency</i> ” é “ <i>high</i> ” (várias gerações)
<i>Cassandra</i>	<i>P</i> “ <i>tends to be high</i> ”
	Certeza de avaliação de <i>P</i> “ <i>tends to be low</i> ”
	<i>E</i> “ <i>tends to be high</i> ”
	Certeza de avaliação de <i>E</i> “ <i>tends to be high</i> ”
	“ <i>Delay effect</i> ” “ <i>high</i> ”
<i>Medusa</i>	<i>P</i> “ <i>tends to be low</i> ”
	Certeza de avaliação de <i>P</i> “ <i>tends to be low</i> ”
	<i>E</i> “ <i>tends to be low</i> ” (exposição elevada)
	Certeza de avaliação de <i>E</i> “ <i>tends to be high</i> ”
	“ <i>Mobilization potential</i> ” “ <i>high</i> ”

Em relação à gestão de riscos, o procedimento recomendado pelo Conselho pode ser representado por uma árvore de decisão simples onde a tarefa do tomador de decisão está em categorizar riscos situados na área de transição de acordo com as classes específicas, ignorar os casos de riscos em área normal e adotar medidas de precaução⁹, caso muitas dificuldades na determinação de probabilidade de ocorrência e extensão do dano ocorram (Figura 4).

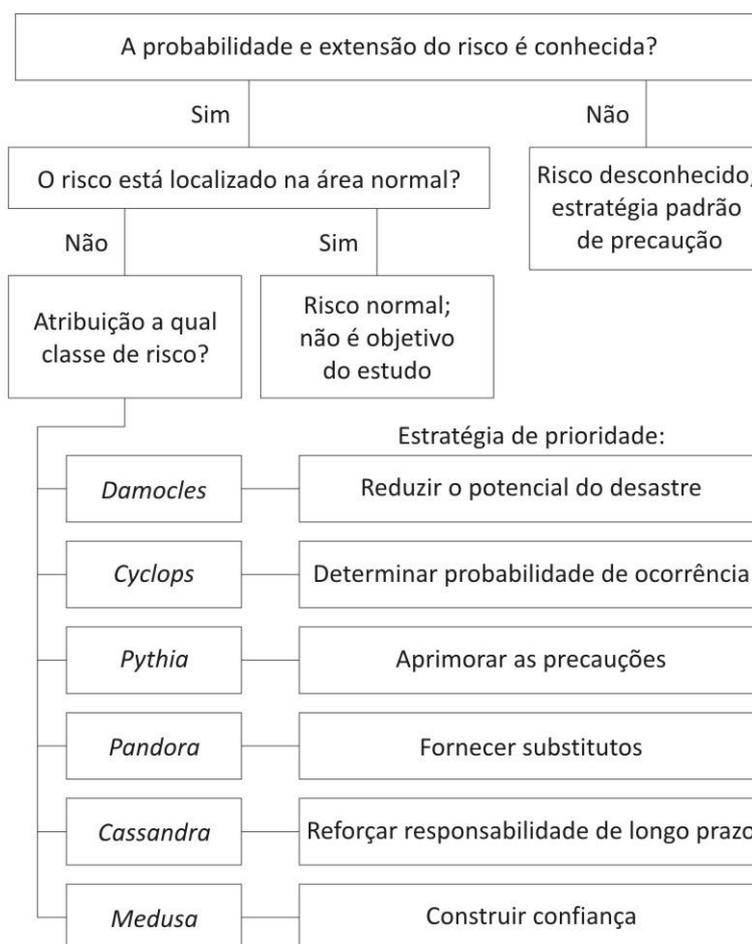


Figura 4 - Árvore de decisão para classificação de riscos de mudança global (Tradução WGBU 2000).

9 Se os riscos são totalmente ou em grande parte desconhecidos deve-se seguir então a estratégia padrão de precaução em três partes: 1. Desenvolvimento posterior de análise de atividades geradoras de risco com base nas referências de contenção ou limitação de riscos; 2. Fortalecimento da resiliência dos sistemas afetados; 3. Intensificação de pesquisa para evitar categorizações equivocadas em relação às diversas classes de risco a fim de identificar efeitos colaterais antecipadamente. Por fim um sistema de alerta prévio deve ser implementado para percepção e análise de riscos.

Os seis tipos de risco descritos pela metodologia do Conselho, com seus critérios e propriedades relevantes estão resumidos e localizados na Figura 5.

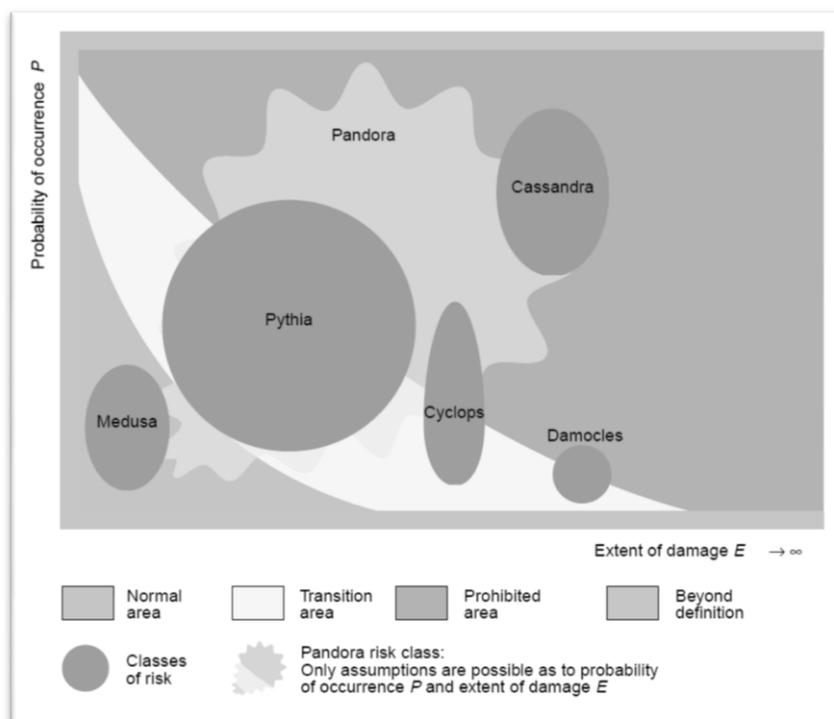


Figura 5 - Classes de riscos e suas distribuições sobre as áreas (WGBU 2000).

Os tipos permitiriam classificar os riscos situados na área de transição e a classificação não seria definitiva pois os riscos poderiam evoluir no decorrer do tempo de uma classe para outra. Do mesmo modo, ferramentas de gerenciamento de risco também poderiam ser utilizadas para transferir os riscos de uma classe para a outra e são detalhadas na publicação original.

Além dos dois componentes clássicos de risco, probabilidade e magnitude, mais elementos de avaliação poderiam ser incluídos na caracterização do risco (KATES e KASPERSON, 1983; CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1994; HALLER, 1990 *apud* WGBU 2000). Estes elementos de avaliação podem ser derivados a partir de pesquisas de percepção de risco e muitos já seriam propostos como critérios para os procedimentos de avaliação de risco em diversos países como Dinamarca, Países Baixos e Suíça (WGBU 2000). Os particularmente importantes segundo a metodologia do Conselho, seriam:

1. *Ubiquity*. Distribuição espacial dos danos ou de potencial de dano (equidade intergeracional)

2. *Persistency*. Âmbito temporal de dano ou dano potencial (equidade intergeracional)
3. *Irreversibility*. Não possibilidade de restaurar/recuperar o estado anterior à ocorrência de danos. No contexto ambiental, este é essencialmente uma questão de capacidade de restauração de processos de mudança dinâmica; não específica.
4. *Delay effect*. A possibilidade de que haja grande latência entre a causa e dano consequente. A latência pode ser física (reação de baixa velocidade), química ou natureza biológica (câncer ou alterações genéticas). Pode resultar também a partir de uma longa cadeia de variáveis (consequências de alterações climáticas).
5. *Mobilization potential (refusal of acceptance)*. Violação dos interesses individuais, sociais ou culturais e os valores que levam a uma reação correspondente por parte das pessoas afetadas.

Com base nesses critérios o Conselho desenvolveu, ainda em fase anterior, o conceito *guard rail*, o qual deriva de que certas perspectivas de danos implicariam em perdas substanciais de longo alcance que não poderiam ser justificados pelos ganhos associados. Considerando esse fenômeno o Conselho define que um *guard rail* poderia ter um perfil ecológico ou social.

Os critérios recomendados, então, são resumidos no Quadro 17 e como sugestão da metodologia podem ainda servir como base para a caracterização de vários riscos individuais assim como formulação de prioridades de risco.

Quadro 17 - Avaliação de riscos sob o conceito *guard rail* (Adaptação e tradução WGBU 2000).

CRITÉRIO	AMPLITUDE
Probabilidade de ocorrência <i>P</i>	<p>"Low" altamente improvável (próximo de 0)</p> <p>"Tends to be low" improvável</p> <p>"Tends to be high" provável</p> <p>"High" altamente provável (próximo de 1)</p> <p>"Unknown" desconhecido</p>
Certeza de avaliação de <i>P</i>	<p>"Low" certeza de avaliação pobre/fraca</p> <p>"Tends to be low" certeza de avaliação relativamente pobre/fraca</p> <p>"Tends to be high" certeza de avaliação relativamente alta</p>

CRITÉRIO	AMPLITUDE
	<p>"High" certeza de avaliação alta</p> <p>"Unknown" desconhecido</p>
Extensão do dano <i>E</i>	0 a próximo a infinito, ou "Unknown" desconhecido
Certeza de avaliação de <i>E</i>	<p>"Low" certeza de avaliação "poor"</p> <p>"Tends to be low" certeza de avaliação "still relatively poor"</p> <p>"Tends to be high" certeza de avaliação "relativity good"</p> <p>"High" certeza de avaliação "good"</p> <p>"Unknown¹⁰" desconhecido</p>
<i>Ubiquity</i>	<p>"Low" local</p> <p>"Tends to be low" regional</p> <p>"Tends to be high" transpõe fronteiras</p> <p>"High" global</p> <p>"Unknown" desconhecido</p>
<i>Persistency</i>	<p>"Low" período curto (< 1 ano)</p> <p>"Tends to be low" período médio (1 - 5 anos)</p> <p>"Tends to be high" período longo (15 - 30 anos)</p> <p>"High" várias gerações (> 30 anos)</p> <p>"Unknown" desconhecido</p>
<i>Irreversibility</i>	<p>"Low" pode se restaurar/recuperar</p> <p>"Tends to be low" pode se restaurar/recuperar amplamente</p> <p>"Tends to be high" pode se restaurar/recuperar parcialmente</p> <p>"High" irreparável/irrecuperável</p> <p>"Unknown" desconhecido</p>
<i>Delay Effect</i>	Curto a muito longo intervalo de tempo entre desencadeamento do evento e danos, ou "Unknown" desconhecido

¹⁰ "Unknown". Desconhecido: significa que o conhecimento disponível não permite qualquer classificação específica no espectro de baixa para alta ou uma declaração significativa de intervalos de confiança (WGBU 2000).

Obs.: para risco indeterminado somente a probabilidade de ocorrência ou a extensão dos danos é desconhecida, mas para risco ignorado ambos os componentes são desconhecidos.

CRITÉRIO	AMPLITUDE
<i>Mobilization Potential</i>	<p>“Low” não relevante politicamente</p> <p>“Tends to be low” não tende a ser relevante politicamente</p> <p>“Tends to be high” tende a ser relevante politicamente</p> <p>“High” altamente relevante politicamente</p> <p>“Unknown” desconhecido</p>

O conselho desenvolveu, em sequência, o conceito de *guard rail corredor*, o qual se prestaria a explicitar que uma abordagem especial seria necessária na atuação de controle e regulação de um risco particular. Também indicaria a necessidade de regulamentação institucional, a fim de chegar a uma avaliação e regulamentação adequada.

Os riscos que se enquadram no *guard rail corredor* estariam localizados na área de transição, estabelecida anteriormente como principal foco, porém ocasionalmente poderiam se localizar na área proibida.

A aplicação do conceito *guard rail corredor* (Figura 6) também se sustentaria caso a certeza de avaliação seja infinitamente pequena ou se as consequências são irreversíveis (*irreversibility*), não compensáveis e, ao mesmo tempo, altamente persistentes (*persistence*) e onipresentes (*ubiquity*), mesmo que ainda se saiba muito pouco sobre a magnitude dos possíveis danos.

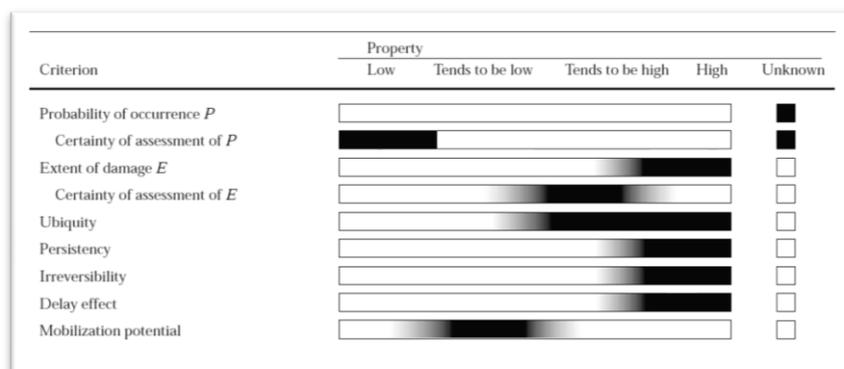


Figura 6 - Exemplo de aplicação dos critérios de avaliação de riscos no contexto do conceito *guard rail corredor* (WGBU 2000).

O conceito seguinte, *vulnerabilities resulting from global change* ou vulnerabilidade resultante das mudanças globais, também seria uma contribuição

relevante para o estudo e, por sua vez, determinaria que a amplificação dos riscos ambientais globais poderia também resultar da maior vulnerabilidade a um perigo.

O conceito de vulnerabilidade refere-se a potenciais modificados de danos, sobretudo a nível regional, que resultariam de uma maior susceptibilidade, ou diminuição, das capacidades de prevenção ou capacidades de reação, devido à gestão inadequada de risco ou ações perante desastres.

A vulnerabilidade seria um complexo regional e abrangeria tanto as características geográficas como as econômicas e sociais. O conceito se concentra sempre sobre as pessoas diretamente afetadas na região (WGBU 2000). Desse modo o estudo apresenta a possível relação entre tipologias geográficas e as síndromes de mudança global, as quais contribuiriam para o aumento da vulnerabilidade (Quadro 18).

Quadro 18 - Tipologia de vulnerabilidade a síndromes de mudança global (Adaptação e tradução WGBU 2000).

CARACTERÍSTICA GEOGRÁFICA	SÍNDROMES QUE AUMENTAM A VULNERABILIDADE
Área urbana marginal	11. <i>Favela Syndrome</i>
	7. <i>Scorched Earth Syndrome</i>
Área urbana desenvolvida	12. <i>Urban Sprawl Syndrome</i>
	8. <i>Aral Sea Syndrome</i>
Área rural marginal	1. <i>Sahel Syndrome</i>
	7. <i>Scorched Earth Syndrome</i>
Área rural desenvolvida	4. <i>Dust Bowl Syndrome</i>
	3. <i>Rural Exodus Syndrome</i>
	7. <i>Scorched Earth Syndrome</i>

A última abordagem relevante para o contexto se concentra nos riscos ambientais desconhecidos (*unknown*) de atividades de rotina e de processos de inovação. Uma possível fonte de riscos ambientais desconhecidos é a emissão contínua de substâncias notórias.

Segundo esses termos, nem em um futuro próximo poderia se esperar que o conhecimento sobre os processos do meio ambiente e os efeitos das intervenções

antropogênicas nestes complexos ecossistêmicos seria completo e ainda seria muito difícil para atividades de pesquisa identificarem esses riscos. Segue-se que numerosos riscos desconhecidos poderiam resultar de atividades rotineiras que já estariam em curso há um período considerável de tempo e em particular levam aos tipos de risco cumulativos e sinérgicos conforme Quadro 19 (SIEBERT 1987 *apud* WGBU 2000):

Quadro 19 - Tipologia de riscos

Riscos cumulativos	Se houver apenas conhecimento irregular sobre o valor limiar acima do qual o ecossistema entra em colapso devido a absorções químicas, há um risco de que estes valores limites foram transgredidos;
Riscos sinérgicos	Refere-se a um risco de uma substância a qual não representa perigo por si mesma, porém pode reagir de forma imprevista com substâncias já presentes no meio ambiente e causar danos.
Riscos de inovação	Avaliação feita após descoberta do risco

Em relação a riscos de inovação, globalmente relevantes, o estudo resume que não seria possível fazer qualquer declaração *ex ante*, e tais declarações só poderiam ser feitas após a descoberta do risco.

Assim, todo o processo possui foco na produção de conhecimento através da pesquisa do uso da análise das síndromes de mudança global para um reconhecimento antecipado do risco. Destaca-se a importância da interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, assim como gerenciamento de risco sob condições de incertezas.

2.3.4.1 Síntese Analítica da Contribuição

A análise de risco proposta garante aderência de relevância ao tema e a proposta, visto o tratamento do risco através da aceitabilidade e vulnerabilidade ao risco, sob a perspectiva do processo de mudança global relacionado ao desenvolvimento sustentável.

A aplicação do conceito de *guard rail corridor* poderia configurar alternativa complementar de critérios de diagnóstico situacional em conjunto a relação de características geográficas e síndromes.

3. RELAÇÕES GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E GERAÇÃO DE ENERGIA

O presente capítulo se concentra em elencar e analisar tópicos relacionados a gestão de resíduos sólidos urbanos e a geração de energia, sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável.

3.1 MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um instrumento, previsto pelo artigo 12 do Protocolo de Quioto de 2005 (Quadro 5), da viabilização do comércio de emissões e estabelece um mercado de compra e venda do “direito de emitir gases de efeito estufa”. Chamados de “créditos de carbono”, esses créditos podem ser conseguidos com a disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos, contribuindo para diminuir a emissão de biogás tanto pela desativação dos lixões quanto pela implantação de aterros sanitários, com o consequente tratamento dos gases produzidos pela decomposição da matéria orgânica dos resíduos sólidos (MCIDADES, MMA 2007). A Lei 12.187/09 Política Nacional sobre Mudança Climática – PNMC (Quadro 35), no mesmo contexto, determina no Art. 9 o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) para fins de operação em bolsas de valores.

É importante colocar que a MDL foca em projetos de aproveitamento energético (de biogás de aterros) e projetos de arborização e reflorestamento (BARROS 2010), e a PNMC indica a expansão da oferta atual de energia assim como oferta de fontes alternativas renováveis.

3.2 POLUIÇÃO ZERO

Alinhado às premissas, o conceito “poluição zero”, alvo de estudos das indústrias e com metas para 2020 (Figura 7), teria por objetivo reduzir os poluentes a níveis próximos de zero por meio da atuação sobre toda a cadeia do ciclo produtivo, ou do ciclo de vida do produto, através da recuperação e reutilização de resíduos da própria indústria, da venda de resíduos como insumo para outras indústrias, da utilização de energia e recursos renováveis e do aumento da vida útil de produtos (REIS 2012).



Figura 7 - Tendência de geração de resíduos industriais no conceito Poluição Zero (Adaptação de KANAYAMA 1999 *apud* REIS et al 2012)

3.3 CUSTO ASSOCIADO À REDUÇÃO NA FONTE

Uma contribuição relevante à análise considera que o gerenciamento integrado de resíduos poderia apresentar forte relação à questão energética avaliando as diversas transformações necessárias à utilização dos recursos naturais desde sua origem à disposição final, de volta à natureza. E em relação à otimização de recursos energéticos, a prática do gerenciamento integrado de resíduos apontaria uma hierarquia crescente de custo associado com início em redução na fonte (mudanças de processos e produtos), reciclagem (recuperação e reutilização), incineração, compostagem e, com a solução de maior custo, disposição sem tratamento (Quadro 20) (REIS 2012).

Quadro 20 - Hierarquia das opções da gestão ambiental (KANAYAMA 1999 apud REIS et al 2012)

OPÇÕES TÉCNICAS			CUSTO
Redução na fonte	Mudança nos processos	Substituição de matérias primas e insumos contaminantes	\$
		Utilização de tecnologias limpas	
		Melhoramento na gestão e nas práticas de operação	
	Mudança nos produtos	Projetos visando um menor impacto ambiental	
Reciclagem		Aumento da vida útil do produto	\$\$\$
		Recuperação e reutilização dentro do processo produtivo	
		Reciclagem fora do processo produtivo	
Pré-tratamento e tratamento			\$\$\$\$\$
Disposição final/destruição/remediação			\$\$\$\$\$\$\$\$\$

3.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

Ao focar os itens de discussão propostos seria necessário também incluir o item planejamento energético, para permitir uma introdução de indicadores também relacionados ao tema.

Nesse aspecto, Reis (2012) trabalha técnicas de planejamento integrado de recursos¹¹ (PIR), avaliação de custos completos¹² (ACC) e análise do ciclo de vida¹³ (ACV), além de indicar a lógica Fuzzy e redes neurais como instrumentos que permitam uma modelagem mais adequada de problemas, como avaliação de custos e benefícios intangíveis, tratamento de externalidades e tomada de decisão tendo em conta variáveis quantitativas e qualitativas.

11 Preocupação com o uso eficiente da energia e ênfase nos usos finais para determinar o potencial de conservação e custos e benefícios de implementação.

12 Consideração de recursos e usos de energia eficiente, impactos ambientais, impactos sociais, emprego de fontes renováveis e integridade financeira.

13 Avaliação de carga ambiental de sistema ou atividade; identificação e descrição quantitativa de energia, materiais e resíduos. Não aborda efeitos econômicos ou sociais.

Um indicador específico ao tema sustentabilidade energética, citado pelo mesmo autor, é o conjunto de oito indicadores em quatro dimensões desenvolvidos pelo grupo de especialistas da área energética da organização francesa Helio International criada em 1997 e com o objetivo de avaliar o progresso no setor com base em dados relativamente acessíveis (Quadro 21).

Quadro 21 - Indicadores de sustentabilidade energética (Helio International 2000 apud REIS et al 2012)

DIMENSÃO	INDICADOR	ALVO DE SUSTENTABILIDADE	REFERÊNCIA DE SUSTENTABILIDADE
Ambiental	1. Impactos Globais: emissões <i>per capita</i> de carbono no setor energético	70% de redução em relação à data referência*	Média global na data referência (KgC/ <i>per capita</i>)
	2. Impactos locais: nível dos poluentes locais mais significantes relacionados à energia	10% do valor da data referência	Nível de poluentes na data referência
Social	3. Domicílios com acesso à eletricidade	100%	0%
	4. Investimento em energia limpa: como incentivo à criação de empregos	95%	Nível na data referência
Econômica	5. Exposição a impactos externos: exportação de energia não renovável como % do total de exportação. Importação de energia não renovável como % da oferta total primária de energia	Exportações: 0% Importações: 0%	Exportações: 100% Importações: 100%
	6. Carga de investimentos em energia do setor público: energia não renovável como % do PIB	0%	10%
Tecnológica	7. Intensidade energética: consumo de energia primária por unidade de PIB	10% do valor na data referência (MJ/\$)	Média global na data referência (MJ/\$)
	8. Participação de fontes renováveis: na oferta primária	95%	Média global na data referência (%)

*data referência: 1990, na publicação 2012.

Esses indicadores, apesar de desenvolvidos em escala global, se apresentariam aplicáveis em escala local, com as devidas adaptações das referências econômicas e históricas. Também seriam úteis para um processo comparativo e, nesse caso, um diagrama poderia ser utilizado para a avaliação; quanto menor o valor do indicador maior seria o nível de desenvolvimento atingido (Figura 8).

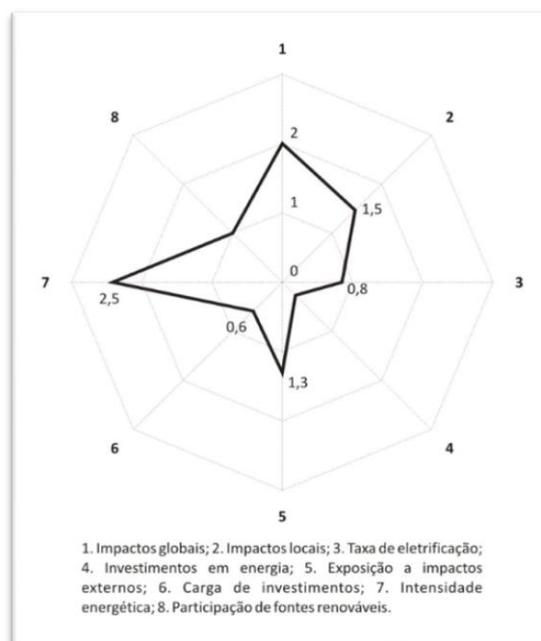


Figura 8 - Diagrama de indicadores - Exemplo de avaliação de um país (adaptação de REIS et al 2012).

3.5 WASTE TO ENERGY (WTE)

Um estudo apoiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES em 2014, “Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão” aponta que na atualidade existiriam diversos tipos de tratamentos para os diferentes resíduos e no Brasil, a prática mais utilizada para tratamento de RSU é a disposição final em aterros sanitários.

No entanto, países de maior desenvolvimento constariam com evoluções e inovações tecnológicas significativas que teriam acompanhado as necessidades energéticas, materiais e ambientais em relação às demandas socioeconômicas, com base em legislações objetivas e implantadas progressivamente ao avanço tecnológico.

O mesmo estudo indica que, dentre os sistemas básicos de tratamento de resíduos sólidos, a inovação apontaria para as tecnologias de recuperação dos resíduos (Waste to Resources – WTR) e, principalmente, energia derivada dos resíduos (Waste to Energy – WTE) ou de recuperação de energia (Quadro 22).

Quadro 22 - Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos (BNDES 2014)

SISTEMAS BÁSICOS	PROCESSOS	EVOLUÇÃO	PRODUTOS	INOVAÇÃO
Triagem	Físico	Coleta Seletiva, Tratamento Mecânico- Biológico (TMB).	Matéria-Prima para Reciclagem e Energia	Recuperação dos resíduos (Waste to Resources-WTR) Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
Tratamento biológico	Biológico	Biodigestores Anaeróbios, Compostagem	Composto Orgânico e Energia	Agricultura e Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
Incineração	Físico-químico	Tratamento Térmico	Vapor e Energia Elétrica	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
Aterros sanitários	Físico, químico e biológico	Reator Anaeróbio, Tratamento da Matéria Orgânica	Biogás (Energia) e lixiviado	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy- WTE) e Fertilizantes

A recuperação de energia dos resíduos sólidos urbanos (RSU), pelo conceito WTE, se daria por tratamento térmico através das tecnologias de incineração, pirólise, plasma, gaseificação, microondas e autoclave (BARROS 2012). Nesse caso, a precaução principalmente na incineração seria a emissão de poluentes atmosféricos, referenciados na Resolução CONAMA nº 316/2002, como substâncias inorgânicas na forma particulada (classes 1, 2 e 3), além dos gases óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxidos de carbono, compostos clorados inorgânicos, compostos fluorados inorgânicos, dioxinas e furanos.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA TRATAMENTO TÉRMICO

Uma questão relevante para a discussão de tratamentos térmicos é a caracterização dos resíduos e o seu poder calorífico. Segundo Cosenza (2014), para essa finalidade, a origem e o conteúdo dos resíduos deveriam ser classificados, assim como a listagem dos resíduos deveria ser cuidadosa quanto à origem e os diferentes graus de periculosidade. No caso, a função de produção que permitiria calcular o rendimento dos insumos exigiria uma tecnologia flexível, dado que não é possível trabalhar com coeficientes tecnológicos constantes. As escalas e as tecnologias seriam fundamentais

para medir o rendimento dos insumos, considerando a flexibilidade no uso de matérias de diferentes origens e consistência física. Seriam importantes inclusive a estimativa da regularidade de fluxo dos insumos que considere a escala das entidades de origem além de cálculos aproximados de percentuais de resíduos.

Não obstante, como contribuição teórica, a literatura apresenta a reunião de características dos RSU em biológicas (biodegradação, espécies microbiológicas), físicas (morfológicas¹⁴, gravimétricas¹⁵, teor de umidade e compressividade, geração *per capita*) e a mais importante para a determinação do poder calorífico; químicas (proporção carbono nitrogênio C/N, poder calorífico, potencial hidrogeniônico pH, composição química).

Nesse contexto, o método de medição do poder calorífico teria base no balanço de energia na combustão completa na relação de poder calorífico superior (PCS) e poder calorífico inferior (PCI), considerando o produto do estado final da mistura de gases de combustão com o vapor d'água que se forma de substâncias hidrogenadas (MAHLER 2012).

Porém, segundo os autores estudados, a maior dificuldade de classificação e desenvolvimento de estudos de RSU no Brasil seria a sua constante variação no decorrer e ao longo dos anos, considerando diversos fatores sociais, econômicos e ambientais.

3.7 A PROBLEMÁTICA DE ESCOLHA DE TECNOLOGIA

Além do aspecto de caracterização de resíduos, os processos de tomada de decisão em uma possível escolha, ou processo comparativo de tecnologias de tratamento térmico de resíduos, ocorreria possivelmente em ambientes complexos e tenderiam a envolver informações imprecisas, objetivos múltiplos e diferentes agentes de decisão (BNDES 2014).

14 Dimensão geométrica

15 Medidas de massa e pesagem da amostra; peso específico aparente, relação peso não compactado e volume ocupado.

Nesse contexto, a análise de custos, assim como em muitos setores de economias em desenvolvimento, poderia se apresentar como ferramenta estratégica no processo de tomada de decisão e no setor de resíduos sólidos, tradicionalmente, existiria uma tendência em se discutir custos e receitas com base nas *gate fees*¹⁶ (BNDES 2014), porém a eficiência desse gerenciamento dependeria muito do desenvolvimento do mercado de tratamento de resíduos.

Com todos os aspectos relacionados seria importante esclarecer a complexidade de um comparativo técnico de tecnologias de tratamento térmico de resíduos sólidos e uma análise desse porte demandaria um estudo em paralelo, tratando inclusive dos itens mercado e escala, porém não implicaria que outros aspectos gerais sejam estudados como os critérios e fatores comuns de localização.

3.7.1 Mercado, Escala e Localização

O mercado, a escala e a localização são os três estudos fundamentais que antecedem a implantação de uma unidade produtora, incluindo equipamentos geradores de energia (COSENZA 2014).

3.7.1.1 Mercado

O estudo de mercado, ainda segundo o autor, dependeria do levantamento dos antecedentes e o estabelecimento de bases empíricas para a análise, e deveria responder as questões básicas que motivaram o projeto; quantidade, valor e condições de comercialização do produto e, ainda, se a oferta é parte de uma demanda insatisfeita ou substituição, ou mesmo complemento, de uma cadeia já existente.

Nesse sentido os projetos públicos apresentariam semelhança fundamental aos projetos empresariais pois ambos envolvem a aplicação de recursos para obtenção de resultados, mesmo com resultados diferentes, sendo o primeiro de natureza econômica e o segundo de natureza social e ambiental (CLEMENTE e COSENZA 2008).

¹⁶ *Gate fee* pode ser definido como uma contrapartida financeira determinada pela quantidade de resíduos a ser tratada ou disposta em alguma unidade e deve refletir os custos de operação e manutenção bem como as taxas ou tarifas cobradas pelo serviço (BNDES 2014).

Portanto, as conclusões do estudo de mercado, e sua dinâmica, proporcionariam critérios básicos para determinar o tamanho do projeto através da quantidade demandada e de seu crescimento no tempo.

3.7.1.2 ESCALA

A escala, segundo o autor, seria o estudo das economias que derivam de custos unitários em relação ao tamanho da planta e estaria associada à tecnologia e aos rendimentos dos insumos. No caso em questão, uma função de produção flexível, dado que não consta coeficientes fixos entre os fatores, poderia permitir calcular os rendimentos dos insumos/fatores usados no processo (COSENZA 2015).

A principal influência da escala seria o mercado e sua distribuição geográfica visto que esta é condicionada à solução de um problema crítico, que exige uma rigorosa metodologia na escolha do sítio.

Sob a perspectiva de geração de energia, a produção se insere em uma rede onde a projeção da demanda se efetuará em função das taxas de crescimento global de consumo com diversificação do sistema de produção e distribuição, o que induziria ao uso de métodos de otimização do tamanho no “período ótimo de produção” considerando, também, o cálculo do tamanho mínimo de projeto.

No caso em questão seria preciso uma discriminação objetiva dos segmentos consumidores e várias são as técnicas que podem ser utilizadas, sendo a mais comum *tendência histórica*¹⁷ além de *cross-section*¹⁸ (COSENZA 2015).

A escala se limitaria pela demanda, tecnologia e economia de escala, investimentos e custos associados ao tamanho do projeto, e dependeria dos estudos de mercado e localização, este último, segundo Cosenza (2015), pode ser a espinha dorsal de projeto e definido como um “risco calculado”.

¹⁷ Relativo a série temporal (estatística, econometria, matemática aplicada e processamento de sinais); coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo onde a ordem dos dados é fundamental para a análise (diferente de modelos de regressão linear com dados cross-section).

¹⁸ Dados de corte transversal (estatística ou econometria); amostra de dados em um determinado ponto no tempo.

4. ANÁLISE DE TEORIAS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL

A localização industrial é fundamental para empresas e Estado, seja por custos e receitas de um ponto e desenvolvimento urbano e regional por outro. Em escala regional os aspectos mais relevantes seriam os logísticos, suprimentos e mão de obra quando em escala urbana se destacam as regulamentações locais e acessibilidade (CLEMENTE e COSENZA 2008).

Martins (2010) desenvolve o tema em sua essência como representante de diretrizes fundamentalmente econômicas, com foco em minimização de custos. A compreensão da influência da localização espacial no processo produtivo por parte de empresários, agentes governamentais e teóricos da localização reside na questão de onde localizar a planta produtiva bem como e com que intensidade o espaço geográfico exerceria influências sobre as atividades econômicas e no desenvolvimento regional.

Em relação às recentes demandas sociais de responsabilidade ambiental seriam poucas as referências em períodos anteriores. Critérios socioambientais relativos à implantação de empreendimentos seriam concentrados na fase de licenciamento ambiental, conseqüente à localização, onde as considerações seriam direcionadas à identificação e mitigação de impactos potenciais de instalação e operação, para que então sejam geradas ações compensatórias em programas específicos, conforme tratado no Anexo I.

4.1 TEORIAS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL

As teorias de localização poderiam ser divididas basicamente entre duas correntes principais, a clássica/neoclássica e a comportamental, essas se desenvolveram com base em fundamentos consideravelmente distintos e antagônicos. Porém, recentemente passou-se a buscar uma maior integração entre as diversas teorias locais, a partir de abordagens tanto quantitativas quanto qualitativas (JOHNSTON, 1986; LAMBOOY, 1986; HEALEY & ILBERY, 1990; WALMSLEY & LEWIS, 1993 *apud* MARTINS 2010).

O comparativo, mais detalhado, das teorias de localização realizado por Martins (2010) indica quatro grupos de abordagem sob uma ótica de estratégica econômica (Quadro 23).

Quadro 23 - Teorias de localização industrial (adaptação MARTINS 2010)

TEORIA	CONCEITOS CHAVE	CARACTERÍSTICAS	AUTORES E REFERÊNCIAS
Neoclássica	Situação de mercado, redução de custo (Fatores Locacionais)	Considerações econômicas; modelos baseados na minimização dos custos dos fatores; utilização de modelos teóricos matemáticos.	Fundadores: VON THÜNEN 1826, LAUNHARDT 1872, WEBER 1909 e PALANDER 1935. MOSES 1958, LÖSCH 1954, ISARD 1956; marco inicial das ciências regionais.
Comportamental	Informação/habilidades/percepção/imagens (Fatores Internos)	Importância de considerações pessoais no lugar dos fatores de custo. Uso de mapas mentais, questionários e trabalhos empíricos detalhados.	SIMON 1959, PRED 1967, KRUMMER 1969, TOWNROE 1971, KEEBLE 1976 e 1978, PELLENBARG 1985, LOUW 1996 e EBELS 1997.
Institucional	Redes, confiança, capital social (Fatores Institucionais)	Foco na interação entre firmas e não no comportamento individual; análise da interdependência entre agentes econômicos, governamentais e sociais.	TRIGILIA 1986, PUTMAN 1993; KRUGMAN 1995; FUJITA et al. 1999.
Evolucionista	Dependência de caminho, rotina (Fatores Externos)	Utiliza conceitos de Darwin, variação, seleção e determinismo (path dependency), traduzidos para a geografia econômica como inovação, competição e rotina. O conhecimento depende de um processo de aprendizagem informal (learning by doing)	NELSON e WINTER 1982; AMIN 1999.

Martins (2010) acrescenta que a revisão das teorias locacionais mostrou que a teoria neoclássica foi apropriada para indústrias básicas e pesadas, tornou-se menos adequada para a análise de crescimento subsequente de grandes empreendimentos; controle de várias instalações e em muitos casos atuação em setores distintos, ocorrência do início dos anos 60. Por sua vez, as abordagens institucionais, comportamentais e evolucionistas se sobrepõem e, em certa medida, tendem a complementar umas às outras, e no que diz respeito às abordagens comportamental e institucional em especial, poderiam ser combinadas em uma única teoria.

Contudo, a contribuição é de que as teorias produzidas são válidas, porém seria importante o foco na integração das abordagens qualitativa e quantitativa ao debate entre os méritos relativos para que assim haja campo na produção de novas visões.

Nesses termos, uma sugestão indicada como alternativa às abordagens apresentadas seria o Modelo Análise Hierárquica COPPE-Cosenza (COSENZA 2005) o qual parte de um preceito inicial e definição objetiva do conceito de *adequabilidade locacional*, e propõe resolver o problema da decisão locacional através de um processo hierárquico de relação entre necessidades de produção, exigidos por uma atividade, com um conjunto de características locais de sítios potenciais, em modo simultâneo de análise e podendo utilizar lógica Fuzzy.

Para subsídio à análise, particularmente em relação a critérios socioambientais e atendimento às boas práticas mundiais (ATALA 2003), as metodologias de destaque seriam as de localização de empreendimentos nucleares de potência, ou usinas nucleoeletricas, assim como as metodologias de segurança e gerenciamento de riscos de sítios nucleares (GUIMARÃES 2003, GUIMARÃES 2010). A referência metodológica de localização de relevância nessa área seria a qual tem base no estudo da *Electric Power Research Institute* (EPRI 2002).

4.1.1 Modelo EPRI *Siting Guide*

As metodologias mais rigorosas de localização industrial, inclusivas de critérios ambientais segundo literatura pesquisada, seriam as específicas de usinas nucleoeletricas. Dentre essas podemos categorizá-las como aplicações metodológicas de tendências mais objetivas ou mais subjetivas.

A metodologia com tendência mais objetiva é a de origem norte-americana *Siting Guide: Site Selection and Evaluation Criteria for Early Site Permit Application* do *Electric Power Research Institute* (EPRI), validada pela *United States Nuclear Regulatory Commission* (USNRC), que se destaca entre outras de origem inglesa, francesa e sul coreana de perfis mais subjetivos.

A metodologia

O sucesso do empreendimento nuclear de potência, que compreende a seleção do sítio, seleção de tecnologia, estruturação econômica, obtenção de financiamento, construção e operação dependeria de um adequado controle de riscos em cada uma destas etapas (EPRI 2002).

O *EPRI Siting Guide: Site Selection and Evaluation Criteria for an Early Site Permit Application* é uma metodologia de seleção de sítios para empreendimento nuclear de potência que considera um processo de quatro etapas, envolvendo a aplicação sequencial de três tipos critérios; exclusão, evitação e adequação, definidos com base na severidade das limitações impostas além do desenvolvimento de fatores de ponderação a serem aplicados sobre os critérios de adequação.

Práticas anteriores e requisitos regulatórios também agrupam os critérios em quatro naturezas; segurança e saúde, ambiental, uso de terras e socioeconômico, engenharia e custos correlatos. Critérios ambientais por sua vez são classificados; efeitos sobre ecologia aquática relacionados à construção e efeitos sobre ecologia terrestre relacionados à construção e operação.

Três princípios seriam fatores de sucesso para o processo (ATALLA 2009):

1. O processo de seleção deverá considerar diversos sítios possíveis dentro de uma região de interesse;
2. O processo deverá assegurar adequadas oportunidades de envolvimento do público;
3. O processo de escolha da localização do sitio nuclear deve ter como filosofia, fornecer resultados razoáveis e imparciais para um observador neutro.

Conforme descrito por Atala (2003) o *EPRI Siting Guide* procede por etapas distintas. A primeira etapa compreende a aplicação ordenada de critérios de exclusão, evitação e adequação (Quadro 24).

Quadro 24 - Aplicação de critérios de seleção (Adaptação EPRI 2002)

1. CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	
A região de interesse é avaliada através de critérios de exclusão, visando eliminar áreas onde a instalação de usinas nucleares é inviável devido a impedimentos regulatórios, institucionais, de projeto, ambientais e outros.	
2. CRITÉRIOS DE EVITAÇÃO	
As áreas não eliminadas na etapa anterior são avaliadas com informações mais detalhadas, visando identificar e excluir áreas protegidas por razões por exemplo de:	
1.	Adensamento Populacional
2.	Razões Ecológicas (APA's, Unidades de Conservação)
3.	Estruturas geológicas e falhas
4.	Suprimentos de água para refrigeração
5.	Terrenos alagadiços.
3. CRITÉRIOS DE ADEQUAÇÃO	
As etapas anteriores têm por objetivo eliminar, por inconsistência, grandes áreas dentro da região escolhida.	
As áreas remanescentes são presumivelmente aceitáveis.	
O foco do processo se altera para a avaliação relativa de sítios, e a identificação daquele que possui o conjunto mais favorável de condições para assentar uma usina nuclear.	
Tem por objetivo a identificação e classificação de um número pequeno de áreas candidatas para estudos mais detalhados.	
Características favoráveis de diversos critérios de cada sítio são comparadas e classificadas.	

Nesta etapa, as informações sobre os sítios seriam mais detalhadas, requerendo investimentos maiores.

A segunda etapa compreende a aplicação de critérios com base em aspectos específicos (Quadro 25).

Quadro 25 - Aspectos de seleção de sítios (Adaptação EPRI 2002)

CRITÉRIOS EM ASPECTOS ESPECÍFICOS NA SELEÇÃO DE SÍTIOS	
Critérios de Saúde e Segurança	Geologia/sismologia
	Movimento vibratório do solo
	Falhas geológicas
	Perigos geológicos
	Estabilidade do solo

CRITÉRIOS EM ASPECTOS ESPECÍFICOS NA SELEÇÃO DE SÍTIOS	
	Suprimento de água (para sistemas de emergência)
	Requisitos de temperatura ambiente
	Inundações
	Instalações perigosas nas proximidades
	Ventos
	Precipitação de chuva
	Densidade populacional
	Planejamento de emergência
	Dispersão atmosférica
	Capacidade de diluição
	Proximidade de consumidores de água
Critérios Ambientais	Interrupção de espécies/habitats importantes
	Contaminações em potencial
	Pântanos
	Profundidade do lençol freático
	Efeitos sobre espécies migratórias
	Qualidade da água
	Contaminação de fontes a montante
	Taxas de sedimentação
Critérios Socioeconômicos	Impactos durante a Construção
	Impactos durante a Operação
	Justiça Ambiental
	Efeitos sobre o Uso da Terra
Critérios Relacionados a Engenharia e Custos	Suprimento de Água
	Distância de bombeamento
	Inundação
	Movimento vibratório do solo
	Estabilidade do solo
	Acesso ferroviário
	Acesso rodoviário

CRITÉRIOS EM ASPECTOS ESPECÍFICOS NA SELEÇÃO DE SÍTIOS	
	Acesso hidroviário
	Transmissão
	Topografia
	Direitos sobre a terra
	Custo da mão-de-obra

Cada um destes critérios poderia ser classificado como exclusão, evitação e/ou de adequação.

As duas primeiras etapas são geográficas por natureza e demanda o emprego de um sistema de informação geográfico (GIS/SIG). Nas duas etapas seguintes segue a comparação de sítios individuais com base em suas adequações relativas e cada critério é avaliado de forma independente. Esta avaliação realizada através de funções utilitárias deve traduzir características quantificáveis dos sítios numa escala comum e utilizar fatores de ponderação da importância dos vários critérios envolvidos.

Em um processo sequencial seriam escolhidos na ordem, definida a Região de Interesse:

1. Áreas candidatas
2. Sítios potenciais
3. Sítios candidatos
4. Sítios preferidos

Por fim, resumidamente, em um processo iterativo, aponta a um sítio excelente.

4.1.1.1 Síntese Analítica da Contribuição

A metodologia EPRI, justamente por se inserir no grupo considerado de rigor elevado, seria uma contribuição relevante em metodologia de localização industrial, considerando classes e ordenamentos de aplicação de critérios, além de fonte de referências em critérios locais com base em aspectos socioambientais.

4.1.2 Segurança e Gerenciamento de Riscos de Sítios Nucleares

A publicação Segurança de Sítios Nucleares (GUIMARÃES 2010) confere uma compilação de informações técnicas em relação à análise de segurança de sítios nucleares desenvolvida pelo instituto francês *Institut de Radioprotection et Sûreté Nucleaire* (IRSN) e também possui um caráter complementar à publicação Usinas Nucleoelétricas: Escolha de Local (ATALLA 2009).

Segundo Guimarães (2010) a construção de qualquer instalação de risco¹⁹ passaria, em um primeiro estágio, pela busca e seleção de um sítio. A escolha se efetuariá primeiramente em função dos limites técnicos e implicaria a existência de certos fatores favoráveis, entretanto as instalações nucleares poderiam acarretar riscos maiores ao meio ambiente. Nesses termos foi concebida a análise específica para a indústria nuclear a qual se articula em três fases: estudar os fenômenos, avaliar os riscos e evitar os danos. O estudo tem como base uma classificação de agressões externas advindas do meio ambiente (Quadro 26), as quais configuram ameaça e requerem exame e caracterização do meio ambiente para se estime o risco que a instalação pode gerar.

Quadro 26 - Classificação de agressões externas (Adaptação GUIMARÃES 2010)

AGRESSÕES EXTERNAS	ITENS DE RISCO	ORIGEM NATURAL	ORIGEM HUMANA
Agressões provenientes do solo	Riscos sísmicos	Rudimentos de sismologia	Sismo induzido; destruição de obra (deslizamento, assentamento)
	Riscos geotécnicos e vulcânicos	Liquefação do solo	
		Fratura de superfície	
		Movimentos do terreno	
	Vulcanismo		
Agressões das águas	Causas das inundações	Variações do nível dos rios	Destruição de barragens, construção em costa
		Níveis marinhos excepcionais	
Agressões que se propagam no ar	Riscos naturais da atmosfera	Fenômenos meteorológicos extremos	
	Riscos industriais		Explosões

19 O conceito referência trata risco potencial (máximo imprevisto nas condições mais desfavoráveis possíveis) e risco residual (subsiste depois de serem tomadas as medidas de proteção) (GUIMARÃES 2010)

AGRESSÕES EXTERNAS	ITENS DE RISCO	ORIGEM NATURAL	ORIGEM HUMANA
			Incêndios
			Emissões de produtos tóxicos, corrosivos ou nocivos
			Quedas de aviões

A primeira fase de estudo dos fenômenos seria feita através de compreensão científica e pesquisa de antecedentes, além de características particulares das agressões no sítio e entorno. A segunda fase de avaliação de risco consistiria em determinar o nível de agressão e poderiam ser utilizadas quadro abordagens: método histórico²⁰, determinista²¹, preditivo²² e probabilístico²³, sendo que, essencialmente, são adotadas as determinísticas ou probabilísticas. A terceira fase trata-se de reduzir ao mínimo razoável os eventuais danos; a razão dos estudos de segurança (GUIMARÃES 2010).

Outra contribuição da publicação, além da caracterização de agressões externas, seria a caracterização das agressões do sítio, a qual se concentra na análise dos resíduos considerando sua origem, natureza e comportamento, este último caso de resíduos atmosféricos. Os resíduos no solo se relacionariam às transferências para águas subterrâneas e a consequente poluição dos lençóis freáticos, os resíduos nas águas de superfície se relacionariam às transferências de efluentes a águas de superfície, e por fim, resíduos na atmosfera se relacionariam às dispersões atmosféricas de efluentes.

A relação final do estudo concentra a atenção à população de entorno através de análises demográficas e determinação de grupos críticos, assim como planos de intervenção e reabilitação.

20 Opera por aproximações sucessivas de uma classificação e análise de acidentes, relacionando frequências e gravidade.

21 Determina o limite superior que um perigo pode atingir, nas condições mais desfavoráveis.

22 Modelagem de cálculo de consequências de acidentes a partir de criação de cenários.

23 Produto de probabilidade de consequências inaceitáveis: $P = \sum_i P_{i1} \cdot P_{i2} \cdot P_{i3}$ onde: \sum_i é a soma das probabilidades às várias agressões, P_{i1} é a probabilidade de ocorrência de uma agressão, P_{i2} é a probabilidade de falha de sistema de segurança e P_{i3} a probabilidade de consequências inaceitáveis por ocasião de agressão e falha de sistema.

4.1.2.1 Síntese Analítica da Contribuição

A segurança de sítios nucleares proposta por Guimarães (2010) poderia configurar uma contribuição metodológica pertinente ao tema análise de risco, a qual se relaciona contiguamente à localização industrial, e apresenta critérios relevantes de análise ambiental referência de uma atividade que se insere nos grupos que possuem metodologias consideradas as mais rigorosas, tanto em localização como em análise de risco.

4.1.3 Modelo de Análise Hierárquica Coppe-Cosenza

As diversas atividades (econômicas) deveriam considerar a relevância de uma grande variedade de fatores locais, sítios potenciais precisam satisfazer condições específicas, assim como projetos teriam um maior valor em perspectiva, na avaliação atual do sítio em relação a adequação da localização, conforme colocado no item localização industrial.

A localização se refere a tentativa de associar um número de requerimentos espaciais de produção, exigidos por uma atividade econômica, com um conjunto de características locais de um sítio em potencial (WITLOX 2000 *apud* MARTINS 2010).

Ainda segundo Martins (2010) a teoria de localização industrial não tem uma definição precisa para o termo *adequabilidade locacional*, ou *adequabilidade de sítio*, seria assim definida de diferentes maneiras com base em uma abordagem mais matemática ou puramente comportamental-cognitivas. Porém as abordagens convergem para a definição de que a adequabilidade locacional, para um tomador de decisão, implicaria em encontrar uma “correlação positiva entre os requerimentos de uma atividade econômica e as características de oferta das opções de localização (sítios), ou vice-versa”. Logo, empreendedores teriam que fazer concessões (*trade-offs*) entre fatores ofertados pela locação e os requerimentos demandados pelo projeto, para uma escolha adequada de sítio.

O Modelo de Análise Hierárquica COPPE-Cosenza, nesses termos, seria de grande contribuição pois realiza uma análise hierárquica de diferentes opções locais através de operações matriciais fuzzy, confrontando a oferta e demanda de

fatores locais. A cada um dos fatores locais atribui-se um peso de acordo com sua importância para cada um dos setores ou projetos a serem analisados. São elaboradas matrizes de necessidades e disponibilidades, o produto gera um resultado que apresentaria de forma hierarquizada as localidades mais adequadas para os projetos que compõem o universo de estudo. O modelo utiliza o ferramental fuzzy para mensuração e manipulação computacional das variáveis qualitativas (MARTINS 2010).

O modelo matemático

O objetivo do modelo seria criar um instrumento a ser utilizado para atingir os objetivos do projeto na escolha de melhor local e melhor utilização de potencial (COSENZA 2014).

A consideração estrutural do modelo é a criação flexível e consistente de algoritmos, através de uma estrutura de dados – duas matrizes obtidas integrando fontes estatísticas sendo:

1. Matriz de incidência provável de área de localização
2. Matriz de incidência de projetos / demanda de fatores locais

Onde:

1. F : fatores comuns para áreas elementares ou municípios
2. F_v : fatores – área específica
3. F_p : fatores – projetos específicos

Ambas as matrizes podem ser representadas por matriz de incidência de áreas elementares / fatores locais conhecidos.

$$(V_{ik}) = F + F_v$$

Nesta formulação, \tilde{A} é a representação fuzzy da matriz de demanda $A = (\mu_{ij})_{h \times m}$ e $\mu \sim f$ é a função de pertinência que representa o nível de importância dos fatores:

Crítico – Condicionante – Pouco condicionante – Irrelevante

Desta forma, se $\tilde{B} = \{(f, \mu_{\tilde{B}}(f)) | f \in F\}$ onde \tilde{B} é a representação fuzzy da matriz de oferta onde $\mu_{\tilde{B}}(f)$ é a função de pertinência que representa os fatores oferecidos pelas diferentes alternativas de localização:

Ótimo – Bom – Regular – Fraco

Um exemplo do confronto entre as matrizes de demanda e oferta usando termos linguísticos é expresso pelo Quadro 27.

Quadro 27 - Confronto de matrizes de demanda e oferta (COSENZA 2014).

Fatores	b_{jk}			a_{ij}
	Graus para as k_i alternativas			Importância para as possibilidades
	B_1	B_2	B_3	
f_1	Fraco	Fraco	Ótimo	Condicional
f_2	Fraco	Bom	Bom	Crítico
f_3	Bom	Bom	Bom	Crítico
f_4	Fraco	Bom	Bom	Pouco condicional
f_5	Regular	Fraco	Fraco	Irrelevante
f_6	Ótimo	Bom	Ótimo	Condicional
f_7	Bom	Ótimo	Bom	Crítico

Considerando $\tilde{C} = \tilde{A} \otimes \tilde{B} = (\tilde{c}_{ik})_{h \times m}$ a matriz que representa os índices de localização do projeto i nas k zonas selecionadas, temos,

$$\max_k \{c_{ik}\} = C_i$$

Indicando a melhor localização do projeto i , no conjunto de ofertas territoriais e,

$$\max_k \{c_{ik}\} = C_k$$

Indicando o melhor tipo de projeto para as k zonas selecionadas.

Considerando dois elementos genéricos a_{ij} e b_{jk} , o produto $a_{ij} \otimes b_{jk} = c_{ik}$ é obtido por meio dos seguintes operadores:

i) \tilde{c}_{ik}

Quadro 28 - Operadores do modelo (COSENZA 2014).

\otimes	A	B	C	D
A	1	*	*	*
B	$1 + 1/n$	1	*	*
C	$1 + 2/n$	$1 + 1/n$	1	*
D	$1 + 3/n$	$1 + 2/n$	$1 + 1/n$	1

Nota: * = valor *fuzzy*, se * = zero a matriz é rigorosa.

ii) \tilde{c}_{ik}

Quadro 29 - Operadores do modelo (COSENZA 2014).

$a_{ij} \otimes b_{jk}$	0	.		.	1
0	0^+	.	.	.	0^{++}
.		1		$1 - [\mu_{\tilde{B}}(x) - \tilde{A}(x)]$	
$\mu_{\tilde{A}_i}(x)$			1		
.	$1 - [\mu_{\tilde{B}}(x) - \tilde{A}(x)]$			1	
1	0	.	.	.	1

Nota: onde c_{ik} é o coeficiente fuzzy das k alternativas em relação ao projeto i , $0^+ = \frac{1}{n!}$ e $0^{++} = \frac{1}{n!-1}$ são definidos como valores infinitesimais e pequenos.

iii) Regra da operação de pertinências

Quadro 30 - Matriz de relações de pertinência (COSENZA 2014).

			Fraco	Regular	Bom	Ótimo
	0		$\mu_{B_1}(x)$	$\mu_{B_2}(x)$	$\mu_{B_3}(x)$	$\mu_{B_4}(x)$
	0	$1/n!$	$1/(n-1)$	$1/(n-2)$	$1/(n-3)$	$1/n$
Irrelevante	$\mu_{A_1}(x)$	0	1	$1 + \mu_{B_1}(x)/n$	$1 + \mu_{B_2}(x)/n$	$1 + \mu_{B_3}(x)/n$
Pouco	$\mu_{A_2}(x)$	0	$\mu_{B_1}(x)/\mu_{A_2}(x)$	1	$1 + \mu_{B_1}(x)/n$	$1 + \mu_{B_2}(x)/n$

condicional						
Condicional	$\mu_{A_3}(x)$	0	$\mu_{B_1}(x)/\mu_{A_3}(x)$	$\mu_{B_2}(x)/\mu_{A_3}(x)$	1	
Crítico	$\mu_{A_4}(x)$	0	$\mu_{B_1}(x)/\mu_{A_4}(x)$	$\mu_{B_2}(x)/\mu_{A_4}(x)$	$\mu_{B_3}(x)/\mu_{A_4}(x)$	1

$$\text{iv) } \tilde{c}_{ik} = \left\{ 0, 1 \frac{\mu_b(x)-1}{n} \right\}$$

$$\text{v) } \tilde{c}_{ik} = \left\{ u_{\tilde{b}}(x), 1, \frac{\mu_{\tilde{b}}(x)-1}{n} \right\}$$

Nota: onde, n é igual ao número de fatores considerados na operação.

O modelo pode ser generalizado em vários sentidos sem perder suas características básicas e permitir níveis diferenciados para o mesmo atributo quando confrontado com diferentes requisitos. Isto poderia ocorrer com as características do terreno e tipos de solo, condições climáticas, qualificação da mão de obra, regularidade na oferta de energia, etc.

Assumindo $A^* = (a^*_{ij})_{m \times n}$, a matriz de fatores específicos;

$$\tilde{A}^* = \{(f, \mu_{\tilde{A}^*}(f)) | f \in F\}$$

É a representação fuzzy da matriz A^* .

Assumindo $B^* = [b^*_{ij}]_{n' \times m}$ a matriz de fatores de oferta territorial de fatores específicos;

$$\tilde{B}^* = \{(f, \mu_{\tilde{B}^*}(f)) | f \in F\}$$

É a representação fuzzy da matriz B^* .

Assumindo $\Gamma = [\gamma_{ik}]_{m \times q} = C \oplus C^*$, onde a agregação de valores relativos às atividades em recursos específicos é conseguida pelo seguinte operador:

$$\tilde{c}_{ik}^*$$

Quadro 31 - Operador \tilde{c}_{ik}^* do modelo (COSENZA 2014).

c_{ij}	>0	0
c_{ij}^*	0	0
>0	$c_{ij} + \tilde{c}_{ij}^*$	c_{ij}^*

Nota: onde \tilde{c}_{ik} = coeficiente fuzzy

A matriz $\lambda = [\lambda_{ij}]_{m \times n}$ resultante define o perfil de demanda para localização, onde $n_{\Sigma} = n + n'$

Assumindo que $E = (e_{il})_{h \times h}$ é a diagonal, por isso;

$$e_{il} = \begin{cases} 0 & \text{se } i \neq 1 \\ \frac{1}{\sum_{j=1}^{n_{\Sigma}} a_{ij}} & \text{se } i = 1 \end{cases}$$

$\Delta = [\varepsilon \times F] = [\delta_{ik}]$ Pode ser definido como a matriz representativa das possibilidades locais dos h tipos de projetos nas m alternativas.

$\delta_{ik} = 1$ a zona k satisfaz a demanda no nível requerido

$\delta_{ik} < 1$ indica pelo menos um fator demandado não foi satisfeito

$\delta_{ik} > 1$ as k zonas oferecem mais condições que as demandadas

Nesses termos seria possível configurar graficamente uma simulação da função dos fatores de demanda (Figura 9) e oferta (Figura 10).

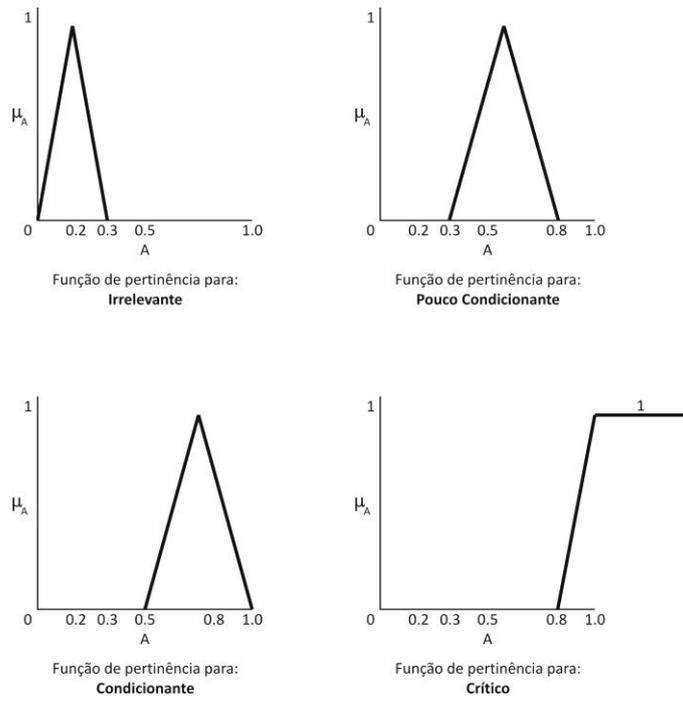


Figura 9 - Simulação de função de pertinência de fatores de demanda (COSENZA 2014).

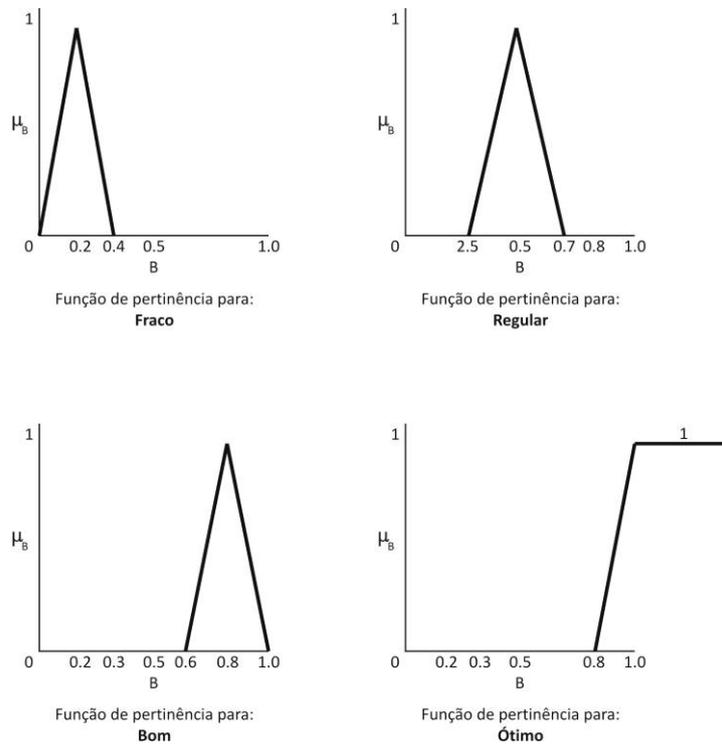


Figura 10 - Simulação de função de pertinência de fatores de oferta (COSENZA 2014).

4.1.3.1 SÍNTESE ANALÍTICA DA CONTRIBUIÇÃO

O Modelo de Análise Hierárquica COPPE-Cosenza possui potencial de contribuição ao conceito de adequabilidade locacional e ao atendimento de utilização de uma grande quantidade de fatores locacionais de caráter qualitativo através da lógica Fuzzy.

5. DISPOSIÇÕES INFORMATIVAS E NORMATIVAS NACIONAIS SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

“A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos pode ser entendida como a maneira de conceber, implementar e administrar sistemas de manejo de resíduos sólidos urbanos, considerando uma ampla participação dos setores da sociedade e tendo como perspectiva o desenvolvimento sustentável. Esse sistema deve considerar a ampla participação e intercooperação de todos os representantes da sociedade, do primeiro, segundo e terceiros setores, assim exemplificados: governo central; governo local; setor formal; setor privado; ONGs; setor informal; catadores; comunidade; todos geradores e responsáveis pelos resíduos. Deve ser baseada em princípios que possibilitem sua elaboração e implantação, garantindo um desenvolvimento sustentável ao sistema” (MCIDADES, MMA 2007).

A análise do presente capítulo, aponta um panorama sobre a tendência nacional ao gerenciamento social e ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, a qual se ordena ao conceito de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, de acordo com o Art. 3 da Lei 12.305/2010 PNRS um conjunto de ações exercidas, de modo direto ou indireto, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos.

5.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A legislação mais recente referente ao tema resíduos sólidos urbanos se concentra na Lei 12.305/10 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) a qual se relaciona com diversas outras leis e decretos (Quadro 32).

A PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem adotadas com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Consta que a destinação de resíduos que inclua reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético seja admitida pelos órgãos competentes e a disposição final deve observar normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, além de minimizar os impactos ambientais adversos.

Destaca-se o Art. 54 o qual elenca a exigência de que todos os municípios brasileiros extingam seus lixões a céu aberto até agosto de 2014 sendo o não cumprimento dessa determinação caracterizado como crime ambiental.

Quadro 32 - Relação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

DESTAQUE	RELAÇÕES E OBSERVAÇÕES			
Art. 2º Aplicam-se aos resíduos sólidos, além do disposto nesta Lei:	Lei 11.445/2007 Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico	Inclui	Lei 12.862/2013 Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, com o objetivo de incentivar a economia no consumo de água.	
		Altera	Lei 6.766/1979 Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências	
			Lei 8.036/1990 FGTS	
			Lei 8.666/1993 Normas para licitações e contratos da Administração Pública	
		Lei 8.987/1995 Concessão e permissão da prestação de serviços públicos		
	Revoga	Lei 6.528/1978 Tarifas dos serviços públicos de saneamento básico		
	Lei 9.974/2000	Altera	Lei 7.802/1989	Pesquisa, produção, destino final dos resíduos e embalagens de agrotóxicos
	Lei 9.966/2000	Poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas		
	Normas estabelecidas pelos órgãos:	Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama)		CONAMA
		Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS)		ANVISA
Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa)				
Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro)				
Art. 5º	Integra a Política Nacional de Meio Ambiente e articula-se com:	Lei 9.795/1999	Política Nacional de Educação Ambiental	
	Integra a Política Federal de Saneamento Básico regulada pela:	Lei 11.445/2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico	
	Articula-se com	Lei 11.107/2005	Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos	

DESTAQUE	RELAÇÕES E OBSERVAÇÕES		
Art. 14º Parágrafo único	É assegurada ampla publicidade ao conteúdo dos planos de resíduos sólidos, bem como controle social em sua formulação, implementação e operacionalização, observado o disposto na		Lei 10.650/2003 e no art. 47 da Lei 11.445/2007
Art. 36º	§ 2º A contratação prevista no § 1º (contratação de cooperativas ou associação de catadores) é dispensável de licitação, nos termos do inciso XXVII do art. 24 da Lei 8.666/1993.		
Art. 45º	Os consórcios públicos constituídos, nos termos da Lei 11.107/2005, com o objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, têm prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal.	Lei 11.107/2005 Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos	
Art. 51º	Sem prejuízo da obrigação de, independentemente da existência de culpa, reparar os danos causados, a ação ou omissão das pessoas físicas ou jurídicas que importe inobservância aos preceitos desta Lei ou de seu regulamento sujeita os infratores às sanções previstas em lei, em especial às fixadas na	Lei nº 9.605/1998, que “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”, e em seu regulamento.	Caracteriza como crime ambiental a construção, reforma, ampliação, instalação ou operação de empreendimentos e atividades potencialmente poluidores sem licença ou autorização dos órgãos ambientais ou, ainda, contrariando as normas legais e regulamentares, ficando os infratores sujeitos às sanções penais e administrativas. Também caberá ao infrator poluidor indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente ou a terceiros. Ressalta-se que a autoridade competente que deixar de tomar as medidas para impedir tais práticas também incorre em crime ambiental.
Art. 54º	A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (...) deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei.		

5.2 PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Destaca-se, ainda na PNRS, o Art. 18 o qual coloca a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), nos termos previstos, como condição para os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade. Seriam priorizados, ainda, no acesso aos recursos da União, os municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal, ou que se inserirem de forma voluntária em planos microrregionais de resíduos sólidos.

O PMGIRS é um instrumento importante para a avaliação da organização administrativa de um município e sua metodologia contém as indicações de um

diagnóstico socioambiental pertinente às questões específicas sobre o tema resíduos sólidos urbanos com plenas condições de aproveitamento das informações para outros estudos. O Quadro 33 apresenta uma proposta de metodologia de desenvolvimento do PMGIRS com base no Art. 19 da Lei 12.305/2010 PNRS e do Manual de Orientação para Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (MMA 2012), essa proposta em sumário poderia atender às necessidades de um município na organização de suas informações para o desenvolvimento de um diagnóstico direcionado.

Quadro 33 - Proposta de metodologia para PMGIRS

LEI Nº 12.305/2010 PNRS; ART. 19	SUMÁRIO PROPOSTO PARA PMGIRS		
I - Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;	1 Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos	1.1 Origem	
		1.2 Volume	
		1.3 Caracterização	
		1.4 Disposição final	
	1A Prognóstico; sugerido por MMA (2012), não consta na lei 12.305/2010	1A.1 Perfil da população e projeção de crescimento	
II - Identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor de que trata o § 1º do art. 182 da Constituição Federal e o zoneamento ambiental, se houver;	2 Disposição final	2.1 Identificação de áreas favoráveis para disposição	
III - identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;	3 Soluções regionais (macro)	3.1 Identificação de soluções consorciadas	
IV - Identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico nos termos do art. 20 ou a sistema de logística reversa na forma do art. 33, observadas as disposições desta Lei e de seu regulamento, bem como as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;	4 Resíduos sólidos diferenciados	4.1 Identificação de resíduos sólidos diferenciados gerados	
		4.2 Identificação dos geradores diferenciados	
V - Procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e observada a Lei nº 11.445, de 2007;	5 Procedimentos e especificações operacionais recomendados	5.1 Manejo	
		5.2 Disposição final	
VI - Indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;	6 Indicadores de desempenho	6.1 Desempenho operacional	6.1.1 Serviços públicos de limpeza urbana
			6.1.2 Manejo de resíduos sólidos
	6.2	6.2.1 Serviços públicos	

LEI Nº 12.305/2010 PNRS; ART. 19	SUMÁRIO PROPOSTO PARA PMGIRS		
		Desempenho ambiental	de limpeza urbana 6.2.2 Manejo de resíduos sólidos
VII - regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS e demais disposições pertinentes da legislação federal e estadual;	7 Regras gerais recomendadas	7.1 Coleta 7.2 Transporte 7.3 Triagem 7.4 Outros	
VIII - definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos a que se refere o art. 20 a cargo do poder público;	8 Responsabilidades do plano de gerenciamento	8.1 Implementação 8.2 Operacionalização	
IX - Programas e ações de capacitação técnica voltados para sua implementação e operacionalização;	9 Programas e ações	9.1 Capacitação técnica	
X - Programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;		9.2 Educação ambiental	
XI - programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver;		9.3 Participação	9.3.1 Sociedade 9.3.2 Cooperativas de catadores
XII - mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos;		9.4 Fonte de negócios	
XIII - sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços, observada a Lei nº 11.445, de 2007;	10 Custos e cobranças dos serviços públicos	10.1 Limpeza urbana 10.2 Manejo de resíduos sólidos	
XIV - metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;	11 Metas para redução de geração e tratamento de resíduos	11.1 Redução de produção de resíduos 11.2 Reutilização 11.3 Coleta seletiva 11.4 Reciclagem	
XV - Descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, respeitado o disposto no art. 33 (agrotóxicos, pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes; lâmpadas; eletroeletrônicos), e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida	12 Participação do poder público local	12.1 Formas e limites de participação 12.2 outros	12.1.1 Coleta seletiva 12.1.2 Logística reversa

LEI Nº 12.305/2010 PNRS; ART. 19	SUMÁRIO PROPOSTO PARA PMGIRS	
dos produtos;		
XVI - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20 e dos sistemas de logística reversa previstos no art. 33;	13 Meios de controle e fiscalização	13.1 Implementação do plano
		13.2 Operacionalização do plano
XVII - ações preventivas e corretivas a serem praticadas, incluindo programa de monitoramento;	14 Ações preventivas e corretivas	14.1 Programa de monitoramento
		14.2 outros
XVIII - identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas, e respectivas medidas saneadoras;	15 Passivos ambientais	15.1 Identificação
		15.2 Áreas contaminadas
		15.3 Medidas saneadoras
XIX - periodicidade de sua revisão, observado prioritariamente o período de vigência do plano plurianual municipal.	16 Revisão do plano	16.1 Período de vigência e revisões
		16.2 Responsabilidades

5.3 POLÍTICAS COMPLEMENTARES

Decretos anteriores e complementares à PNRS também indicam algumas diretrizes importantes para gestão integrada e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos, principalmente em relação aos municípios (Quadro 34).

Quadro 34 - Análise de Decretos

DESTAQUE	RELAÇÕES E OBSERVAÇÕES
Decreto 7.404/2010 Regulamenta a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.	Art. 14º O sistema de logística reversa de agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, seguirá o disposto na Lei 7.802/1989 . Decreto 4.074/2002 Regulamenta a Lei 7.802/1989
	Art. 44º As políticas públicas voltadas aos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis deverão observar: I - a possibilidade de dispensa de licitação, nos termos do inciso XXVII do art. 24 da Lei 8.666/1993 , para a contratação de cooperativas ou associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
	Art. 45º Publicidade ao conteúdo dos planos referidos bem como assegurarão o controle social na sua formulação, implementação e operacionalização, observado o disposto na: Lei 10.650/2003 e Lei 11.445/2007
	Art. 50º Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos serão elaborados consoante o disposto no art. 19 da Lei 12.305/2010
	Art. 51º Os Municípios com população total inferior a vinte mil habitantes, apurada com base nos dados demográficos do censo mais recente da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, poderão adotar planos municipais simplificados de gestão integrada de resíduos sólidos.
Decreto 7.405/2010 Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo	

DESTAQUE	RELAÇÕES E OBSERVAÇÕES
	Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências.
Decreto 5.940/2006	Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.

Outras políticas são complementares e reforçam as diretrizes de gestão nacional alinhadas ao conceito global de desenvolvimento sustentável, como o incentivo a fontes alternativas de energia renovável, educação e preservação ambiental, e a postura de responsabilidade social nas ações de integração com associações locais de catadores (Quadro 35).

Quadro 35 - Análise de Políticas Nacionais

DESTAQUE	RELAÇÕES E OBSERVAÇÕES
Lei 6.938/1981 Política Nacional de Meio Ambiente	Estabeleceu, como um dos seus instrumentos, o licenciamento ambiental para "... a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental ...". Estabelecer instrumentos de gestão ambiental, instituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA e o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA
Lei 12.187/2009 Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC	Decreto 7.390/2010 Art. 5º A projeção das emissões nacionais de gases do efeito estufa para o ano de 2020. IV - Processos Industriais e Tratamento de Resíduos: 234 milhões de tonCO2eq. Art. 6º III - expansão da oferta hidroelétrica, da oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidroelétricas e bioeletricidade, da oferta de biocombustíveis, e incremento da eficiência energética; Decreto 7.643/2011 Altera o art. 4o do Decreto 7.390/2010 , que regulamenta os arts. 6o, 11 e 12 da Lei 12.187/2009 , que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC. Lei 12.187/2009 Art. 12. Para alcançar os objetivos da PNMC, o País adotará, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas em reduzir entre 36,1% e 38,9% de suas emissões projetadas até 2020.
Lei 9.433/1997 Política Nacional de Recursos Hídricos	Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos: V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação V - A articulação da gestão de recursos

DESTAQUE	RELAÇÕES E OBSERVAÇÕES	
	para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:	hídricos com a do uso do solo;
	Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:	III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
Lei 9.795/1999 Política Nacional de Educação Ambiental	Art. 5o São objetivos fundamentais da educação ambiental:	II - A garantia de democratização das informações ambientais; VI - O fomento e fortalecimento da integração com a ciência e a tecnologia;
Lei 10.762/2003	Apoio a geração de energia com biomassa	Estabelece o benefício de redução de mais de 50% nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição de energia gerada através de biomassa para empreendimentos com potência igual ou inferior a 30.000 kW (Art. 8º, § 1º).
Portaria 634/2010 e 418/2011 Plano Nacional de Saneamento Básico	Conforme o Ministério das Cidades, o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB – Portaria nº 634 de 22/10/2010 e 418, de 31/01/2011) constitui o eixo central da política federal para o saneamento básico, promovendo a articulação nacional dos entes da federação para a implementação das diretrizes da Lei 11.445/2007	
Lei 12.651/2012	CAPÍTULO X DO PROGRAMA DE APOIO E INCENTIVO À PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DO MEIO AMBIENTE	
Lei 12.727/2012	Art. 1o-A. Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal;	

5.4 RESOLUÇÕES DO CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE

A Política Nacional de Meio Ambiente, Lei 6.938/81, determinou a criação do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e sequencialmente o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), o qual elabora normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, além de estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, entre outras competências.

Dentre os objetivos, apontados por meio de resoluções, podem-se destacar os pertinentes ao tema resíduos sólidos conforme o Quadro 36, no qual também consta resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), componente do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), conforme análise de legislação produzida.

Quadro 36 - Resoluções CONAMA e ANVISA referentes ao tema resíduos

GESTÃO DE RESÍDUOS	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 316/2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos
RESOLUÇÃO CONAMA N° 330/2003	Institui a Câmara Técnica de Saúde, Saneamento Ambiental e Gestão de Resíduos
RESOLUÇÃO CONAMA N° 275/2001	Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.
SANEAMENTO AMBIENTAL	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 357/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
RESOLUÇÃO CONAMA N° 375/2006	Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências
RESOLUÇÃO CONAMA N° 380/2006	Retifica a Resolução CONAMA N° 375/06 - Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências
RESOLUÇÃO CONAMA N° 410/2009	Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução N° 357/2005, e no art. 3 da Resolução N° 397/2008.
RESOLUÇÃO CONAMA N° 420/2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas
RESOLUÇÃO CONAMA N° 430/2011	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357/2005
RESÍDUOS PERIGOSOS	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 023/1996	Resíduos perigosos
RESOLUÇÃO CONAMA N° 228/1997	Dispõe sobre a importação, em caráter excepcional, de desperdícios e resíduos de acumuladores elétricos de chumbo
RESOLUÇÃO CONAMA N° 401/2008	Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.
RESOLUÇÃO CONAMA N° 420/2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas
RESOLUÇÃO CONAMA N° 235/1998	Altera o anexo 10 da Resolução N° 023/1996
RESOLUÇÃO CONAMA N° 362/2005	Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado
RESÍDUOS DE SAÚDE	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 358/2005	Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências

RESOLUÇÃO ANVISA RDC N° 33/2003	Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde
RESÍDUOS AGROSILVOPASTORIS	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 334/2003	Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos
RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 307/2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil
RESOLUÇÃO CONAMA N° 348/2004	Altera a Resolução N° 307/ 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos
RESOLUÇÃO CONAMA N° 431/2011	Altera o art. 3 da Resolução N° 307/2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.
RESOLUÇÃO CONAMA N° 448/2012	Altera os arts. 2°, 4°, 5°, 6°, 8°, 9°, 10 e 11 da Resolução N° 307/2002
RESÍDUOS INDUSTRIAIS	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 313/2002	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais
RESOLUÇÃO CONAMA N° 006/1988	Considerando a ausência de informações sobre os tipos e destinos dos resíduos gerados no Parque Industrial do País
RESÍDUOS CEMITERIAIS	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 368/2006	Altera dispositivos da Resolução N° 335/2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios
RESOLUÇÃO CONAMA N° 386/2006	Altera o art. 18 da Resolução N° 316/2002
TRANSPORTE DE RESÍDUOS	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 005/1989	Considerando o acelerado crescimento urbano e industrial brasileiro e da frota de veículos automotores; considerando o progressivo e decorrente aumento da poluição atmosférica principalmente nas regiões metropolitanas
RESOLUÇÃO CONAMA N° 005/1993	Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários
LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA SANEAMENTO	
RESOLUÇÃO CONAMA N° 001/1986	Define critérios e diretrizes para a avaliação de impacto ambiental.
RESOLUÇÃO CONAMA N° 237/1997	Dispõe sobre procedimentos, critérios e competências para a realização do licenciamento ambiental nos três níveis de governo, com base na abrangência dos impactos
RESOLUÇÃO CONAMA N° 005/1988	Dispõe sobre o licenciamento de obras de saneamento
RESOLUÇÃO CONAMA N° 465/2014	Revoga a Resolução N° 334/2003
RESOLUÇÃO CONAMA N° 308/2002	Estabelece as diretrizes do Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 377/2006	Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 378/2006	Define os empreendimentos potencialmente causadores de impacto ambiental nacional ou regional para fins do disposto na Lei 4.771/1965, e dá outras providências.
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 404/2008	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 316/2002	Licenciamento das unidades de tratamento térmico de resíduos art. 26
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 386/2006	Altera o art. 18 da Resolução Nº 316/2002
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 382/2006	Padrões de emissões atmosféricas

A Resolução CONAMA nº 404/2008, a qual estabelece condições, critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte²⁴ de resíduos sólidos urbanos, apresenta destaque ao discutir condições de localização, considerando as dificuldades que os municípios de pequeno porte enfrentam na implantação e operação, reforçando que a disposição inadequada de resíduos sólidos constitui ameaça à saúde pública e agrava a degradação ambiental (Quadro 37).

Quadro 37 - Extrato do Art. 4 da Resolução CONAMA nº 404/2008.

Extrato do Art. 4 da Resolução CONAMA nº 404/2008; condições, critérios e diretrizes para licenciamento ambiental dos aterros sanitários de pequeno porte.
I - Vias de acesso ao local com boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas;
III - Respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental relativas a áreas de preservação permanente, Unidades de Conservação, ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais;
IV - Uso de áreas com características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido, comprovadas por meio de estudos específicos;
VII - Impossibilidade de utilização de áreas consideradas de risco, como as suscetíveis a erosões, salvo após a realização de intervenções técnicas capazes de garantir a estabilidade do terreno.
VIII - Impossibilidade de uso de áreas ambientalmente sensíveis e de vulnerabilidade ambiental, como as sujeitas a inundações.

²⁴ Aterros sanitários de pequeno porte são aqueles com disposição diária de até 20 t (vinte toneladas) de resíduos sólidos urbanos (CONAMA 2008).

5.5 NORMAS DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), membro fundador da *International Organization for Standardization (ISO)* e responsável pela elaboração das Normas Brasileiras (ABNT NBR), também consta como uma fonte de referências técnicas relevantes ao tema, principalmente em termos de classificações e procedimentos (Quadro 38).

Quadro 38 - Normas ABNT relativas a coleta, tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos.

CÓDIGO	TÍTULO
ABNT NBR 842:1983	Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos
ABNT NBR 8419:1992	Apresentação de projetos de aterros sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU
ABNT NBR 8849:1985	Apresentação de projetos de aterros sanitários de RSU;
ABNT NBR 10004:2004	Resíduos sólidos - Classificação
ABNT NBR 10005:2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
ABNT NBR 10006:2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
ABNT NBR 10007:2004	Amostragem de resíduos sólidos
ABNT NBR 10157:1987	Aterro de resíduos perigosos - critérios para projeto, construção e operação
ABNT NBR 10664:1989	Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico - Método de ensaio
ABNT NBR 11175:1990	Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho
ABNT NBR 11174:1990	Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes - Procedimento
ABNT NBR 12235:1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos
ABNT NBR 12807:1993	Resíduos de serviços de saúde - terminologia
ABNT NBR 12808:1993	Resíduos de serviços de saúde - classificação
ABNT NBR 12809:2013	Resíduos de serviços de saúde - Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento
ABNT NBR 12810:1993	Coleta de resíduos de serviços de saúde - procedimento
ABNT NBR 12908:1993	Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos - Terminologia
ABNT NBR 12988:1993	Líquidos livres - Verificação em amostra de resíduos - Método de ensaio
ABNT NBR 13221:2010	Transporte terrestre de resíduos
ABNT NBR 13332:2010	Implementos rodoviários - Coletor-compactador de resíduos sólidos e seus principais componentes - Terminologia
ABNT NBR 13333:2003	Máquinas rodoviárias - Dispositivos de suporte da caçamba basculante e de suporte de inclinação da cabine do operador

CÓDIGO	TÍTULO
ABNT NBR 13334:2007	Contentor metálico de 0,80 m ³ , 1,2 m ³ e 1,6 m ³ para coleta de resíduos sólidos por coletores-compactadores de carregamento traseiro - Requisitos
ABNT NBR 13463:1995	Coleta de resíduos sólidos
ABNT NBR 13591:1996	Compostagem - Terminologia
ABNT NBR 13896:1997	Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 14652:2001	Coletor-transportador rodoviário de resíduos de serviços de saúde - Requisitos de construção e inspeção - Resíduos do grupo A
ABNT NBR 15112:2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15113:2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15114:2004	Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação
ABNT NBR 15116:2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos
ABNT NBR 15495-1:2007	Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados. Parte 1: Projeto e construção (correção em 2009)
ABNT NBR 15495-2:2008	Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 2: Desenvolvimento
ABNT NBR 15849:2010	Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento

A ABNT NBR 15849:2010 a qual trata de diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros sanitários de pequeno porte, se configura como outro destaque na discussão de condições de localização. A norma cita a Resolução CONAMA n° 404/2008 como referência normativa assim como outras normas ABNT NBR.

As diretrizes de localização, em resumo, apontam para a minimização de impactos ambientais potenciais e custos envolvidos, maximização da aceitação da instalação pela população e concordância com a legislação vigente. Essas diretrizes podem ser de grande aproveitamento em processos de localização de empreendimentos afins em pequenas escalas (microlocalização) pois aborda critérios específicos geológicos, geotécnicos topográficos, águas subterrâneas e superficiais, climatológicos e circunvizinhança em termos de influência imediata (Quadro 39).

Quadro 39 - Fatores de seleção de área ABNT NBR 15849:2010

EXTRATO DE FATORES DE ANÁLISE A SEREM OBSERVADOS SEGUNDO OS CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ÁREA ABNT NBR 15849:2010
Granulometria e consistência das camadas de subsolo na base; recomenda-se utilização de solos naturalmente pouco permeáveis
Existência de corpos d'água superficiais na área ou entorno; recomenda-se distância mínima de 200m de coleção hídrica ou curso d'água
Proximidade do freático em relação à base ou entorno
Ocorrência de inundações
Características topográficas; recomenda-se declividade superior a 1% e inferior a 30%
Recomenda-se distância mínima de 500m de núcleos populacionais vizinhos

5.6 PROCEDIMENTOS DO MINISTÉRIO DAS CIDADES E MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

A metodologia de projeto de aterros sanitários publicado pelo Ministério das Cidades e Ministério do Meio Ambiente (2007) com base Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), poderia ter contribuição relevante para a discussão de metodologias e critérios locais. A metodologia cita como referência as normas ABNT NBR 8418/1983, 842/1983, 10157/1987, 1025/1987, 13986/1997 assim como as resoluções do CONAMA 01/1986, 237/1997 e 308/2002.

O procedimento de estudo de área traça critérios de escolha amplos abrangendo questões técnicas, assim como econômicas, sociais e políticas. O objetivo descrito compreende redução de custos com infraestrutura, logística, impedimentos legais e oposição popular. Segundo a metodologia alguns critérios seriam mais importantes e demandariam notas e pesos. A recomendação de pontuação é a adotada pelo IBAM (Quadro 40) assim como o peso do atendimento (Quadro 41).

Quadro 40 - Peso de critérios (IBAM 2001 apud MCIDADES, MMA 2007)

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	PONTUAÇÃO
Atendimento à legislação ambiental em vigor	1	10
Atendimento aos condicionantes político-sociais	2	6
Atendimento aos principais condicionantes econômicos	3	4
Atendimento aos principais condicionantes técnicos	4	3
Atendimento aos demais condicionantes econômicos	5	2
Atendimento aos demais condicionantes técnicos	6	1

Quadro 41 - Peso percentual do tipo (IBAM 2001 apud MCIDADES, MMA 2007)

TIPO DE ATENDIMENTO	PESO
T – Atende totalmente	100%
P – Atende parcialmente	50%
NA – Não atende	0%

O Quadro 42 apresenta um exemplo de como pode ser feita a escolha de uma área, comparando-se e relacionando-se as características de cada uma em três categorias: recomendáveis, recomendáveis com restrições e não-recomendáveis. Alguns pontos fundamentais deveriam ser observados na escolha da área:

1. O empreendimento não deve ser instalado em áreas sujeitas a inundação;
2. Entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de solo, de espessura mínima de 1,50 m;
3. O empreendimento deve ser instalado em uma área onde haja predominância de material de baixa permeabilidade, com coeficiente de permeabilidade (k) inferior a 5×10^{-5} cm/s;
4. O empreendimento só pode ser construído em área permitida, conforme legislação local de uso do solo;
5. Deve-se atentar para a proximidade de aeroportos e aeródromos²⁵.

²⁵ Resolução CONAMA nº 4, de 09/10/1995 e Portaria nº 1.141/GM5, de 08/12/1987, COMAR. Os dois documentos se referem a vazadouros e não a aterros sanitários (MCIDADES, MMA 2007).

Quadro 42 - Método de classificação de área (IBAM 2001 apud MCIDADES, MMA 2007)

DADOS NECESSÁRIOS	CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS		
	RECOMENDAÇÃO		
	SIM	COM RESTRIÇÕES	NÃO
Vida útil	Maior que 10 anos	Menor que 10 anos ou a critério do órgão ambiental	Menor que 10 anos sem aprovação formal do órgão ambiental
Distância do centro atendido: 5-20km	Menor que 10km	10 – 20km	Maior que 20km
Zoneamento Ambiental	Áreas sem restrições		Unidades de conservação ambiental e correlatas
Densidade populacional do entorno	Baixa	Média	Alta
Uso e ocupação das terras	Áreas devolutas pouco valorizadas		Ocupação intensa
Valor da terra	Baixo	Médio	Alto
Aceitação da população e ONGs	Boa	Razoável	Inaceitável
Distância com relação aos cursos d'água	Maior que 200m	Menor que 200m, com aprovação do órgão ambiental	Menor que 200m, sem aprovação específica do órgão ambiental

5.7 SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, é o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento brasileiro, possui uma base de dados que contém informações e indicadores sobre a prestação de serviços de água, esgotos e de manejo de resíduos sólidos urbanos. Foi criado em 1996 pelo Governo Federal, inicialmente para coleta de dados referentes aos prestadores de serviços de água e/ou de esgotos (SNIS-AE) e em 2002 foi adicionado o componente resíduos sólidos (SNIS-RS), atualmente o SNIS está vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades (MCidades).

As informações e indicadores do SNIS, publicados anualmente, têm caráter operacional, gerencial, financeiro e de qualidade sobre a prestação de serviços de saneamento e são fornecidas, também anualmente, pelos prestadores de serviços de

água, esgotos e resíduos sólidos urbanos. O objetivo seria constituir uma ferramenta para auxiliar, dentre outras questões, o planejamento e execução de políticas públicas, conhecimento e avaliação do setor saneamento assim como o exercício do controle social.

O diagnóstico anual, em relação a resíduos, apresenta índices de serviço (cobertura e *déficit*) e caracterização (massa *per capita*) de resíduos sólidos domiciliares e públicos (RDO e RPU), informações sobre coleta seletiva e recuperação de materiais recicláveis, veículos utilizados na coleta, geração de empregos e terceirização, desempenho financeiro dos serviços e principalmente informações sobre unidades de processamento.

5.7.1 Unidades de Processamento

Unidade de processamento de resíduos sólidos, no âmbito do SNIS, é toda e qualquer instalação – dotada ou não de equipamentos eletromecânicos – em que quaisquer tipos de resíduos sólidos urbanos sejam submetidos a alguma modalidade de processamento (MCIDADES 2016).

Nessa designação de caráter geral enquadram-se as unidades: lixão, aterro controlado, aterro sanitário, vala específica para resíduos de saúde, aterro industrial, unidade de triagem, unidade de compostagem, incinerador, unidade de tratamento por microondas ou autoclave, unidade de manejo de podas, unidade de transbordo, área de reciclagem de resíduos da construção civil, aterro de resíduos da construção civil, área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil. Cada uma dessas instalações (unidades de processamento) é tratada como uma unidade, ainda que coexistam numa mesma área física e administrativa-operacional.

As unidades de processamento podem atender a mais de um município e por isso são tratadas à parte dos serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos que dizem respeito a cada município em particular, a menos de experiências de consórcios em implantação. Porém, em casos de exceção e sempre que possível, tenta-se estabelecer os vínculos de qualquer unidade de processamento com o município onde a mesma está situada ou com os municípios dos quais recebe resíduos. Contudo na maioria dos casos

as unidades são operadas ou estão sob a responsabilidade dos municípios nos quais estão situadas.

Outra questão relevante é de propriedade, no caso das unidades privadas entende-se que o responsável pelas informações seja o município no qual a unidade resida, e já no caso em que uma unidade pública é operada por um município que não aquele em que se situa as informações sobre a unidade deve ser fornecida pelo município que a gerencia ou opera, porém trata-se de casos mais raros.

Em análise ao Quadro 43, agrupando essas unidades quanto ao tipo, constata-se a predominância quantitativa do conjunto formado pelas unidades por disposição no solo (lixões, aterros sanitários e aterros controlados, exceto valas específicas de RSS) e essas unidades somam 2.705 instalações do total de 3.713 unidades, de acordo com os dados atualizados em 2014, ou seja, 73% do total de unidades cadastradas.

Quadro 43 - Quantidade de unidades de processamento de RSU com informações atualizadas dos municípios participantes do SNIS-RS em 2014, segundo região geográfica (MCIDADES 2016).

TIPOS DE PROCESSAMENTO INFORMADO PELO MUNICÍPIO	QUANTIDADE DE UNIDADES DE PROCESSAMENTO CADASTRADAS POR REGIÃO					Total de Unidades
	Região Norte	Região Nordeste	Região Centro-Oeste	Região Sudeste	Região Sul	
	(Unid.)	(Unid.)	(Unid.)	(Unid.)	(Unid.)	(Unid.)
Lixão	188	751	193	123	42	1.297
Aterro controlado	39	58	40	478	86	701
Aterro sanitário	18	70	35	381	203	707
Unidade de triagem	2	27	22	268	153	472
Unidade de compostagem	1	2	4	56	9	72
Unidade de transbordo	0	4	8	52	36	100
Unidade de tratamento por incineração	0	5	2	7	3	17
Unidade de manejo de podas	1	4	0	10	11	26
Vala específica de RSS	6	8	2	7	0	23
Unidade de tratamento de microondas ou autoclave	1	2	0	12	8	23
Queima em forno	2	0	0	0	0	2
Aterro industrial	0	0	0	3	1	4
Área de transbordo ou triagem de RCC (construção civil) e volumosos	0	5	1	12	23	41
Área de reciclagem de RCC	0	0	1	21	4	26
Aterro de RCC	1	4	3	31	7	46
Outro	2	9	1	122	22	156
Total 2014	262	949	312	1.583	608	3.713
	7%	25,6%	8,4%	42,6%	16,4%	100%
Total 2013	254	830	300	1.471	551	3.406
	7,5%	24,4%	8,8%	43,2%	16,2%	100%
Total 2012	183	677	255	1.336	527	2.978
	6,1%	22,7%	8,6%	44,9%	17,7%	100%

Em análise ao Quadro 44, o conjunto das unidades de processamento sob o ponto de vista de seus operadores, constata-se que o poder público (Prefeitura) é o agente que atua na maior parte das unidades, alcançando 72,8% das mesmas ou 2.702 unidades operadas. Em seguida estão os operadores privados, atuantes em 16,7%. É relevante a quantidade de unidades de triagem operadas por associações de catadores, que somam 235, ou seja, 50% do total de 468 unidades cadastradas sob este tipo, segundo informações dos municípios.

Quadro 44 - Participação na operação, por tipo de operador, dos municípios participantes do SNIS-RS em 2014, segundo tipo de unidade (MCIDADES 2016).

TIPOS DE UNIDADE DE PROCESSAMENTO INFORMADO PELO MUNICÍPIO	QUANTIDADE DE UNIDADE POR TIPO DE OPERADOR						
	Prefeitura	Empresa	Consórcio	Associação catadores	Outro operador	Total	
						Absoluto	Relativo
Lixão	1198	68	3	3	25	1297	34,9%
Aterro controlado	624	59	5	6	7	701	18,9%
Unidade de triagem	138	67	0	235	28	468	12,6%
Unidade de compostagem	54	9	0	8	1	72	1,9%
Unidade de transbordo	42	52	0	2	4	100	2,7%
Unidade de tratamento por incineração	0	17	0	0	0	17	0,5%
Unidade de manejo de podas	19	5	0	0	2	26	0,7%
Vala específica de RSS	16	6	1	0	0	23	0,6%
Unidade tratamento por microondas ou autoclave	2	21	4	0	0	27	0,7%
Queima em forno de qualquer tipo	1	1	0	0	0	2	0,1%
Aterro industrial	1	3	0	0	0	4	0,1%
Área de transbordo e triagem de RCD e volumosos (ATT)	23	12	1	4	1	41	1,1%
Área de reciclagem de RCD (un. rec. de entulho)	14	7	2	0	3	26	0,7%
Aterro de res. de construção e demolição	31	15	0	0	0	46	1,2%
Outra	30	103	1	11	11	156	4,2%
Total - 2014	2.702	621	27	277	86	3.713	7,4%
	72,8%	16,7%	0,7%	7,5%	2,3%	100,0%	-

TIPOS DE UNIDADE DE PROCESSAMENTO INFORMADO PELO MUNICÍPIO	QUANTIDADE DE UNIDADE POR TIPO DE OPERADOR						
	Prefeitura	Empresa	Consórcio	Associação catadores	Outro operador	Total	
						Absoluto	Relativo
Total - 2013	2.553	534	19	226	74	3.406	100,0%
	75,0%	15,7%	0,6%	6,6%	2,2%	100,0%	-
Total - 2012	2.194	448	28	198	110	2.978	100,0%
	73,7%	15,0%	0,9%	6,6%	3,7%	100,0%	-

Segundo a publicação, apesar do grande fluxo de exportação de resíduos entre municípios, a ocorrência de consórcios públicos como operadores de unidades ainda é incipiente, não atingindo sequer 1% do conjunto de 3.713 unidades cadastradas com informações suficientes, e grande parte deste fluxo intermunicipal é efetivada para unidades privadas, sobretudo, aterros sanitários e unidades de tratamento de resíduos de saúde.

Observando as unidades ainda por disposição no solo por operador, vemos que as prefeituras operam 86% do total de 2.705 unidades classificadas pelos informantes como dessas tipologias. Em segundo aparecem as empresas com 303 unidades, 11% do total. Em seguida aparecem os “outros operadores”, sem condições de apuração por parte do SNIS-RS. Finalmente temos os Consórcios e as Associações de Catadores que juntos operam 17 unidades do conjunto de disposição no solo, sendo 0,6% do total.

Não obstante, dentre 2.705 unidades por disposição no solo existem 1.297 unidades classificadas como lixões (48%); 701 unidades classificadas como aterros controlados (26%) e 707 classificadas como aterros sanitários (26%). E ainda, sob este aspecto, consta o alto percentual de lixões operados pelas prefeituras: 92,4% dos 1.297 constantes e assim como o maior percentual de operação de aterros sanitários, 72%.

5.7.2 Indicadores do Sistema

Os indicadores²⁶ do SNIS-RS possuem caráter operacional e gerencial sobre a prestação de serviços, e são divididos em cinco grupos com base nas informações que devem ser fornecidas anualmente pela administração pública municipal (Quadro 45).

Quadro 45 - Resumo de Indicadores SNIS-RS (Adaptação de MCIDADES 2016).

INDICADORES GERAIS	
Taxa de empregados por habitante urbano	Empregados/1000hab.
Despesa por empregado	R\$/empregado
Incidência de despesas com RSU na prefeitura	%
Incidência de despesas com empresas contratadas	%
Autossuficiência financeira	%
Despesas per capita com RSU	R\$/habitante
Incidência de empregados próprios	%
Incidência de empregados de empresas contratadas no total de empregos no manejo	%
Incidência de empregos administrativos no total de empregos no manejo	%
Receita arrecadada per capita com serviços de manejo	R\$/habitante
INDICADORES SOBRE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
Taxa cobertura da coleta RDO em relação à população total	%
Taxa cobertura da coleta RDO em relação à população urbana	%
Taxa cobertura de coleta direta RDO relativo à população urbana	%
Taxa de terceirização da coleta	%
Produtividades média de coletores e motorista	Kg/empregado X dia
Taxa de motoristas e coletores por habitante urbano	Empregados/1000hab.
Massa (RDO+RPU) coletada per capita em relação à população urbana	Kg/ (hab. x dia)
Massa RDO coletada per capita em relação à população total atendida	Kg/ (hab. x dia)
Custo unitário da coleta	R\$/tonelada
Incidência do custo da coleta no custo total do manejo	%

²⁶ A publicação original inclui anexo Glossário de Indicadores onde constam 45 fórmulas relativas e complementares à metodologia.

Incidência de empregados da coleta no total de empregados no manejo	%
Relação: quantidade RCD coletada pela Pref. / quantidade total (RDO+RPU)	%
Relação: quantidades coletadas de RPU por RDO	%
Massa (RDO+RPU) coletada per capita em relação à população total atendida	Kg/ (hab. x dia)
Massa de RCD <i>per capita</i> /ano em relação à população urbana	Kg/ (hab. x ano)
INDICADORES SOBRE COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
Taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação a população urbana	%
Taxa de recuperação de recicláveis em relação à quantidade de RDO e RPU	%
Massa recuperada per capita	Kg/(hab. x ano)
Relação entre quantidades da coleta seletiva e RDO	%
Incidência de papel/papelão sobre total material recuperado	%
Incidência de plásticos sobre total material recuperado	%
Incidência de metais sobre total material recuperado	%
Incidência de vidros sobre total de material recuperado	%
Incidência de "outros" sobre total material recuperado	%
Massa per capita recolhida via coleta seletiva	Kg/(hab. x ano)
INDICADORES SOBRE COLETA DE RESÍDUOS DE SAÚDE	
Massa de RSS coletada per capita	Kg/(1000hab. X dia)
Taxa de RSS sobre (RDO+RPU)	%
INDICADORES SOBRE SERVIÇOS DE VARRIÇÃO, CAPINA E PODA	
Taxa de terceirização de varredores	%
Taxa de terceirização de varrição	%
Custo unitário da varrição	R\$/km
Produtividade média dos varredores	km/ (empreg. x dia)
Taxa de varredores por habitante urbano	Empregados/1000hab.
Incidência do custo da varrição no custo total do manejo	%
Incidência de varredores no total de empregados no manejo	%
Extensão total anual varrida per capita	Km/(hab. x ano)
Taxa de capinadores por habitante urbano	Empregados/1000hab.

5.7.3 Informações do Sistema

As informações do SNIS-RS, base para a produção dos indicadores, são extensas, porém contém dados relevantes para discussão no diz respeito à caracterização do setor e de resíduos propriamente ditos. O Quadro 46 apresenta uma estrutura condensada de coleta dessas informações.

Quadro 46 - Resumo de estrutura de coleta de informações SNIS-RS (Adaptação de MCIDADES 2016).

INFORMAÇÕES GERAIS		
Total População		
População urbana		
Órgão também presta serviço de água/esgoto?		
Existência de algum serviço concedido		
Cobrança dos serviços	Regulares	Existência
		Forma
Cobrança dos serviços	Especiais	Existência
Receitas e despesas com serviços de limpeza urbana	Receitas	Orçada
		Arrecadada
Despesas, segundo o agente executor	Total	
	Público	
	Privado	
Despesa corrente da prefeitura		
Recursos federais recebidos para manejo de resíduos sólidos	Ocorrência	
	Valor	
	Tipo	
	Aplicação	
Qtd. Total de trabalhadores remunerados de todo o manejo RSU, segundo agente executor	Total	
	Público	
	Privado	
Trabalhadores de frentes de trabalhos temporárias	Existência de frentes	
	Frente 1 / Frente 2 / Frente 3	Quantidade de trabalhadores
		Duração

		Serviço predominante
INFORMAÇÕES SOBRE DESPESAS, SEGUNDO O TIPO DE SERVIÇO REALIZADO		
Despesas com manejo de resíduos sólidos, segundo tipo de serviço realizado	Coleta de RS domiciliares e públicos / Coleta de RS serviço de saúde / Varrição de logradouros públicos / Demais serviços, inclusive administrativos e com unidade de processamento	Total
		Público
		Privado
INFORMAÇÕES SOBRE TRABALHADORES REMUNERADOS, SEGUNDO A NATUREZA DO AGENTE EXECUTOR		
Quantidade de trabalhadores remunerados alocados no manejo de resíduos sólidos, segundo natureza do agente executor	Total	Público
		Privado
	Público / Privado	Coleta
		Varrição
		Capina
		Unidades
		Outros
		Gerem.
INFORMAÇÕES SOBRE POPULAÇÃO ATENDIDA, FREQUÊNCIA E QUANTIDADE DE COLETADORES E MOTORISTAS		
População atendida declarada	Total	
	Urbana do município	
	Urbana direta (porta-a-porta), sem uso de caçambas	
População atendida, segundo a frequência	Diária	
	2 ou 3 vezes por semana	
	1 vez por semana	
Coleta noturna		
Coleta com elevação de contêiner		
Quantidade de coletores e motoristas	Prefeitura	
	Empresas	
INFORMAÇÕES SOBRE QUANTIDADES DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES E PÚBLICOS COLETADOS		
Ocorrência de coleta de RPU junto com RDO		
Quantidade total de resíduos coletados /	Total	

Quantidade de resíduos domiciliares coletados / Quantidade de resíduos públicos coletados	Prefeitura	
	Empresas	
	Associação catadores c/apoio Prefeitura	
	Outro executor	
Remessa de resíduos domiciliares ou públicos para outros municípios	Ocorrência	
	Município (s) de destino (s)	
Uso de balança		
Serviço terceirizado de coleta de RDO + RPU	Valor contratual	
	Incluído transporte até unidade transbordo ou destinação final	
	Distância média até a unidade	
Serviço terceirizado transporte da unidade de transbordo à destinação final	Valor contratual	
	Distância média até a unidade	
Serviço terceirizado de disposição final em aterro	Ocorrência de operação do aterro por exec. privado	
	Valor contratual	
INFORMAÇÕES SOBRE VEÍCULOS DE AGENTES PÚBLICOS E PRIVADOS NA COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS		
Quantidade de veículos de agentes públicos e privados, por idade, em anos	Caminhão compactador	Até 5 anos / 6 a 10 anos / mais de 10 anos
	Cam. bascul. carroceria ou baú	
	Caminhões poliguindaste	
	Trator agrícola com reboque	
	Tração animal	
	Embarcações	
INFORMAÇÕES SOBRE COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS		
Existência de coleta seletiva		
Quantidade recolhida (exceto matéria orgânica)	Total	
	Prefeitura ou SLU	
	Empresas contratadas	
	Catadores com apoio da prefeitura	
	Outros	
População Urbana com coleta seletiva porta-a-porta		
Forma de execução	Porta a porta em dias específicos /	Pref. ou contratada

	Postos de entrega voluntária / Outra forma	Catadores com apoio
		Catadores sem apoio
		Emp.ramo/ sucateiros
		Outro executor
Materiais recuperados, exceto material orgânico e rejeito	Total	
	Papel e papelão	
	Plásticos	
	Metais	
	Vidros	
	Outros	
INFORMAÇÕES SOBRE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇO DE SAÚDE		
Execução de coleta diferenciada de RSS	Existência	
	Prefeitura ou SLU	
	Empresa Contratada pela prefeitura ou pelo SLU	
	Próprio Gerador ou empresa contratada por ele	
Veículo utilizados	Exclusivo	
	Da coleta domiciliar em viagem exclusiva	
Ocorrência de cobrança pela coleta diferenciada		
Quantidade de RSS coletados	Total	
	Prefeitura ou contratados	
	Geradores ou contratados	
Coleta de RSS em unidades públicas de saúde terceirizada	Ocorrência	
	Valor contratual	
	Inclui tratamento	
Tratamento de RSS terceirizado	Valor contratual	
Prefeitura controla executores		
Remessa de RSS para outros municípios	Ocorrência	
	Município	
INFORMAÇÕES SOBRE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL		
Serviço executado pela prefeitura	Existência	
	Cobrança	

Existência de empresa especializada		
Existência de serviço de coleta de RCD feita por autônomos	Com caminhões tipo basculantes ou carroceria	
	Com carroças ou outro tipo de veículo de pequena capacidade	
Quantidade coletada	Prefeitura ou contratado por ela	
	Caçambeiros e autônomos contratados pelo gerador	
	Próprio gerador	
INFORMAÇÕES SOBRE SERVIÇO DE VARRIÇÃO		
Extensão de sarjeta varrida		
Quantidade de varredores		
Serviço terceirizado	Valor contratual	
Ocorrência de varrição mecanizada		
INFORMAÇÕES SOBRE SERVIÇOS DE CAPINA E ROÇADA		
Serviço de capina e roçada	Existência	
	Tipos	Manual
		Mecânica
		Química
	Quantidade de trabalhadores	Público
		Privado
INFORMAÇÕES SOBRE OUTROS SERVIÇOS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS		
Outros serviços executados pela Prefeitura / Outros serviços executados por empresas contratadas / Outros serviços executados por outros executores	Lavação de vias e praças	
	Poda de árvores	
	Limpeza feiras / mercados	
	Limpeza de praias	
	Limpeza de bocas de lobo	
	Pintura de meio-fio	
	Limpeza de lotes vagos	
	Remoção animais mortos	
	Coleta pneu velho	
	Coleta pilhas e baterias	
	Coleta res. volumosos	

	Coleta lâmpada fluorescente	
	Coleta resíduos eletrônicos	
	Outros serviços	
INFORMAÇÕES SOBRE CATADORES		
Existência de catadores dispersos		
Organização	Existência de organização formal	
	Quantidade de entidades associativas	Entidades
	Quantidade de associados	Pessoas
Existência de trabalho social executado pela prefeitura		

5.8 SÍNTESE ANALÍTICA DA CONTRIBUIÇÃO

Em análise à legislação, resoluções e normas técnicas podemos observar a tendência à gestão integrada e ao gerenciamento social e ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. A responsabilidade de organização em nível municipal, incentivos a consórcios intermunicipais e planos microrregionais seriam apontamentos relevantes assim como incentivo a fontes alternativas de energia renovável, minimização de impactos ambientais e responsabilidade social na aceitação da população e integração com associações locais.

A metodologia de elaboração do PMGIRS poderia ser uma contribuição como elenco de critérios para avaliação do nível de organização administrativa de um município.

A metodologia ABNT NBR 15849:2010, em conjunto à Resolução CONAMA nº 404/2008, poderia contribuir como elenco de critérios para uma possível avaliação de vulnerabilidade ambiental, ou susceptibilidade à risco, de localidades.

A metodologia publicada pelo Ministério das Cidades e Ministério do Meio Ambiente com base nos estudos do IBAM poderia se configurar como mais uma fonte de seleção de critérios de localização de perfil amplo.

As informações do SNIS poderiam contribuir na indicação de unidades de processamento de resíduos sólidos tipologias que proporcionam maior risco socioambiental. E por fim, a coletânea de informações do SNIS poderiam contribuir para as diversas análises relacionadas sobre resíduos sólidos.

6. CONCLUSÕES – CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1 CAMPO DE ATUAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE DISCUSSÃO

As informações do SNIS indicam 73% das unidades de processamento de resíduos sólidos no país são consideradas unidades por disposição no solo as quais seriam tipologias que historicamente proporcionariam maior risco socioambiental e ainda, segundo o SNIS, são operadas em 86% dos casos por prefeituras.

Destaca-se, no caso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) a qual coloca a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), nos termos previstos, como condição para os Municípios terem acesso a recursos da União e também a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pela Resolução Normativa 482/2012, a qual permitiria a independência de geração e comercialização pelas administrações públicas.

Através dessa análise poderíamos restringir, de forma mais factível, um campo de atuação que contribua para discussão de critérios propostos ao estreitar a atuação a unidades de disposição no solo sob a administração pública.

Poderia incluir a essa análise, a observação feita pela pesquisa à legislação, resoluções e normas técnicas. A tendência à gestão integrada e ao gerenciamento social e ambientalmente adequado dos resíduos sólidos indicaria a responsabilidade de organização em nível municipal, considerando inclusive a possibilidade de incentivos a consórcios intermunicipais e planos microrregionais incluindo itens de incentivo a fontes alternativas de energia renovável, minimização de impactos ambientais e responsabilidade social na aceitação da população e integração com associações locais.

6.2 ASPECTOS TEMÁTICOS PARA DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS LOCACIONAIS SOCIOAMBIENTAIS

A avaliação sobre o conceito e indicadores de desenvolvimento sustentável destaca, além das condições sinérgicas amplas de sociedade e meio ambiente sobre as quais se direcionam tópicos de impacto e resiliência, a análise de risco como indicativo de alternativas em abordagens complementares.

Nesse contexto, poderíamos abordar de mesma forma complementar, aspectos temáticos para definição de critérios locacionais socioambientais incluindo análise de risco e avaliação de impactos e resiliência, conforme uma análise de vulnerabilidade de áreas.

6.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA APLICAÇÃO DE CRITÉRIOS LOCACIONAIS SOCIOAMBIENTAIS

Os aspectos metodológicos para aplicação de critérios locacionais poderiam conter diversas diretrizes considerando as diferentes perspectivas das metodologias de referência e condições de avaliação considerando disponibilidade ferramental e informacional.

A complexidade da problemática tratada poderia absorver em conjunto metodologias, aplicadas em arranjo ou em sequência, e a lógica Fuzzy se apresenta, conforme a pesquisa, como ferramenta factível à complexidade de tomada de decisão.

6.4 FONTES E RECURSOS INFORMACIONAIS

As fontes e recursos informacionais influenciam o conhecimento e seus fatores determinantes são principalmente as características, escopo e abrangência das informações as quais deveriam ser avaliadas por relevância e pertinência ao tema.

Uma contribuição complementar relevante nesses termos seria a coletânea de informações do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) que pode servir de base para as diversas análises relacionadas sobre resíduos sólidos. A

metodologia de coleta de informações e produção de indicadores poderia se configurar como uma referência de construção de critérios pois se trata de uma fonte unificada de produção de dados aplicada em escala nacional.

6.5 QUADROS DE CONTRIBUIÇÕES PARA CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL

Os quadros resumo de contribuições ao estudo (Quadro 47 a 58) possuem base nas questões elencadas dos capítulos supracitados e seguem como propostas de referência objetivas às conclusões do estudo.

Quadro 47 - Temas de investigação (adaptação/extrato de UNITED NATIONS 2007).

TEMAS DE INVESTIGAÇÃO PARA CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL (CSD)			
Natural hazards	<i>Vulnerability to natural hazards</i>	<i>Percentage of population living in hazard prone areas</i>	
	<i>Disaster preparedness and response</i>	<i>Human and economic loss due to natural disasters</i>	
Land	<i>Land use and status</i>	<i>Land use change</i>	
		<i>Land degradation</i>	
Biodiversity	<i>Ecosystem</i>	<i>Proportion of terrestrial area protected, total and by ecological region</i>	<i>Management effectiveness of protected areas</i>
Consumption and production patterns	<i>Energy use</i>	<i>Annual energy consumption, total and by main user category</i>	<i>Share of renewable energy sources in total energy use</i>
	<i>Waste generation and management</i>	<i>Waste treatment and disposal</i>	

Quadro 48 - Problemas centrais de investigação (adaptação/extrato de WGBU 1997).

PROBLEMAS CENTRAIS DE INVESTIGAÇÃO PARA CRITÉRIOS SOCIOAMBIENTAIS DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL	
Ecosphere	<i>Soil degradation</i>
	<i>Climate change</i>
	<i>Loss of biodiversity</i>
	<i>Scarcity and pollution of freshwater resources</i>
	<i>Increasing incidence of human-induced natural disasters</i>
Anthroposphere	<i>Population growth and distribution</i>
	<i>Environmental threats to health</i>

Quadro 49 - Critérios para análise de problemas (adaptação de WGBU 1997).

CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS CENTRAIS (WGBU)	
<i>Global relevance</i>	São investigados parâmetros importantes, padrões básicos ou problemas centrais no Sistema? Um grande número de pessoas é afetado pelo problema? É provável que a pesquisa gere novas opções para controlar o ambiente/processo de desenvolvimento?
<i>Urgency</i>	São necessárias respostas rápidas a fim de evitar resultados socioeconômicos e ambientais negativos graves ou irreversíveis?
<i>Gaps in knowledge</i>	Podem lacunas graves relativas a uma visão holística do ambiente global e sua dinâmica serem preenchidas?
<i>Responsibility</i>	O país é direta ou indiretamente responsável sobre os problemas que estão sendo investigados? Será que o tópico se relaciona com os princípios éticos gerais?
<i>National impact</i>	Os problemas que estão sendo pesquisados podem ter efeitos diretos ou indiretos sobre o país?
<i>Research and problem-solving competence</i>	A pesquisa faz referência a áreas onde o país faz uma contribuição substancial em virtude de seu potencial científico, tecnológico e de infraestrutura? A pesquisa pode gerar aprimoramento e liderança nas áreas para melhorar ainda mais o potencial e reforço de atratividade do país para investimento?

Quadro 50 - Critérios para análise de problemas (adaptação de WGBU 1997).

SINAIS DE CONDIÇÕES CRÍTICAS (SÍNDROMES WGBU)		
Síndromes de "Desenvolvimento"	<i>Asian Tigers Syndrome</i>	Desrespeito pelas normas ambientais no curso de rápido crescimento econômico
	<i>Favela Syndrome</i>	Degradação ambiental através de crescimento urbano desordenado

SINAIS DE CONDIÇÕES CRÍTICAS (SÍNDROMES WGBU)		
	<i>Major Accident Syndrome</i>	Desastres ambientais antropogênicos singulares com impactos de longo prazo
Síndromes de "Disposição"	<i>Waste Dumping Syndrome</i>	Degradação ambiental através da disposição final controlada e não controlada de resíduos sólidos urbanos

Quadro 51 - Critérios de associação de sinais de condições críticas (adaptação de WGBU 1997).

CRITÉRIOS DE ASSOCIAÇÃO DE SINAIS DE CONDIÇÕES CRÍTICAS (WGBU)	
<i>Coincidence</i>	A forma mais fraca, ainda mais frequente em que síndromes interagem; é quando elas ocorrem simultaneamente em um país ou região, mas sem uma atuação como uma força motriz para a outra.
<i>Coupling Through Common Trends</i>	A forma mais forte de ligação síndrome; é quando duas síndromes têm uma ou várias tendências-chave comuns.
<i>Infection</i>	A síndrome que já está ativa pode desencadear outra síndrome em uma determinada região.
<i>Reinforcement</i>	Tendências podem ter um efeito de reforço (ou atenuação) umas sobre as outras, mas também podem ser síndromes inteiras. Não desencadeiam síndromes por tendências em comum, mas através da força total de seu padrão característico.
<i>Succession</i>	Sucessão direta entre síndromes. A análise de padrões de sucessão de síndromes permite a compreensão histórica de um desenvolvimento socioambiental e desdobramentos possíveis do sistema.

Quadro 52 - Critérios de percepção de risco de condições críticas (adaptação de WGBU 2000).

CRITÉRIOS DE PERCEPÇÃO DE RISCO DE CONDIÇÕES CRÍTICAS (WGBU)	
Probabilidade de ocorrência	Avaliação da probabilidade e Certeza de avaliação
Extensão do dano	Avaliação da extensão e Certeza de avaliação
<i>Ubiquity</i>	Distribuição espacial dos danos ou de potencial de dano (equidade intergeracional)
<i>Persistency</i>	Âmbito temporal de dano ou dano potencial (equidade intergeracional)
<i>Irreversibility</i>	Não possibilidade de restaurar/recuperar o estado anterior à ocorrência de danos. No contexto ambiental, este é essencialmente uma questão de capacidade de restauração de processos de mudança dinâmica; não específica.
<i>Delay effect</i>	Não possibilidade de restaurar/recuperar o estado anterior à ocorrência de danos. No contexto ambiental, este é essencialmente uma questão de capacidade de restauração de processos de mudança dinâmica; não específica.
<i>Mobilization potential (refusal of acceptance)</i>	Violação dos interesses individuais, sociais ou culturais e os valores que levam a uma reação correspondente por parte das pessoas afetadas.

As classes e estratégias de prioridade de ação em condições críticas como resultado da análise dos critérios de percepção de risco (WGBU) poderiam identificar de forma mais precisa situações de dinâmicas de operação e posicionar iniciativas (Quadro 53).

Quadro 53 - Classes e estratégias de prioridade de ação (adaptação/extrato de WGBU 2000).

CLASSES E ESTRATÉGIAS DE PRIORIDADE DE AÇÃO EM CONDIÇÕES CRÍTICAS (WGBU)	
CLASSES (WGBU)	ESTRATÉGIAS
<i>Pythia</i>	Aprimorar as precauções
<i>Pandora</i>	Fornecer substitutos
<i>Cassandra</i>	Reforçar responsabilidade de longo prazo
<i>Medusa</i>	Construir confiança

Quadro 54 - Grupo de áreas para análise de vulnerabilidade (adaptação de WGBU 2000).

GRUPO DE ÁREAS PARA ANÁLISE DE VULNERABILIDADE ÀS CONDIÇÕES CRÍTICAS (WGBU)	
Características geográficas	Área urbana marginal
	Área urbana desenvolvida
	Área rural marginal
	Área rural desenvolvida

6.6 QUADROS DE EVIDÊNCIA

O grupo de atuação para análise de informações (Quadro 55), as informações para análise (Quadro 56), o grupo de fatores locacionais socioambientais (Quadro 57) e critérios para hierarquização (Quadro 58), conforme base nas fontes citadas, são resultantes de análise normativa com o objetivo de delimitar um campo de ação, todavia deveriam ser mais exploradas em um processo de localização efetivo.

Quadro 55 - Grupo de atuação

GRUPO DE ATUAÇÃO PARA ANÁLISE DE INFORMAÇÕES		
ADMINISTRAÇÃO	TIPOS DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
Pública (Regiões, Municípios, Regiões Administrativas, bairros)	Unidades por disposição no solo	Lixão
		Aterro sanitário
		Aterro controlado

Quadro 56 - Informações para análise

INFORMAÇÕES PARA ANÁLISE	
Disposição final	Identificação de tipologias atuais (disposição no solo)
	Identificação de áreas favoráveis para disposição
Passivos ambientais	Identificação de passivos
	Identificação de áreas contaminadas
Resíduos sólidos diferenciados	Identificação dos geradores diferenciados
Coleta seletiva e Logística reversa	Identificação de organizações formais

Quadro 57 - Grupo de fatores locacionais socioambientais

GRUPO DE FATORES LOCACIONAIS		
Geologia/sismologia	Topografia	Profundidade do lençol freático
Proximidade de corpos d'água	Inundações	Dispersão/Correntes atmosféricas
Impactos ambientais	Núcleos e densidade populacional	Uso e ocupação do solo
Acessibilidade	Infraestrutura e serviços	Aceitação da sociedade

Quadro 58 - Grupo de critérios para hierarquização

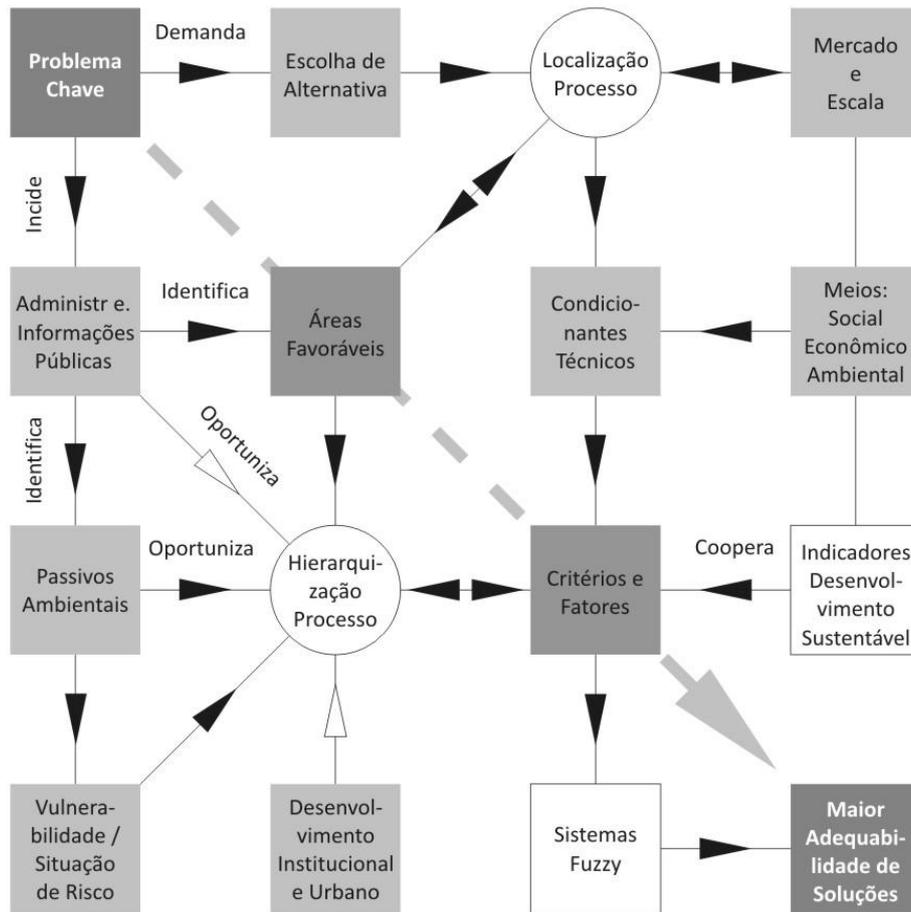
GRUPO DE CRITÉRIOS PARA HIERARQUIZAÇÃO		
TEMA	ITEM	SUBITEM
Organização Institucional	Nível de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos	Avaliação das soluções, operações e cooperações
Vulnerabilidade/Risco	Áreas contaminadas e passivos ambientais	Avaliação de níveis de contaminação, ameaças ao meio ambiente e população

6.7 MAPA DE CAMINHOS CRÍTICOS DAS CONTRIBUIÇÕES

O mapa de caminhos críticos das contribuições aponta uma possível estrutura de atuação em processos para alternativas ao problema chave determinado (Figura 11).

Através das condições estabelecidas pela questão inicial, como a demanda de estudos específicos e a incidência em um determinado campo de atuação, as oportunidades seguiriam a processos de localização e hierarquização.

Os indicadores de desenvolvimento sustentável tratados poderiam auxiliar a determinação de critérios e construção de seus fatores específicos em conjunto aos condicionantes padrão. Os sistemas Fuzzy, por conseguinte, poderiam auxiliar como ferramenta factível devido à habilidade de tratar a complexidade crescente de tomada de decisão.



Legenda:

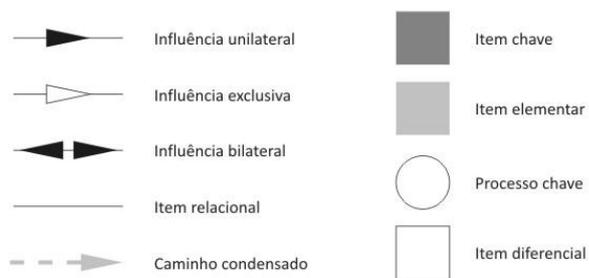


Figura 11 - Mapa de caminhos críticos das contribuições

6.8 TRABALHOS FUTUROS

As principais diretrizes apontadas pela análise das contribuições indicam a possibilidade de produção posterior sobre os processos de hierarquização de áreas/organizações com a incorporação de forma mais objetiva dos conceitos de

desenvolvimento sustentável e lógica Fuzzy. Nesses termos podemos destacar as seguintes propostas:

1. Hierarquização de municípios em relação à vulnerabilidade de passivos ambientais, riscos de acidentes por identificação de ameaças e situações críticas;
2. Hierarquização de municípios em relação à organização institucional frente às diretrizes políticas e de desenvolvimento sustentável;
3. Cálculo de Áreas /Arranjos Elementares para implantação de soluções considerando mercado, escala e localização;
4. Definição e cálculo de Índice de Retorno Energético para alternativas tecnológicas e locacionais;
5. Definição e cálculo de Índice de Retorno Ambiental para alternativas tecnológicas e locacionais.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATALLA, D. L. Documento PNE 30, apresentação, 2009.

ATALLA, D. L. Usinas Nucleoelétricas – Escolha de local. ABDAN: Rio de Janeiro, 2009.

BASTOS, A.C.S.; ALMEIDA, J.R. Licenciamento Ambiental Brasileiro no contexto da Avaliação de Impactos Ambientais. 2000.

BARROS, C. F. O.; CARDOSO, R.; REICHERT, F.; MELLO, F.; GODOY, S. Improving the Brazilian Electric System Reliability through Energy from Waste as a Decentralized Solution. 4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure (IRF2013) Universidade do Porto, Universidade de Toronto e Universidade de Funchal: Ilha da Madeira, 2013.

BARROS, C. F. O.; CARDOSO, R. Entrevista sobre Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro, 2014.

BARROS, R. M. Tratado sobre Resíduos Sólidos: Gestão, Uso e Sustentabilidade. Interciência: Rio de Janeiro, 2012.

BOLEA, M.T.E. Evaluacion del Impacto Ambiental. Madrid: Mapfre, 1984.

BNDES. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. BNDES, 2014.

Disponível em:

[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/rodutos/download/aep_fep/chamada_publica_residuos_solidos_Relat_Final.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/aep_fep/chamada_publica_residuos_solidos_Relat_Final.pdf).

Acessado em 01/09/2015.

BRASIL, DECRETO Nº 4.074, DE 4 DE JANEIRO DE 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, DECRETO Nº 4.136, DE 20 DE FEVEREIRO DE 2002. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional, prevista na Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, DECRETO Nº 5.940, DE 25 DE OUTUBRO DE 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, DECRETO Nº 7.390, DE 9 DE DEZEMBRO DE 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, DECRETO Nº 7.404, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, DECRETO Nº 7.405, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2010. Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, DECRETO Nº 7.643, DE 15 DE DEZEMBRO DE 2011. Altera o art. 4º do Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010, que regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei

nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 10.650, DE 16 DE ABRIL DE 2003. Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 10.762, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2003. Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica, altera as Leis nºs 8.631, de 4 de março de 1993, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 11.107, DE 6 DE ABRIL DE 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 12.187, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 12.862, DE 17 DE SETEMBRO DE 2013. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, com

o objetivo de incentivar a economia no consumo de água. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 6.766, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 7.802, DE 11 DE JULHO DE 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 8.036, DE 11 DE MAIO DE 1990. Dispõe sobre o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 8.666, DE 21 DE JUNHO DE 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 8.987, DE 13 DE FEVEREIRO DE 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 9.605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 9.966, DE 28 DE ABRIL DE 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

BRASIL, LEI Nº 9.974, DE 6 DE JUNHO DE 2000. Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>

CHOAY, F. O Urbanismo. São Paulo: Perspectiva, 2003.

CLEMENTE, A. (organizador). Projetos empresariais e públicos - São Paulo: Atlas, 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resoluções CONAMA 1986 - 1991. Brasília: IBAMA, 1992.

COSENZA, C.A.N. Economia Matemática (Anotações de aula). Rio de Janeiro, Programa de Engenharia da Produção COPPE/UFRJ 2015.

COSENZA, C.A.N. Lógica Fuzzy II (Anotações de aula). Rio de Janeiro, Programa de Engenharia da Produção COPPE/UFRJ 2014.

COSENZA, C. A. N. Localização Industrial: delineamento de uma metodologia para hierarquização das potencialidades regionais. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 1994.

COSENZA, C.A.N. et al. Localização Industrial: Delineamento de uma Metodologia para a Hierarquização das Potencialidades Regionais. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. 1998

COSENZA, C.A.N. Introdução à Lógica Fuzzy (Apostila do Curso). Rio de Janeiro, Programa de Engenharia da Produção COPPE/UFRJ 2005.

DIAS, R. Gestão ambiental - Responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2006.

ELETROBRÁS, Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos. Rio de Janeiro, 1986.

EPRI Siting Guide, 2002 EPRI Siting Guide: Site Selection and Evaluation Criteria for an Early Site Permit Application, 2002.

ERICKSON, P.A. A practical guide to environmental impact assessment. Academic Press: San Diego, 1994.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2010.

GUERRA, A.J.T. Avaliação e Perícia Ambiental. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1996.

GUIMARÃES, L. S. Gerenciamento de Riscos e Segurança de Sistemas. ABDAN: Rio de Janeiro, 2003.

GUIMARÃES, L. S. Segurança de Sítios Nucleares. ABDAN: Rio de Janeiro, 2010.

IBAMA. Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995.

- IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Brasil: IBGE, 2015.
- ITU General Specifications and Key Performance Indicators. 2012. Disponível em: www.itu.int/ITU-T/climatechange/ess/index.html. Acesso em: 16/08/2015.
- JACOBS, J. Morte e vida de grandes cidades. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- MAHLER, C.F. Lixo Urbano: O que você precisa saber sobre o assunto. Rio de Janeiro: Revan, 2012.
- MARTINS, G. W. Uma Contribuição aos Estudos de Localização Industrial: Determinando o Potencial de Transporte Aéreo de uma Região com base no Modelo de Análise Hierárquica COPPE-Cosenza. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.
- MCIDADES, Sistema Nacional de Informações de Saneamento – SNIS. Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014. MCIDADES, 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos>. Acesso em 22/02/2016.
- MCIDADES, MMA. MDL Volume 1; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a resíduos sólidos - Gestão integrada de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.
- MCIDADES, MMA. MDL Volume 2; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a resíduos sólidos - Conceito, planejamento e oportunidades. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.
- MCIDADES, MMA. MDL Volume 3; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a resíduos sólidos - Redução de emissões na disposição final. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.
- MICHEL, M. H. Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais. São Paulo: Atlas, 2009.
- MMA. Agenda 21. Rio de Janeiro, Brasil: United Nations Conference on Environment & Development, 1992. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>. Acesso em: 14/02/2016.
- MMA. Programa Nacional de Capacitação de gestores ambientais: licenciamento ambiental / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2009.

MMA. Plano Nacional de Saneamento Básico PLANSAB. Brasília: MMA 2013. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Consehos_Nacionais_020520131.pdf

MMA. Ministério do Meio Ambiente ICLEI – Brasil. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília, 2012.

MORGAN, Richard K. Environmental Impact Assessment. Dordbrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.

MORRIS, P.; THERIVEL, R. Methods of Environmental Impact Assessment: the natural and built environmental series 2. Londres: UCL Press Limited, 1995.

MUNN, R. E. Lecture 10 – What is environmental assessment? Connecticut: Conservation of Natural Resources, 1979.

PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T F. Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental. São Paulo: Manole, 2013.

PIMENTEL, G., PIRES S. H. Metodologias de Avaliação de Impacto Ambiental: Aplicações e seus Limites. Rev. Adm. Pub.: Rio de Janeiro, 1992.

PRABHU, R., COLFER, C. J. P., DUDLEY, R. G. Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. Toolbox series, n. 1. Indonesia: CIFOR, 1999. Disponível em: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/toolbox-1.pdf. Acesso em: 14/07/2016.

REES, W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. UK: 1992. Disponível em: https://books.google.com.br/books_REES,+W.+Ecological+footprints+and+appropriated+carrying+capacity:+what+urban+economics+leaves+out. Acesso em: 15/06/2016.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Manole, 2005.

REVISTA Sustainable Cities: Meeting Needs, Reducing Resource Use and Recycling, Re-use and Reclamation. UK: IIED, 1992. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?isbn=1843690799>. Acesso em: 15/04/2016

SEGNESTAN, L. Indicators of Environment and Sustainable Development Theories and Practical Experience. Washington, DC: The World Bank Environment Department, 2002. (Environmental Economics Series. Paper n.89). Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTEEI/936217-1115801208804/20486265/IndicatorsofEnvironmentandSustainableDevelopment2003.pdf>. Acessado em: 12/03/2016.

SHEPARD, R. B. Quantifying Environmental Impact Assessments Using Fuzzy Logic. Springer, 2005.

SHIELDS, D. SOLAR, S. MARTIN, W. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. Ecological Indicators, Volume 2, Issues 1–2, November 2002, Pages 149–160. Hyatt S.I.

SHOPLEY, J.B. e FUGGLE, R.F. A comprehensive review of current environmental impact assessment methods and techniques. Journal of Environmental Management, 1984.

Sistema FIRJAN. Manual de indicadores ambientais. Rio de Janeiro: DIM/GTM, 2008

TACHIZAWA, T.; ANDRADE, R. O. B. Gestão Socioambiental: estratégias na nova era da sustentabilidade. São Paulo: Campus Elsevier, 2008.

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica / Ministério do Meio Ambiente / SQA. Brasília: MMA, 2006.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Review of Environmental Impact Assessment and Environmental Management Techniques, 2000.

UNITED NATIONS. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. New York, 2001. Disponível em: <http://www.un.org/esa/sustdev/publications/indisd-mg2001.pdf>. Acesso em: 30/05 2015.

UNITED NATIONS. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. New York: 2007. Disponível em: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/guidelines.pdf>. Acessado em: 12/07/2016.

VEIGA, J. E. Desenvolvimento Sustentável: O desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond Universitária, 2006.

WBGU, German Advisory Council on Global Change, World in Transition: The Research Challenge / German Advisory Council on Global Change / Annual Report 1996. Verlag; Berlin; Heidelberg: Springer, 1997.

WBGU, German Advisory Council on Global Change, World in Transition: Strategies for managing global environmental risks / German Advisory Council on Global Change / Annual Report 1998. Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Singapore; Tokyo: Springer, 2000.

WWF, World Wildlife Fund. Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/. 2016. Acessado em: 10/07/2016.

ANEXO I - ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

A avaliação de impacto ambiental é utilizada, dentre outras finalidades, em estudos que viabilizam os processos de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades diversas como exigência legal para suas operações. É fundamental para avaliação de viabilidade econômica de empreendimentos assim como avaliações socioeconômicas de planejamentos urbanos e regionais.

A escolha do método de avaliação estaria vinculada ao objetivo do estudo, considerando as características do empreendimento e atividade, especificidades da localização, disponibilidade de informações, recursos técnico-financeiros e as exigências de diversos órgãos que participam direta ou indiretamente do processo.

As principais questões aos métodos disponíveis, segundo literatura pesquisada, seriam que ora não evidenciam inter-relações dos fatores, possuem índices que podem mascarar incertezas, assim como índices resultantes de soma de impactos de natureza distinta, geram conceitos ambientais vagos e apresentam subjetividade nos pesos ao evidenciar óticas de diferentes atores.

1 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

O Licenciamento Ambiental é um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6938/1981, com o objetivo de promover o controle prévio à construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental. O objetivo desse processo é obter as seguintes, em ordem ou combinadas; Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO).

O processo de licenciamento ambiental, a partir da Lei nº 6938/1981, tem como desdobramento legal a Resolução CONAMA nº 001/1986 a qual considera a necessidade de estabelecer as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Destaca-se a definição de Impactos Ambientais e diretrizes para elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – Relatório de Impacto no Meio Ambiente (EIA – RIMA).

A Resolução CONAMA nº 237/1997, a qual também consta como segmento, estabeleceu procedimentos e critérios, e reafirmou os princípios de descentralização presentes na Política Nacional de Meio Ambiente e na Constituição Federal de 1988.

2 IMPACTO AMBIENTAL

Impacto ambiental é definido, segundo a Resolução CONAMA nº 001/1986, como: “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam:

- I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - As atividades sociais e econômicas;
- III - A biota;
- IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e
- V - A qualidade dos recursos ambientais”.

3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

A Avaliação de Impacto Ambiental consiste em um instrumento de ponderação *ex ante*, ou seja, com base em prognóstico e em suposição, essencialmente subjetivo e estimativo, compondo um instrumento de subsídio a um processo de tomada de decisão (PIMENTEL 1992).

A Avaliação de Impacto Ambiental²⁷ (AIA) está inserida nos estudos e relatórios exigidos para o processo de licenciamento ambiental, em foco, o Estudo de Impacto Ambiental – Relatório de Impacto no Meio Ambiente (EIA – RIMA), o qual pode ser antecedido, complementado ou substituído de acordo com exigências, por outros estudos, relatórios e planos.

4 ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL

A Resolução CONAMA 001/86, em relação a diretrizes de estudo de impacto ambiental, destaca-se:

“Art. 5º O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

(...)

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade”.

As atividades do estudo são destacadas, por sua vez, no artigo seguinte da mesma resolução:

“Art. 6º O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

²⁷ Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) se apõe à Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), a qual contribui à formação de políticas, à Avaliação Ambiental Integrada (AAI) a qual se refere a interação dos efeitos de diferentes empreendimentos, desenvolvimento socioeconômico do local e à interação entre os diferentes processos, representado pelas variáveis que caracterizam os impactos ambientais no tempo e no espaço, e à Avaliação Ambiental Distribuída (ADD) que procura identificar no espaço os aspectos ambientais e sociais importantes e comprometidos com o desenvolvimento (TUCCI e MENDES 2006).

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio socioeconômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a socioeconomia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados”.

Pimentel (1992), ressalta que a AIA não seria um instrumento de decisão, mas sim de subsídio ao processo de tomada de decisão com o objetivo de obter informações através

do exame sistemático das atividades do projeto e potencializar seus benefícios, considerando os fatores como elementos dinâmicos.

5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Os métodos utilizados em AIA incluíram segundo a pesquisa, além da interdisciplinaridade e multidisciplinaridade, pontos sobre subjetividade, parâmetros que permitam aferir itens qualitativos e quantitativos.

Instruções normativas indicam que o EIA poderia ser realizado utilizando qualquer metodologia, desde que esteja em acordo com a literatura nacional e/ou internacional.

5.1 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

A escolha do método, entre algumas opções estabelecidas no meio, está vinculada ao objetivo do estudo, considerando as características do empreendimento e atividade, especificidades da localização, disponibilidade de informações e recursos técnico-financeiros.

Em revisão sobre os métodos mais notórios na literatura podemos destacar oito possibilidades de técnicas e/ou combinações (Quadro 59).

Quadro 59 - Análise Comparativa dos Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental

GRUPO	MÉTODO	TIPOS/ EXEMPLOS	DESCRIÇÃO	APLICAÇÃO	VANTAGENS	CRÍTICAS
Identificação e sumarização de impactos (incorporam julgamentos de valor)	Metodologias espontâneas (Ad hoc)	Delphi ou Delfos	Impactos caracterizados e sumarizados em tabelas e matrizes	Considera o parecer de especialistas em cada espécie de impacto. Consiste na formação de grupos de trabalho multidisciplinares. Útil em escassez de dados. Variáveis muito qualitativas e pouco quantitativas	Menor tempo. Menor custo. Fácil compreensão de não-especialistas.	Alto grau de subjetividade dos resultados. Diretamente ligada à qualidade dos especialistas . A legislação não permitiria sua aplicação para AIA.

Listagens de controle (Check-list)	Simple, descritivas, escalares, escalares ponderadas, questionários, multiatributos. Threshold of Concern; Batelle	Identifica e enumera impactos prováveis. Incorporam escalas de valor e índices de ponderação de fatores. Diagnóstico à comparação de alternativas.	Considera o parecer de especialistas em cada espécie de impacto e referências econômicas e técnicas. Consiste na formação de grupos de trabalho multidisciplinares. Útil em escassez de dados.	Aplicação imediata em avaliação qualitativa. Memorização de todos os fatores.	Não considera relações causa/efeito entre impactos. (Não identifica impactos diretos e indiretos, características temporais e dinâmica dos sistemas).
Matrizes de interações	Matriz de Leopold (Serviço Geológico do Ministério do Interior dos EUA); Matriz de correlação (Dote & Sá); Matriz de Avaliação de Impacto Ambiental (Bianchi); Matriz Castro & Gurgel; Matriz Causa e Efeito; Fischer & Davies	Relacionam ações aos fatores com técnicas bidimensionais. Incorporam variáveis temporais e parâmetros de valoração. Basicamente métodos de identificação. (Matriz de Leopold: julgamento de valor - magnitude e importância - identificando positivos e negativos).	Identificação de impactos diretos. Matriz de Leopold: Valoração da magnitude objetiva/empírica, pontuação de importância subjetiva/normativa (envolve atribuição de peso relativo).	Baixo custo relativo e boa visualização. Matriz de Leopold: Fácil compreensão dos resultados. Aborda fatores biofísicos e sociais. Acomoda dados qualitativos e quantitativos. Orienta prosseguimentos dos estudos.	(Não identifica impactos indiretos, características temporais e dinâmica dos sistemas, subjetividade na magnitude). Matriz de Leopold: Subjetividade na atribuição de peso relativo ao fator. Não considera inter-relações dos impactos (dupla contagem ou subestimativa). Pouca ênfase a fatores sociais e culturais. Divergências sobre cálculo de índice global, dificuldade de compatibilização de escalas (de intervalo ou razão manipula-se matematicamente, nominais ou ordinais necessitam conversão).
Redes de interação (Network) e Diagramas de sistema	Rede de Sorensen; Método CNYRPAB; Método Bereano; Considerações do Banco Mundial sobre redes de interações modificadas, IMPACT	Sequência de impactos por métodos gráficos. Relações causas-condições-efeitos. Podem associar parâmetros de valor (magnitude, importância e probabilidade) para obter índice global.	Considera relações de precedência das ações e consequentes impactos de primeira e demais ordens. Determinação de impactos diretos e indiretos.	Abordagem integrada de impactos e interações. Permite visualização de impactos secundários e posteriores. Possibilidade de introdução de parâmetros probabilísticos (tendências). Orienta medidas mitigadoras.	Não detectam importância relativa dos impactos, aspectos temporais e espaciais, dinâmica dos sistemas.
Mapas de superposição (Overlay Mapping)	Mc Harg	Localização/extensão de impactos por técnicas cartográficas. Interação para produção de síntese de situação de uma área, por conceitos de vulnerabilidade/potencialidade.	Série de cartas temáticas para cada compartimento. Projetos lineares e diagnósticos.	Boa visualização e exposição de dados. Identificação de questões de dimensão espacial (Localização de conflitos de uso, etc.). Comparação de alternativas a serem	Subjetividade de resultados . Não quantifica magnitude. Difícil interação de dados socioeconômicos. Não considera dinâmica dos sistemas.

					analisadas.	
Avaliação de impactos (comparação de alternativas)	Metodologias quantitativas	Método Batelle Columbus Laboratories - ESS	Associa valores às considerações qualitativas. Indicadores de qualidade em gráficos. Relacionam estado de compartimentos ou segmentos a estado de qualidade.	Atribui-se peso relativo por fator e comparação sob julgamento subjetivo. Utiliza-se índice global	Supri analistas com informações de caracterização de situações específicas.	Método subjetivo (pode ser auxiliado por Delphi).
	Modelos de simulação	KSIM	Representa comportamentos de parâmetros.	Modelagens matemáticas e inteligência artificial. Diagnósticos e prognósticos da qualidade ambiental.	Útil em projetos de múltiplos usos. Podem ser utilizados após o início de operação de projeto. Considera dinâmica dos sistemas, interações entre fatores, impactos e variável temporal.	Dificuldade de entendimento de não-especialistas. Dificuldade nas tomadas de decisão. Limite de variáveis a serem estudadas, necessidade de qualidade de dados. Custo elevado. Representação da qualidade incompleta.
	Combinação de métodos	LESA	Utilização de dois ou mais métodos	Avaliação de impactos negativos.	Relativa às características dos métodos escolhidos.	Avaliação global de maior dificuldade.

Ao comparar os métodos podemos afirmar que nenhum método seria necessariamente o melhor a ser utilizado em todas as ocasiões (LEOPOLD et al. 1971) e mesmo dois métodos poderiam ser combinados para tornar a avaliação mais completa (MORGAN 1998).

As principais questões à esses métodos seriam que ora não evidenciam inter-relações dos fatores, não aprofundam impactos de segunda ou terceira ordem, teriam dificuldade em distinguir impactos de curto e longo prazo, possuem índices que poderiam mascarar incertezas nos dados internos assim como índices resultantes de soma de impactos de natureza distinta, gerariam conceitos ambientais vagos ao desconsiderar bases socioeconômicas, apresentariam subjetividade nos pesos ao evidenciar óticas de diferentes atores, entre outras.

As diferentes formas existentes para a avaliação de impacto ambiental geram debates científicos por melhores métodos na correta definição dos impactos com objetivo da preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável, porém deveríamos considerar as limitações do conhecimento científico no estabelecimento de impactos potenciais e suas relações.

5.2 ABORDAGEM FUZZY PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Segundo Martins (2010) abordagens Fuzzy são adequadas para o raciocínio sob incerteza ou com informações aproximadas, especialmente para sistemas com modelagem matemática difícil de desenvolver. A Lógica Fuzzy permitiria a tomada de decisão com valores estimados a partir de informações incompletas ou incertas, representadas por conjuntos Fuzzy.

A maior contribuição da Teoria dos Conjuntos Fuzzy seria a sua capacidade de representar dados vagos e ambíguos. Tem sido utilizada para modelar sistemas que são difíceis de definir de forma precisa, como uma metodologia, incorpora a imprecisão e a subjetividade humana no processo de formulação e solução do modelo. Assim, representaria uma ferramenta atrativa de auxílio à pesquisa, especialmente quando a dinâmica do ambiente de decisão limita a especificação dos objetivos e restrições do modelo, bem como a mensuração precisa de seus parâmetros.

As vocações da Lógica Fuzzy poderiam se apresentar diretamente úteis às questões de aplicabilidade e resultados dos métodos de avaliação de impactos ambientais correntes. Nesse campo, algumas iniciativas de aplicação da Lógica Fuzzy à impactos ambientais foram indicados através de publicações recentes sustentam a complementariedade da Lógica Fuzzy à construção de novos modelos de análise.