

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Departamento de Ciências Administrativas
Programa de Pós-Graduação em Administração - PROPAD

Ricardo Moreira da Silva

**Um Modelo para Análise da Sustentabilidade de
Fontes Elétricas**

Recife, 2011

Ricardo Moreira da Silva

Um Modelo para Análise da Sustentabilidade de Fontes Elétricas

Orientador: Prof. PhD Marcos André Mendes Primo

Tese apresentada como requisito para obtenção do grau de Doutor em Administração, área de concentração em Estratégia, Finanças e Sustentabilidade Empresarial – EFE- do Programa de Pós-Graduação em Administração - PROPAD da Universidade Federal de Pernambuco.

Recife, 2011

Silva, Ricardo Moreira da

Um modelo para análise da sustentabilidade de fontes elétricas / Ricardo Moreira da Silva. - Recife : O Autor, 2011.

386 folhas : fig., tab.,quadro, graf., abrev. e siglas

Orientador: Prof^o. PhD Marcos André Mendes Primo.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Administração, 2011.

Inclui bibliografia.

1. Sustentabilidade.
 2. Fontes elétricas.
 3. Modelo de análise.
- I. Primo, Marcos André Mendes (Orientador). II. Título

658 CDD (22.ed.) UFPE/CSA 2012 - 013

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Departamento de Ciências Administrativas
Programa de Pós-Graduação em Administração - PROPAD

Um Modelo para Análise da Sustentabilidade de Fontes Elétricas
- Tese de doutorado em Administração, da Universidade Federal
de Pernambuco

Ricardo Moreira da Silva

**Tese submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Administração da
Universidade Federal de Pernambuco e aprovada em 29 de agosto de 2011.**

Banca Examinadora:

Marcos André Mendes Primo, PhD, UFPE

Orientador

Antonio Domingos Padula, Dr, UFRGS

Examinador Externo

Gesinaldo Ataíde Cândido, Dr, UFCG

Examinador Externo

Walter Fernando Araújo de Moraes, Dr, UFPE

Examinador Interno

Charles Ulisses de Montreuil Carmona, Dr, UFPE

Examinador Interno

Resumo

A partir da década de 80, o consumo mundial de energia elétrica apresentou uma tendência de crescimento maior do que a oferta, de modo que existe uma carência de produção. Além desse desequilíbrio, atualmente há também a preocupação com as questões ambiental e social relacionadas com a produção de energia. Por mais que a energia seja necessária, a emissão de CO₂, o lixo nuclear, a inundação de terras férteis e outros problemas não são mais tolerados; assim é necessário produzir energia de forma sustentável e a questão da sustentabilidade ganha notoriedade. Essa tese propõe um modelo analítico que avalia e compara a sustentabilidade de seis fontes elétricas sob os aspectos econômicos, sociais, ambientais e institucionais, tomando como caso-testes o uso dessas no Brasil e na Suécia. Nesse modelo utilizou-se como base teórica o indicador de sustentabilidade *Driving force – State – Responsive*, os princípios das leis da termodinâmica, o triângulo de fractais e a teoria da agência. A metodologia utilizada foi (1) apresentar um panorama teórico sobre fontes elétricas; (2) desenvolver um esquema-modelo para análise de suas sustentabilidades e (3) apresentar uma análise do uso das fontes no Brasil e na Suécia. Essa tese confeccionou tabelas DSR que mapeiam as fontes analisadas, possibilitando seus usos no planejamento energético de setores elétricos, mas a principal contribuição foi que o modelo desenvolvido permitiu a conclusão que não existe uma fonte que atenda plenamente o tríplice aspecto (ambiental, social e econômico) e que a análise da sustentabilidade deve ser tratada também pelo aspecto institucional. Adicionalmente, o uso do modelo pode ser utilizado em outros países com pequenas adaptações.

Palavra - chaves: Sustentabilidade. Fontes Elétricas. Modelo de análise.

Abstract

From the 80's, the world's consumption of electricity showed a trend of higher growth than the supply, so there is a lack of production. In addition to this imbalance, currently, there is also concern with the environmental and social issues, related to energy production. No matter how much energy is essential, oil emits CO₂, Nuclear power plants creates nuclear waste, Hydro power plants flood fertile lands, and other problems are no longer tolerated. So we need to produce energy sustainably, and the issue of sustainability gains notoriety. This thesis proposes an analytical model (which evaluates and compares the sustainability of six electricity sources - in the economic, social, environmental and institutional aspect, and we have case-taking as the use of these tests in Brazil and Sweden. This model was used as a theoretical basis, the sustainability indicator Driving Force - State - Responsive, the principles of the laws of thermodynamics, the fractal triangle, and the agency theory. The methodology used was (1) provide a theoretical background on electrical sources; (2) develop a model process for analysis of their sustainability (3) analysis of the use of sources in Brazil and Sweden. This thesis built DSR tables allowing its use in energy planning for electricity sectors. However, the main contribution was that the developed model, concludes that there is no source that fully meets the triple aspect (environmental, social and economic) and sustainability analysis should also be treated by the institutional aspect. Additionally, the use of the model can be used in other countries with small adjustments.

Key words: Sustainability. Electricity Sources. Analytical model

Lista de Figuras

Figura 1(1): Representação dos fluxos de energia com a indicação das perdas	17
Figura 2(1): Esquema para definição de energia sustentável.	21
Figura 3 (1): Fronteiras dos Indicadores de Sustentabilidade	22
Figura 4(1): Tapete Fractal de Sierpinsky Triangular.	23
Figura 5 (1): Matriz Elétrica Brasileira 2009.	28
Figura 6 (1): Matriz Elétrica Suéca.	29
Figura 7 (1): Sistema de Produção de Energia Elétrica	30
Figura 8 (1): Complexidade dos sistemas de produção de energia	31
Figura 9 (1): Cadeia produtiva da eletricidade	39
Figura 10 (2): Triângulo de Fractais	59
Figura 11 (2): O Estado como participante na relação organização-sociedade	66
Figura 12 (2): O Estado como participante na relação organização-sociedade	68
Figura 13 (2): Esquema Teoria da Agência	73
Figura 14 (3): Sequência da Pesquisa	89
Figura 15 (4): Esquema do desenvolvimento do MA	94
Figura 16 (4): Sistema PSR	97
Figura 17 (4): Matriz energética brasileira	106
Figura 18 (4): Matriz energética sueca	106
Figura 19 (4): Matriz elétrica brasileira	106
Figura 20 (4): Matriz elétrica sueca	106
Figura 21 (4): Ferramenta preliminar do MA	109
Figura 22 (4): Ferramenta do MA	112
Figura 23 (4): Movimentação 1 do MA	115
Figura 24 (4): Movimentação 2 do MA	115
Figura 25 (4): Modelo de Análise	116
Figura 26 (5): Estrutura básica de um sistema elétrico	122
Figura 27 (5): Matriz energética mundial	122
Figura 28 (5): Fotos do acidente nuclear em Fukushima	157
Figura 29 (5): Fotos do SKB/Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company	165
Figura 30 (5): Produção Mundial de Oleaginosas 2003	226

Figura 31 (5): Porcentagem de biodiesel adquirido pela ANP entre 2005-2008	232
Figura 32 (5): Brasil: Porcentagem do volume a ser produzido de biodiesel por região.	233
Figura 33 (5): Poluição no mundo.	248
Figura 34 (5): Percentual de energia renovável no mundo.	249
Figura 35 (6): Cronologia da gestão do SEB.	267
Figura 36 (6): Atual Arranjo Institucional Brasileiro.	277
Figura 37 (6): Cronologia da gestão do SES.	281
Figura 38 (6): Gestão Atual da Energia do SES.	291

Lista de Quadros

Quadro 1 (1): Questões relativas ao <i>Cooking</i>	25
Quadro 2(1): Energia: Brasil x Mundo	26
Quadro 3(1): Características da distribuição de energia de cada país.	33
Quadro 4(1): Atributos para tomada de decisão.	42
Quadro 5(2): Sistemas de Indicadores de sustentabilidade.	53
Quadro 6 (2): Descrição de Sistemas de Indicadores de sustentabilidade.	54
Quadro 7 (2): Categorias do Prêmio Abradee de Responsabilidade Social.	56
Quadro 8 (2): Sistema de sustentabilidade ABRADÉE.	56
Quadro 9 (2): Organizações desenvolvedores de SI de sustentabilidade de energia.	58
Quadro 10 (2): Resumo da Teoria da Agência.	78
Quadro 11 (4): Indicadores do DSR de energia.	102
Quadro 12 (4): Fontes escolhidas para MA.	109
Quadro 13 (4): Dimensões X Variáveis.	114
Quadro 14 (5): Panorama da energia em vários países.	125
Quadro 15 (5): Impactos no ecossistema causados pela construção de reservatórios.	138
Quadro 16 (5): Impactos das grandes barragens sobre a saúde.	148
Quadro 17 (5): Emissões globais de CO ₂ por setor energético	160
Quadro 18 (5): Principais classes de hidrocarbonetos	190
Quadro 19 (5): Acidentes no setor do petróleo	199
Quadro 20 (5): Condições de trabalho do operador do setor petrolífero	201
Quadro 21 (5): Sobre a conversão da colheita manual para a colheita mecanizada	217
Quadro 22 (5): Sobre a conversão da colheita manual para a colheita mecanizada	219
Quadro 23 (6): Histórico do SEB 1934/1985	267
Quadro 24 (6): Histórico do SEB 1989/2004	269
Quadro 25 (6): Principais Mudanças no SEB	270
Quadro 26 (6): Fases do SEB	273
Quadro 27 (6): Diferenças entre o arranjo Estatal e o Privado	275
Quadro 28 (6): Fases do SES	281
Quadro 29 (6): Histórico do SES – 1990/2007	283
Quadro 30 (6): Leis que regulamentaram o SES	284
Quadro 31 (6): Principais incentivos e medidas políticas	286

Quadro 32 (6): Uso de fontes elétricas no Brasil e Suécia	293
Quadro 33 (7): Lista dos Deputados Federais Entrevistados	295
Quadro 34 (7): Lista dos Dirigentes da ANEEL Entrevistados	296

Lista de Tabelas

Tabela 1 (4): Comparação das Matrizes energéticas e elétrica Brasil e Suécia	107
Tabela 2 (4): Construção do Modelo – Escolha das variáveis	117
Tabela 3 (5): DSR Hidrelétrica	132
Tabela 4 (5): DSR Nuclear	155
Tabela 5 (5): Uso da terra para diferentes tecnologias de geração de eletricidade	179
Tabela 6 (5): DSR Eólica	184
Tabela 7 (5): DSR Petróleo	194
Tabela 8 (5): O aumento da dependência do petróleo na China	197
Tabela 9 (5): DSR Eólica	212
Tabela 10 (5): Consumo final energético das principais fontes energéticas	222
Tabela 11 (5): Potencial absoluto dos 10 países maiores produtores de biodiesel	228
Tabela 12 (5): DSR Biodiesel	231
Tabela 13 (5): Propriedades do biodiesel e do diesel comum	237
Tabela 14 (5): Emissões de gases para 1000 galões de biodiesel baseado em soja.	239
Tabela 15 (5): Comparação da emissão de gases poluentes entre diesel comum e biodiesel	239
Tabela 16 (5): Número de autores que fazem referência à variável.	253
Tabela 17 (5): Tabela de Contingência para Cálculo ANOVA	254
Tabela 18 (5): Cálculo ANOVA (Cálculo F)	255
Tabela 19 (5): Cálculo ANOVA (Comparação F)	255
Tabela 20 (5): Tabela de contingência por linhas e colunas	257
Tabela 21 (5): Cálculo da Matriz de Correspondência	258
Tabela 22 (6): DSR com considerações da gestão Estatal do setor elétrico	264
Tabela 23 (6): DSR com considerações da gestão privada do setor elétrico	265
Tabela 24 (6): Taxas de energia após Energy and Tax Act, SEK million millions	287
Tabela 25 (6): Evolução da produção de energia renovável	290
Tabela 26 (7): Peso dos deputados	296
Tabela 27 (7): Peso do Grupo ANEEL	297
Tabela 28 (7): Peso do Grupo GDR	298
Tabela 29 (7): Peso de todos os Grupos	299
Tabela 30 (7): Resumo das médias	300
Tabela 31 (7): Maiores médias por variável	301

Tabela 32 (7): Menores médias por variável	302
Tabela 33 (8): Análise da sustentabilidade Brasil	305
Tabela 34 (8): Análise da sustentabilidade Suécia	311

Lista de Gráficos

Gráfico 1 (5): Evolução do Preço do Petróleo (1861-2008)	195
Gráfico 2 (5): Evolução do Preço do Petróleo	195
Gráfico 3 (5): Produção e Consumo de Petróleo na China	198
Gráfico 4 (5): Relação Reservas/Produção	203
Gráfico 5 (5) Consumo, produção e importação de petróleo no Brasil.	234
Gráfico 6 (5) Consumo, produção e importação de diesel no Brasil.	235
Gráfico 7 (5) Proporcao da emissao de poluentes	240
Gráfico 8 (5) Índice dos preços dos alimentos.	241
Gráfico 9 (5) Produção e área plantada de cereais, leguminosas e oleaginosas- Brasil	241
Gráfico 10 (5) Importação de fertilizantes – Brasil (1988-2005).	243
Gráfico 11 (5) Preço Médio arrematado nos leilões de biodiesel – 2009.	244
Gráfico 12 (5) Plotagem das distancias entre fontes e dimensões	260
Gráfico 13 (6): Certificados de eletricidade por cota – 2003-2030	289

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANP (Agência Nacional do Petróleo e Gás)

ABRACE (Associação Brasileira de Grandes Consumidores de Energia Elétrica)

ABRADEE (Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica).

ANA (Agência Nacional de Águas)

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica)Petrobrás

BEN (Balanço Energético Nacional)

BTU (British Thermal Unit ou Unidade térmica Britânica - 1 BTU = 1 055 joules)

CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica)

CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica)

CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco)

EIA (Estudo de Impacto Ambiental)

FURNAS (Eletrobrás Furnas)

ELETROBRÁS Centrais Elétricas Brasileiras S/A

ELETRONORTE (Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A)

ELETRONUCLEAR (Eletrobrás Termonuclear AS)

ELETROSUL (Centrais Elétricas S.A)

EPE (Empresa de Pesquisa Energética)

FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora)

FIC (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora)

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)

KWh (KiloWatt- hora – Unidade de medida de consumo de eletricidade).

MAE (Mercado Atacadista de Energia Elétrica)

MME (Ministério das Minas e Energia)

PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica)

RIMA (Relatório de Impacto Ambiental)

Sumário

1	Introdução	16
1.1	Tema e Problema	26
1.2	Objetivos	37
1.3	Justificativa	38
2	Referencial Teórico	48
2.1	Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável	48
2.2	Teoria de Fractais	59
2.3	Conflito nas Organizações e a Teoria da Agência	62
3	Metodologia	83
4	Construção do Modelo de Análise da Sustentabilidade	93
4.1	Considerações iniciais sobre o MA da Sustentabilidade	93
4.2	Definição do Sistema de Indicadores da Sustentabilidade e seu Teste	96
4.3	Escolha das Fontes Energéticas	105
4.4	Construção da Ferramenta do MA	109
4.5	Escolha das Variáveis de Análise	113
4.6	Funcionamento do MA da Sustentabilidade	115
4.7	A Tabela Gerada pelo MA, seu Preenchimento e Testes	116
4.8	A Incorporação de Pesos de Especialistas e Governantes ao MA	118
5	Análise das Fontes Energéticas – tabelas DSR	121
5.1	Hidrelétrica	127
5.2	Nuclear	152
5.3	Eólica	169
5.4	Petróleo	188
5.5	Etanol	204
5.6	Biodiesel	224
5.7	Avaliação das tabelas DSR – ANOVA	251
5.8	Análise de Correspondência das tabelas DSR	256
6	A Gestão de Setores Elétricos	263
6.1	Análises de Setores Elétricos Estatais e Sob Égide Privada	263

6.2	Considerações sobre o Setor Elétrico do Brasil	266
6.3	Considerações sobre o Setor Elétrico da Suécia	279
6.4	Uso das fontes no Brasil e na Suécia	292
7	A importância das Variáveis Segundo Especialistas	294
7.1	Análise das médias pontuadas pelos especialistas por Grupo	299
8	Análise da Sustentabilidade das Fontes	303
8.1	- Teste de Kruskal-Wallis (teste H) aplicado ao caso Brasil	305
8.2	- Teste de Kruskal-Wallis (teste H) - Suécia	310
9	Conclusões	315
9.1	Limitações da tese	326
9.2	Possibilidades de trabalhos futuros	327

1 Introdução

A diferença entre os atuais níveis de produção e consumo de energia elétrica no mundo é preocupante. Um cenário criado pela Energy Information Administration (EIA) mostra que o consumo mundial de energia entre 2003 e 2030, terá uma alta de 71% (de 421 quatrilhões de BTUs para 722, respectivamente), com o maior aumento demanda na Ásia, América Latina, África e Oriente Médio.

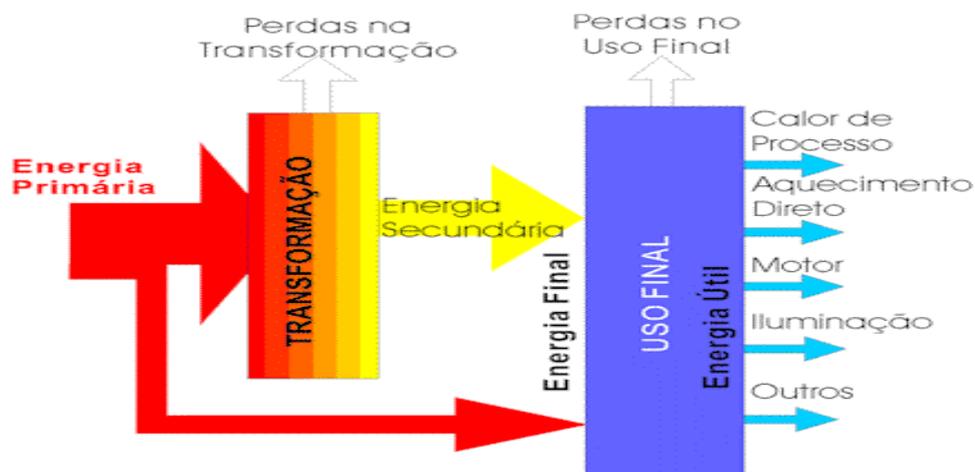
As atuais fontes de energia utilizadas provém do meio ambiente e são esgotáveis. Embora seja sabido que maioria das fontes está se esgotando (Kjärstad; Johnsson, 2009), quantificar os valores exatos ou aproximados de matéria prima existente é extremamente difícil, inclusive por tratar de informação que representa poder (Portilho, 2005) e que é estratégica para o planejamento energético mundial. Além disso, o processo de extração e transformação das fontes energéticas é capaz de provocar um grande impacto sobre o meio ambiente (Costa,2000; Pereira, 2001; Campos, et.al. 2005; Szklo et.al. 2007; Holmgren;Sternhufvud, 2008; Morrow et.al. 2010;. Mazandarani et al. 2011; Khorshidi et al. 2011).

A motivação impulsionadora deste trabalho é a preocupação com os atuais níveis de produção e consumo de energia elétrica no mundo, tanto em virtude da possibilidade do esgotamento da fonte combustível quanto pelo impacto que sua extração e transformação podem provocar ao meio ambiente e à sociedade. Ora, o meio ambiente é o fornecedor exclusivo de energia em sua forma primária, sendo que o homem apenas a converte e a usa de diversas maneiras. De fato, para Goldemberg (2000, p 121), “as chamadas fontes energéticas apresentam-

se em diferentes formas na natureza, em diferentes níveis de refinamento que vão da lenha à nuclear” e são classificadas como:

- Primárias, quando são “produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, minério de urânio, lenha e outros” e;
- Secundárias, quando os produtos primários passam por um processo de transformação que os convertem em formas mais adequadas para os diferentes usos, como o calor nas residências em países frios ou frio em ambientes tropicais, som em ambientes de lazer, etc.

Para o aludido autor, em qualquer transformação parte da energia é perdida no processo e a energia final seria designada como “a energia tal como é recebida pelo usuário nos diferentes setores, seja na forma primária, seja na secundária”, conforme pode ser visto na Figura 1 a seguir.



Fonte: Goldemberg(2000)

Figura 1(1): Representação dos fluxos de energia com a indicação das perdas

Nesse caso, a energia útil seria a parcela da energia efetivamente utilizada pelo ser humano, ou seja, seria a energia inicial encontrada na natureza (na forma bruta) menos todas as perdas de transformação. A forma bruta ou primária a partir da qual a energia elétrica pode ser produzida compreende a força dos ventos, da água, do sol, das marés, da fissão ou fusão nuclear, do lixo, do bagaço da cana e ainda da combustão química de diversos produtos, entre outras.

Em tempos passados os decisores tinham como preocupação apenas duas vertentes: a econômica e a escala de produção, ou seja, ter condições de produzir energia elétrica e ofertá-la ao consumidor a um preço acessível, ainda que fosse necessário subsidiar as tarifas ou destruir a natureza. Porém, atualmente, além dessas questões há uma imposição global: a preocupação da transformação da energia primária em energia útil de modo que não cause problemas ambientais ou sociais. Tornou-se evidente para os planejadores/governantes de políticas energéticas a necessidade de construção de modelos de desenvolvimento onde a dimensão econômica não fosse exclusiva, surgindo assim o entendimento do conceito de desenvolvimento sustentável.

Em 1987, o desenvolvimento sustentável foi definido pelas Nações Unidas por meio do *Brundtland Report*, sendo compreendido como o desenvolvimento que atende as necessidades presentes sem retirar a habilidade ou possibilidade do desenvolvimento das gerações futuras (*“development which meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”*- Our Common Future, 2010, p.3).

Desde a Conferência de Estocolmo, em 1972, já se alertava para a necessidade de se desenvolver um “modelo econômico sustentável”, termo que foi substituído por desenvolvimento sustentável”. De acordo com Mayer (2008), as implicações práticas desta definição são diversas,

perpassando desde o consumo dos recursos com relação à sua taxa de renovação, passando pela eficiência de utilização e a equidade social em todas as sociedades e gerações.

Vinte anos depois, durante a conferência mundial realizada no Rio de Janeiro (Rio-92) ficou estabelecida a Agenda 21 Global, onde cada país participante se comprometeu a fazer a sua parte para reduzir os impactos ambientais causados pela utilização desordenada dos recursos naturais.

Depois disso, os chefes de Estado se reuniram em setembro de 2002 em Joanesburgo, África, no que os críticos o classificaram como mais um encontro social do que ambiental, pois ficou clara a falta de interesse, principalmente dos Estados Unidos, em reduzir seus níveis de poluição (Martins; Cândido, 2008).

As questões ambientais e sociais voltaram a ser discutidas novamente em âmbito mundial no III Fórum Mundial Social em Porto Alegre (Janeiro de 2003) e recentemente (Dezembro 2009) na United Nation Climate Change Conference 2009 em Copenhague-Dinamarca, onde as maiores preocupações foram as questões da mudança climática e da redução da emissão de gases provocadores do efeito estufa discutidos em Kyoto (Copenhagen Accord, 2009)

Mesmo com tantos eventos em busca da sustentabilidade, os estudiosos consideram que poucas ações de repercussão foram implementadas, já que *(a)* os EUA não assinaram o protocolo de redução de emissão de gases, *(b)* a maioria dos países europeus não conseguiram cumprir suas metas de redução, e *(c)* a África apresenta sérios problemas sociais, onde se coloca em debate como o desenvolvimento pode ser sustentável, se há praticamente um continente onde há pessoas morrendo de fome.

Tantos congressos e encontros em nível mundial consolidaram o significado para o termo Desenvolvimento Sustentável (DS), entretanto o conceito de “energia sustentável” não é bem elucidado. Esse termo foi colocado no Google acadêmico nacional e “*sustainable energy*” no site internacional *www.sciencedirect.com* entre os anos 2000 e 2010, sendo encontrados mais de 3000 sites com muitas definições, comparações e análises, em diferentes perspectivas, principalmente porque são envolvidas visões políticas para justificar essa ou aquela ideologia.

De modo geral há uma mistura de conceitos e, no idioma inglês, há uma tendência na literatura de confundir “clean energy” com “*sustainable energy*” o que induz também haver erro de conceituação em todos os outros idiomas. Na verdade, o termo “clean energy” tem haver exclusivamente com a questão ambiental, o que não atende plenamente a perspectiva da questão da sustentabilidade, que envolve também parâmetros sociais, institucionais e econômicos

Nesse contexto, dois pressupostos foram assumidos nessa tese: (a) todos os países deveriam fornecer energia elétrica a toda população requerente (seja produzindo ou comprando energia) e (b) de forma mais limpa, ao qual se chega a necessidade de desenvolver o conceito de energia sustentável.

Para tal, foi usado o conceito de minimização das sobras ou perdas dos processos da geração e consumo de energia com o aporte teórico das leis da termodinâmica, a partir dos seus princípios mais básicos. O conceito é relativamente simples, mas é acoplável ao conceito de energia útil já apresentado.

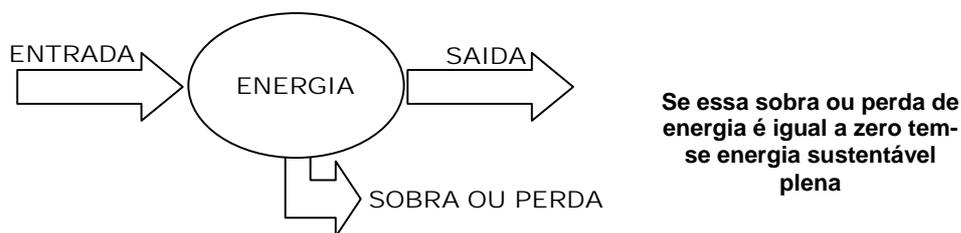


Figura 2(1): Esquema para definição de energia sustentável.

Dessa forma, o conceito de energia sustentável desenvolvido nessa tese trata da comparação de níveis de sustentabilidade (compara fontes de energia que apresentam entre mais ou menos sobras), já que não existe nenhum caso real de transformação com perda zero (esse conceito será mais bem detalhado no referencial teórico).

Em suma, “energia sustentável” é a busca da minimização das perdas e danos, seja na quantidade do resíduo, no impacto ao meio ambiente, no representativo financeiro ou no impacto para a sociedade. Assim esse conceito “perdas e danos” significa bem mais do que eficiência energética, idéia inicial de Goldemberg(2000), pois inclui no cálculo outros subprodutos tangíveis e intangíveis. Tem haver com a relativização à vantagem ou desvantagem.

Por exemplo, enquanto a energia nuclear não emite CO₂ e o petróleo quando queimado emite; logo neste aspecto, o petróleo possui uma “sobra” que a energia nuclear não tem. Assim, essa perda será levada em conta para se verificar a sustentabilidade da fonte. Seguindo a mesma lógica, nessa ótica existem três tipos de perdas e/ou danos, doravante chamados apenas “perdas”: Perdas ambientais, perdas sociais e perdas econômicas.

Como o modelo analítico construído envolve um conceito de energia sustentável atrelado a perdas ambientais, sociais e econômicas, escolheu-se um sistema de indicadores de

sustentabilidade que trabalhasse e cobrisse essas três categorias. Como pode ser visto na figura a seguir, um modelo já consagrado, clássico que cobre essas três áreas é o *Driving-Force-State-Response* (Força Motriz-Estado-Resposta) desenvolvido pelas Nações Unidas (OECD, 2011) que doravante será uma das ferramentas para a seleção das variáveis do modelo.

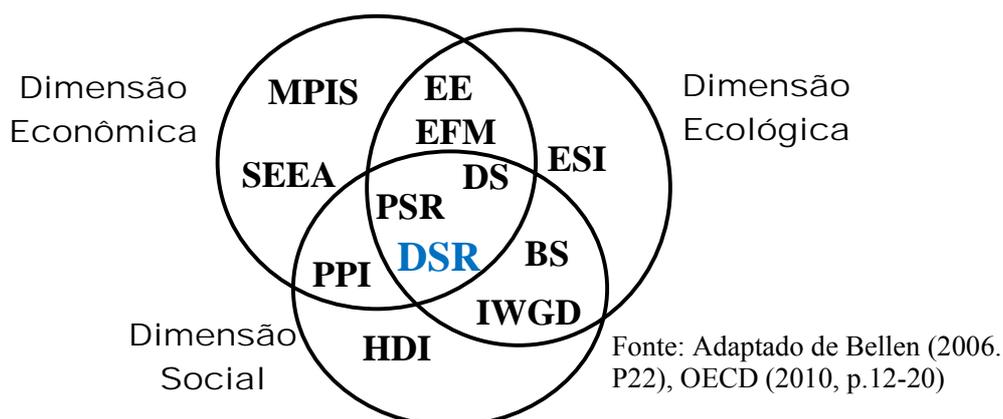


Figura 3 (1): Fronteiras dos Indicadores de Sustentabilidade

Tal sistema é uma extensão do *Pression-State-Responsive* largamente usado, e foi escolhido porque adequa-se ao conceito de energia sustentável definido, pois envolve as dimensões equidade social (ou justiça social, social ou o termo em inglês *equity*), ecologia (ou meio ambiente, ambiental ou o termo em inglês *ecology*), economia (ou econômica financeira, econômica ou o termo em inglês *economy*) e institucional (ou o termo em inglês *institutional*).

Então, uma vez desenvolvido o conceito de energia sustentável e definidas as dimensões do Modelo de Análise (MA), partiu-se para a construção e apresentação do modelo que usa como aporte teórico a abordagem de fractais desenvolvida por McDonough e Braungart (2002). Essa abordagem foi escolhida por que seus autores utilizam três das quatro dimensões (equidade social, ecologia e economia), também já contidas no indicador DSR (faltando apenas a dimensão institucional).

A terminologia “fractais” foi trazida da física quântica por McDonoug e Braungart (2002) de maneira metafórica, fazendo uma alusão ao Tapete de Sierpinsky Triangular, onde sempre é possível decompor uma molécula em partes menores, porém apesar de se retirar parte da molécula, o que resta ainda mantém as características da molécula original.

A questão do preenchimento dos espaços na física quântica tem outra significação. Em se tratando de moléculas, não existe a certeza do preenchimento dos espaços, até por que 99,99% de uma molécula é espaço vazio. O que existe é uma probabilidade de um elétron estar no espaço definido. Dessa forma, ao ser retirado parte de uma molécula, ainda assim haverá a tendência do preenchimento do espaço vazio, por isso se mantém as características iniciais do sistema.



Figura 4(1): Tapete Fractal de Sierpinsky Triangular.
Fonte: Math 2033Forum (2010)

No uso dessa lógica, McDonoug e Braungart (2002) fizeram a decomposição das três dimensões clássicas da sustentabilidade inicialmente idealizadas por Elkington(2004)¹ em nove subunidades (triângulo situado no meio), chamadas de fractais, possibilitando uma análise combinada e mais cuidadosa sobre a questão da sustentabilidade.

O sentido dessa decomposição é situar a análise em pares, pois, por exemplo, uma análise ou ação social pode trazer outras implicações sociais, ou econômicas ou ambientais e vice-versa. Por isso, a junção em pares pode elucidar melhor análise. São os fractais: (1) Ambiental-Ambiental, (2) Ambiental-Social, (3) Ambiental-Econômico, (4) Social - Social, (5) Social-

¹ Triple bottom line ou 3P's – People, Planet and Profit, no Brasil conhecido como o tripé da sustentabilidade, com o qual Elkington media o valor que as organizações geram (ou destroem), nas dimensões econômica, social e ambiental.

Ambiental, (6) Social-Econômico, (7) Econômico-Econômico, (8) Econômico-Social, e (9) Econômico-Ambiental.

Além desses nove pares de análise, existem situações onde eles não conseguem explicar plenamente a sustentabilidade. Por exemplo, o simples ato de cozinhar alimentos no Brasil (*cooking*) é feito com o butano, na Colômbia com lenha natural e na Suécia com a eletricidade. A explicação dessas escolhas envolve outros elementos além dos fractais.

Para cozinhar, a Colômbia já tentou implantar o uso do gás natural (uma vez que possui essa fonte energética em abundância), entretanto a crença popular em que a comida fica mais saborosa com lenha fez com que a iniciativa do governo falhasse (Fernandez, 2009). Enquanto isso, a Suécia usa a eletricidade por que o governo optou pelo uso de uma fonte não emissora de CO₂ (Thomas, 2009). Já para o Brasil não foi achada uma explicação justificando a opção pelo butano. Considerou-se então de fundamental importância que o MA incluísse a questão institucional relacionada com a escolha do uso da fonte energética.

Por questões dessa natureza, intrínsecas ao fator institucional, ao MA foi incorporada a Teoria da Agência, pois essa teoria explica outras ações que os fractais não conseguem. Essa teoria envolve sete parâmetros, a saber: Interesses Próprios, Conflito de Interesses, Racionalidade Limitada, Informações Assimétricas, Busca de Eficiência, Aversão a Riscos e Informações como *commodities* que o tríptico conceito de sustentabilidade dos fractais não abrange. Nos casos exemplificados do *cooking*:

	Colômbia	Suécia	Brasil
Fonte	Lenha	Eletricidade	Butano
Motivo aparente	Crença popular do sabor do alimento	Decisão governamental de retirar da população a escolha fonte	Não foi achada uma explicação
Explicação pela Teoria da agência	Possível conflito de interesses	Interesses próprios ou informações assimétricas, já que o governo detém informações não disponibilizadas a toda população como emissão de gases do efeito estufa, preços e custos, e outros	Parâmetros da racionalidade limitada

Quadro 1 (1): Questões relativas ao *Cooking*

Considerando todo descrito, a contribuição dessa tese é apresentar um modelo analítico inédito que sirva para avaliar o quão sustentável é uma fonte energética. Esse MA que foi desenvolvido sob o conceito de perdas ou sobras (pressupostos das leis da termodinâmica), avalia inicialmente se a fonte é limpa levantando os problemas atrelados exclusivamente a captação e transformação da fonte (através das tabelas DSR e do triângulo de fractais). Depois analisa o uso da fonte em um determinado país, verificando se as políticas energéticas adotadas no setor elétrico mitigam os problemas causados pela geração e consumo da energia (Teoria da Agência).

A princípio, o modelo de análise pode comparar quaisquer países, e quaisquer fontes energéticas, desde que as informações necessárias para alimentá-lo estejam disponíveis. Porém por questões de acessibilidade na coleta de dados, essa tese analisa o uso de seis fontes de eletricidade (escolhidas por ordem de importância nas matrizes elétricas) aplicadas nos casos teste Brasil e Suécia.

Além da acessibilidade na obtenção dos dados, o Brasil e a Suécia, (enquanto países muito diferentes em área territorial, população e clima) apresentam variáveis em suas políticas energéticas semelhantes (detalhadas no tópico 1.1 a seguir).

1.1 Tema e Problema

Para o entendimento de um sistema de energia, é necessário primeiramente que se estabeleça uma diferenciação entre sistema energético (ou matriz energética, no inglês, “*energy*”) e o sistema de energia elétrica, ou sistema de produção de energia elétrica (ou simplesmente eletricidade, no inglês, “*electricity*”).

A matriz energética é bem mais ampla que os sistemas de produção de energia elétrica. A matriz energética refere-se a todas as formas de produção e consumo de energia; portanto abrange a energia utilizada nos transportes, no cozimento de alimentos, no aquecimento ou resfriamento das casas, nas indústrias, enfim todas as formas de uso de energia; sendo a eletricidade apenas uma delas. É possível que, por vezes, haja alguma confusão de definições, por que a eletricidade (que é uma forma secundária de energia) permite a sua utilização em todas as formas de consumo, daí a sua importância.

O quadro 2 apresenta uma comparação da matriz energética brasileira e mundial.

Energia	2003		2009	
	Brasil (%)	Mundo (%)	Brasil (%)	Mundo (%)
Petróleo e Derivados	43,2	34,9	37,8	46,1
Biomassa (Bagaço-de-Cana, Criadouro Avícola, Biogás)	27,2	11,5	32,0	10,7
Eletricidade	13,6	2,3	15,3	1,8
Carvão	6,6	23,5	4,8	24,5
Gás Natural	7,5	21,0	8,7	16,0
Urânio	1,9	6,8	1,4	0,9
	Fonte: Fernandes(2004)		Fonte: BEN(2010)	

Quadro 2(1): Energia: Brasil x Mundo

Nesse quadro é possível visualizar um comportamento inverso na matriz brasileira em relação à matriz energética mundial: Apesar de todos os eventos já comentados buscando redução

da emissão de gases efeito estufa, em nível mundial, verifica-se o aumento da dependência do petróleo e seus derivados e do carvão (fontes não limpas), enquanto que o Brasil apresenta uma tendência do aumento da participação das fontes renováveis (ou mais limpas) como biomassa, eletricidade e gás natural.

Sobre a matriz energética brasileira, o Tribunal de Contas da União (2008) realizou nos dias 11 e 12 de novembro, em Brasília, sob a coordenação do ministro Augusto Nardes, o seminário “A Nova Matriz Energética Brasileira”, com apoio do Ministério de Minas e Energia e da Fundação Alexandre Gusmão do Ministério das Relações Exteriores. O evento teve como objetivo promover o debate sobre a infra-estrutura brasileira a partir dos insumos energéticos disponíveis, proporcionando um amplo fórum para discutir as estratégias do país no que tange às soluções para os problemas do setor energético. Contou com a presença da ANEEL, Petrobrás, Eletrobrás, Eletronuclear, ANP, EPE, ABRACE, Ministério Público Federal e a COPPE-UFRJ e. Os resultados desse encontro mostram que:

- A matriz energética nacional possui um perfil muito superior à média mundial quanto às emissões de gases de efeito estufa (hidrelétricas, etanol e biomassa);
- A matriz energética nacional possui uma vulnerabilidade maior que a média mundial quanto aos possíveis efeitos advindos de um cenário de mudanças climáticas (mudança no padrão de precipitação e vazão de rios, impacto na produção agrícola etc).

O pronunciamento do Tribunal de Contas da União e a comparação entre a matriz energética mundial e brasileira alertam que o Brasil possui uma matriz energética vulnerável, apesar de ser ambientalmente mais correta que a matriz mundial. Mas qual seria o motivo dessa

fragilidade? A matriz elétrica (ou de eletricidade) responde essa questão, conforme pode ser verificado na figura a seguir

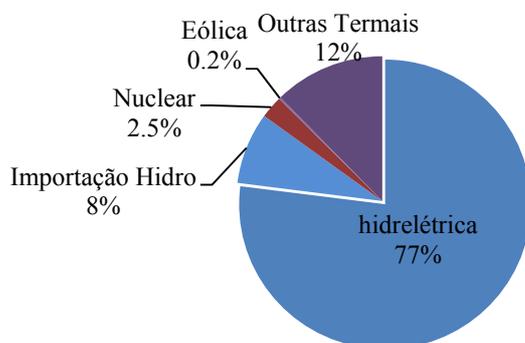
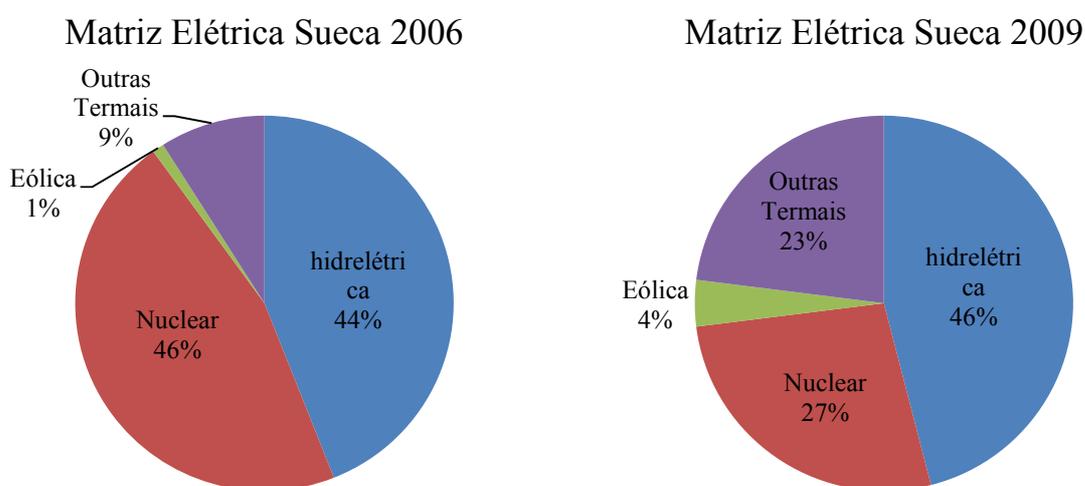


Figura 5 (1): Matriz Elétrica Brasileira 2009.
Fonte: BEN (2010)

A matriz de eletricidade brasileira é fortemente baseada na energia hidráulica (76,9%) e o montante importado (8,1%) é também energia hidráulica proveniente da parte da Itaipu Paraguaia, ou seja, 85% da matriz elétrica depende de investimentos de longo prazo na construção das usinas, apostando no combustível “água” que é regido pelo ciclo hidrológico. Enquanto seja um combustível mais limpo, a água é mais vulnerável que outros como o urânio e petróleo.

A questão é complexa. Por exemplo, a visão jurídica é que energia elétrica é um bem de natureza pública, mesmo que remotamente, privada, já que os potenciais de energia são bens da União, “a ela cabendo explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão” (Constituição Federal do Brasil - Art. 21, XII, b). Dessa forma, a Constituição Federal do Brasil mostra que a energia elétrica é do povo brasileiro; o gerenciamento da prestação do serviço é que pode ser realizado por empresas privadas, entretanto, por ser essencial, deveria ser fornecida visando atender, exclusivamente, os interesses da população.

Nessa questão o povo, dono da energia tem interesse em pagar o menos possível pelo consumo de energia, então o uso da energia hidráulica ganha interesse, devido ao baixo custo de transformação. Nesse caso, quando privilegiados pela natureza nesse tipo de recurso energético, alguns países se juntam ao Brasil. A Suécia é um desses países, conforme se pode verificar na sua matriz de eletricidade.



Fonte: Swedish Energy Agency (2007)

Fonte: Nordic Energy Regulatory (2010)

Figura 6 (1): Matriz Elétrica Suéca.

Entretanto, mesmo sendo a fonte energética mais barata, o que se pode verificar na Suécia é que não houve o aumento significativo do uso da energia hidrelétrica. O que aconteceu foi que houve por parte da população sueca um apelo ao fechamento das usinas nucleares. O MA mostrará outras considerações a esse respeito.

Do ponto de vista dos sistemas de produção, a geração da energia elétrica pode ser representada a partir de uma configuração simples com entrada, processamento, saída e *feedback* (ou retroalimentação), conforme a Figura 7 (1):

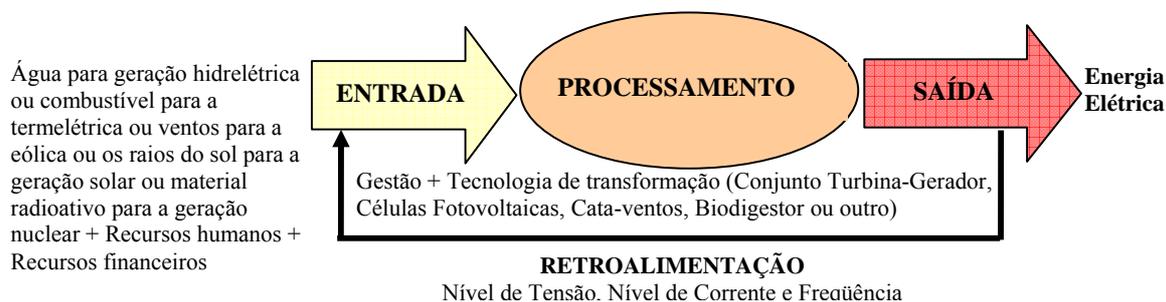


Figura 7 (1): Sistema de Produção de Energia Elétrica

Fonte: Silva (2005)

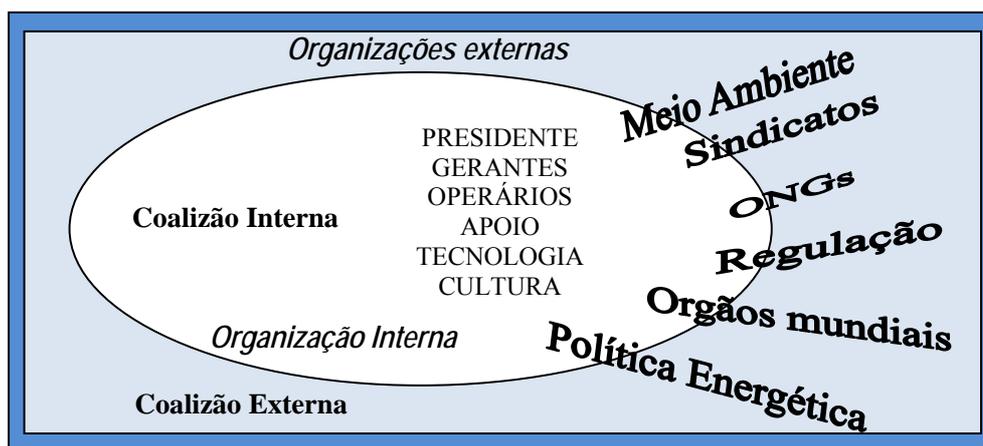
O sistema de produção de energia apresentado na figura 6(1) é simples, mas serve como elemento visual no entendimento do processo. No caso do processamento existem basicamente duas variáveis: a tecnologia e a gestão. A tecnologia se apropria dos insumos (um tipo de combustível) e gera a energia elétrica. É composta de:

- a) Conjuntos mecânicos turbina-gerador que utilizam a água na geração hidrelétrica;
- b) Equipamentos de enriquecimento de materiais radioativos utilizados na geração nuclear;
- c) Células fotovoltaicas que captam os raios solares na produção de energia solar e;
- d) Outras.

A gestão, “gestão energética”, diz respeito às técnicas e aos modelos utilizados para promover a operacionalização do sistema. Nesse entendimento, a gestão energética deve ser entendida como parte do processamento do sistema, pois atua como integrador das etapas do processo de produção da energia elétrica.

Porém, esse sistema apresentado na Figura 6(1), é ilustrativo e de fácil visualização, porém é uma simplificação muito grande do que existe e não representa fielmente a realidade

existente numa gestão energética. Por esta razão, apresentam-se na figura 8 (1) os diferentes elementos que atuam nos setores elétricos inseridos num contexto mundial, a fim de mostrar sua interação e complexidade.



Fonte: Elaborada baseado em Mintzberg(1983)
Figura 8 (1): Complexidade dos sistemas de produção de energia

A elipse branca representa a organização interna, ao que Mintzberg (1983) classifica como os *stakeholders* da Coalizão Interna (CI); Toda parte externa a elipse, o aludido autor classifica como os *stakeholders* da Coalizão Externa (CE), ou seja, o quadrado azul que representa todas as outras organizações que estão no mercado se avizinhandando da organização foco (em branco) onde estão concentradas as ONGs e todas as organizações mundiais, como as Nações Unidas, Governos, empresas transnacionais e outras.

Considerando os diversos fatores que a influenciam, é possível afirmar que a gestão energética é um sistema complexo. A Figura 7 (1) mostra a existência de *stakeholders* pertencentes a CI e CE, os quais interagem barganhando parcelas de poder e modificam o

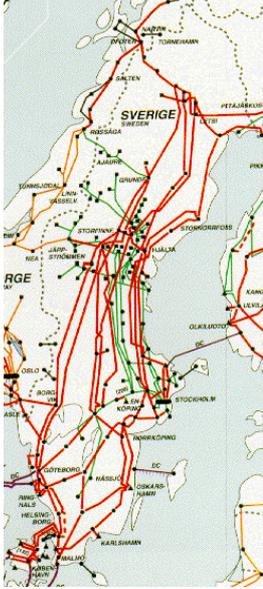
mercado. A CI interfere na CE e vice-versa, fornecendo uma idéia do quão complexo são os sistemas de energia.

Desse modo, com tantos subsistemas interagindo, conforme mostrado na Figura 7 (1), a vulnerabilidade do sistema é crescente quer nas vertentes ambiental, social, ou até mesmo na questão de um possível desabastecimento elétrico. Assim entende-se que a questão da averiguação da sustentabilidade das fontes não é tão simples, havendo a necessidade do estudo das características peculiares de cada fonte e da contextualização territorial (cada país - local geográfico).

Embora esta visão de Mintzberg (1983) mostre a complexidade de qualquer sistema, inclusive do sistema elétrico, existem ainda outros aspectos próprios da produção da energia elétrica que, independente do país, do sistema, e do meio que estão inseridos, vêm a aumentar a complexidade, por exemplo:

1. A energia elétrica é um produto que não pode ser estocado em grandes volumes. (Silva, 2005);
2. A não estocabilidade interliga a geração, a transmissão, a distribuição e o consumo da energia elétrica, aumentando a necessidade da qualidade da coordenação do sistema elétrico;
3. A contabilidade de sistemas de produção de energia é diferente de sistemas produtivos fabris, pois como a energia é simultaneamente produzida e consumida, não há almoxarifado, nem gestão de custos de estocagem do produto final (Gonçalves, 2002).

Esses são problemas comuns a diversos países, mas há também as complexidades específicas de cada país. Por exemplo, as matrizes elétricas brasileira e sueca (já apresentadas) revelam um uso intensivo da hidreletricidade em ambos os países (85% e 46%), mas um uso bem diferente da nuclear (2,5% e 27%) e das demais fontes. Não existe uma justificativa simples para esse fato, mas um O quadro a seguir apresenta algumas igualdades e diferenças de parâmetros de cada país:

Brasil	Suécia
<p>O país apresenta elevada dispersão espacial com a produção e o consumo afastados fisicamente por distâncias, às vezes, superiores a milhares de quilômetros (as linhas de transmissão se concentram no leste e sul-sudeste)</p>	<p>Apesar de ser um pequeno país, também apresenta alta dispersão espacial, com a produção mais concentrada no centro/leste (no mapa, o norte apresenta poucas linhas)</p>
 <p data-bbox="406 1556 582 1585">Escala 1:10000</p>	 <p data-bbox="1037 1556 1197 1585">Escala 1:1000</p>
<p>Há leilões para entrada de produtores independentes e política pública para os auto produtores.</p> <p>Existem organismos responsáveis pelo planejamento e operação do setor - Eletrobrás, ANEEL, Operadr Nacional do Sistema Elétrico, EPE e o Ministério das Minas e Energia - entretanto há sobreposição nos limites de fronteiras.</p>	<p>Há incentivos para entrada de produtores independentes e auto produtores.</p> <p>Também existem organismos responsáveis pelo planejamento e operação do setor com sobreposição nos limites de fronteiras (<i>Swedish Energy Agency, Energy Markets Inspectorate, Enegimyndigheten</i>).</p>

Quadro 3(1): Características da distribuição de energia de cada país.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em Silva (2005), Swedish Energy Agency (2007)

Esses fatores colocados no Quadro 3(1) dificultam a adoção de uma gestão energética que funcione de maneira sustentável (onde não falte energia; ela tenha um custo aceitável para o consumidor e a geração e o consumo não prejudiquem o meio ambiente). Essa complexidade de opções torna o setor vulnerável à ocorrência de falhas, que em última instância poderia provocar a falta de energia.

A Suécia não apenas nos dias atuais, mas desde a década 70, prevendo a falta de recursos primários energéticos decidiu mudar sua matriz energética através da adoção de políticas públicas e, nesse sentido, se tornou um modelo de gestão na busca da substituição dos combustíveis à base de petróleo, da qual era dependente, por outros tipos de energia (hidrelétrica e nuclear).

O Brasil tem uma predominância da geração hidrelétrica e, mesmo tendo uma capacidade instalada total de 101 GW, ainda possui um potencial hidráulico inutilizado de cerca de 260GW. (Lins; Ouchi, 2007) e desde o ano 2006, se tornou auto-suficiente quanto ao uso do petróleo.

Frare (2005) argumenta que o Brasil possui uma agência reguladora pouco madura, ainda mais se for comparada com a agência sueca (que existe desde a década 40 e se tornou o *Swedish Energy Agency* somente em 1998 – No Brasil o DNAEE foi criado apenas em 1960 se tornando Aneel em 1996). Por isso torna-se possível aprender com a experiência daquele país.

Então, concluindo a seção “o tema e sua problemática”, essa tese trata da questão da produção e do uso da energia, verificando a sua sustentabilidade considerando os seguintes aspectos: Precisa ser limpa (não causar dano à natureza), existir em quantidade disponível para o uso (na demanda requerida), a um custo aceitável e sem causar nenhum tipo de impacto negativo na sociedade.

Para o desenvolvimento do modelo analítico foi usada uma ferramenta desenvolvida pelas Nações Unidas (o indicador DSR), as Leis da Termodinâmica, o Modelo de Fractais e a Teoria da Agência, que serão detalhadas no referencial teórico.

Em fechamento de seção:

1. O *DSR - Driving-force-State-Responsive* (Força Motriz-Estado-Resposta) serviu como instrumento para coleta e análise dos dados do modelo. Envolve as dimensões social, ecologia, economia e institucional.
2. As Leis da Termodinâmica foram usadas para desenvolver uma definição para energia sustentável através da introdução do conceito de perdas. Quanto mais sobras (ou perdas) existirem no sistema de energia, menos sustentável será o processo produtivo de energia. Assim não houve um uso das equações matemáticas dessa teoria, mas sim, o uso de forma metafórica dos seus princípios básicos.
3. O tripé da sustentabilidade de John Elkington envolvendo as dimensões ecologia, equidade social e economia foi uma abordagem muito importante no mundo, inclusive dando suporte à criação do Dow Jones Sustainability Index e do Global Reporting Initiative (GRI). Entretanto o tripé foi ampliado para o Modelo de Fractais, base do MA, de três dimensões para nove componentes, considerando que para o desenvolvimento sustentável é necessário a visão de dimensões interligadas.
4. A Teoria da Agência completa o MA, pois permite analisar as questões que fogem do tripé da sustentabilidade. Essa teoria advoga que: havendo um contrato no qual uma

organização (o principal) engajam outra organização (o agente) para desempenhar alguma tarefa em seu favor, existirá delegação de autoridade para o agente.

Em setores elétricos o principal é a população, dona dos recursos naturais e o agente são as organizações que prestam serviço à população, sendo reguladas por uma agência reguladora que representa o principal.

Dessa forma, a premissa de maximização das preferências pessoais e organizacionais, gerará conflito entre o agente e o principal. Por isso, a Teoria de Agência garante a premissa que o agente (as prestadoras de serviços) não agirá no melhor interesse do principal (a população) e este fato explicará no MA algumas atitudes quanto às políticas públicas.

Conforme Segatto (2001, p.15) essa teoria apresenta-se como um arcabouço teórico voltado para análise das relações entre participantes de sistemas onde a propriedade e seu controle são destinados a figuras distintas, dando espaço à formação de conflitos resultantes da existência de interesses diferenciados entre os indivíduos e organizações.

Diante do exposto propõe-se a seguinte declaração de tese:

Uma ferramenta-modelo tendo como base a teoria de fractais e a teoria da agência possibilitará a análise da sustentabilidade de fontes de geração de energia elétrica.

Buscando, através de comparação, responder a seguinte questão:

Através de um modelo de análise, é possível analisar através de comparação a sustentabilidade de fontes de produção de energia elétrica, considerando as peculiaridades territoriais do país da produção?

1.2 Objetivos

Objetivo_Geral

Propor um modelo de análise que compare a sustentabilidade de fontes de energia, considerando parâmetros territoriais.

Para o alcance deste objetivo geral são determinados os seguintes objetivos específicos:

Objetivos_Específicos

(OE1) Apresentar o Modelo Analítico;

(OE2) Confeccionar seis tabelas DSR das fontes de energia Elétrica (Petróleo, Hidrelétrica, Nuclear, Eólica, Biodiesel e Etanol);

(OE3) Levantar parâmetros do uso dessas fontes no Brasil e na Suécia;

(OE4) Aplicar o Modelo Analítico nos casos teste: seis fontes de eletricidade usadas nos setores elétricos do Brasil e Suécia.

1.3 Justificativa

A pesquisa envolvendo gestão energética tem ganhado destaque uma vez que as fontes energéticas sofrem um processo de utilização acelerado e alteram o meio ambiente e a sociedade.

Segundo Varum et al (2009), a energia é um elemento vital para o ser humano. Há necessidade de produção de energia elétrica em virtude de o consumo ser crescente em todo o mundo. Esta tendência de crescimento não mostra sinais de redução da mesma, pelo contrário, a expectativa é que ela continue a crescer no futuro (MUNEER et al, 2005). Em 2005, a produção de eletricidade no globo terrestre foi da ordem de 17.450 TWh, sendo 40% a base do carvão, 20% do gás, 16% da energia nuclear, 16% da água, 7% do petróleo e apenas 2% de fontes renováveis (VARUN et al 2009).

Assim, o primeiro fator prático que justifica a realização deste trabalho é a importância do gerenciamento da produção de energia, pois:

- 1) Na geração e consumo de energia existem muitos problemas, tais como: a possibilidade do esgotamento das matérias primas das fontes energéticas, o aumento do consumo com o não crescimento proporcional da oferta; o alto custo das fontes ditas “limpas”, além do necessário cuidado com a natureza e com o ser humano que deve ser priorizado na escolha da forma de produção de energia;
- 2) As políticas públicas adotadas nos países direcionam a escolha da forma de produção de energia, e por consequência a sustentabilidade e uma ferramenta-modelo que auxilie a decisão é sobremaneira importante;

- 3) O modelo é original funcionará atrelado ao uso combinado do indicador *Driving Force, State, Response*, das Leis da Termodinâmica, da Teoria dos Fractais e da Teoria da Agência ampliando o nível de uso dessas teorias, envolvendo todas as etapas da produção e consumo da energia.

Outro elemento que também justifica a construção dessa tese é o fato de a questão da sustentabilidade do setor elétrico ainda não estar totalmente elucidada. Observe-se que a cadeia produtiva de um setor elétrico é formada pela geração, transmissão, distribuição e consumo.

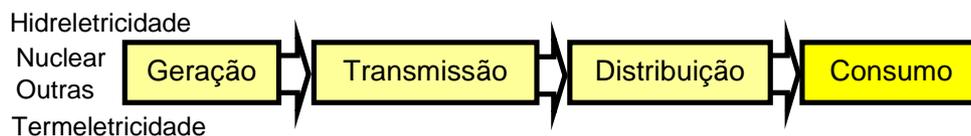


Figura 9 (1): Cadeia produtiva da eletricidade

Cada bloco da Figura 9 (1) pode ser detalhado gerando vários estudos sobre a sustentabilidade. A geração é feita através de geradores em tensão entre 13,8 e 18KV e pode ocorrer através da hidreletricidade, da termeletricidade, da termonuclear e de outras fontes, cada qual com suas características e esse fato, por si só, já justificaria a realização de estudos aprofundados sobre a sustentabilidade de como cada fonte produz energia.

A transmissão (quando existente) é feita através de linhas em alta tensão apresentando algumas pequenas diferenças na tensão, na quantidade de fios, tipo de isoladores etc. A distribuição é feita através de transformadores de média tensão e o consumo feito normalmente em tensão 110 a 380V.

Nesse caso, problemas de mercado, tarifação de energia, verticalização da energia (monopólio natural), regulação também implica na sustentabilidade e são incorporados no modelo de análise por meio do controle de políticas públicas que cada país adota, denotando necessidade de estudos.

Quando se extratifica o território, outras nuances aparecem. Por exemplo, a matriz de eletricidade brasileira é baseada na hidreletricidade de modo que há um forte poder desse gerador no mercado contra novos entrantes (Rangel, 2008), ao Cabral (2010) denominou de "barreiras à entrada". Nesse caso, a principal barreira de entrada de novos players é o baixo custo da energia hidráulica em relação a todas demais, visto que a tecnologia de transformação já está dominada. Junte-se a isso, a falta de escala das fontes ditas alternativas e os custos e a insegurança ambiental da energia nuclear o que torna difícil seu acesso.

Já a matriz energética sueca apresenta 46% de geração hidráulica, 27% de geração nuclear e 8% de geração via fontes alternativas, mas, de maneira semelhante ao Brasil, também apresenta elevados custos de produção (nuclear e alternativas) com riscos ambientais associados.

Assim, pode-se dizer que a gestão energética e sustentabilidade em qualquer país é motivo de estudos, pois os recursos (matéria prima energética) são escassos, o mercado possui peculiaridades que tornam difícil o acesso de novos players e em termos mundiais, na direção de aumentar ainda mais os problemas, o consumo cresce mais do que a oferta. Essa diferença é preocupante e justifica a realização de estudos.

A sustentabilidade foi a forma escolhida para se estudar as fontes de energia nessa tese, base principal do MA desenvolvido. Então na análise da sustentabilidade das fontes, quando a variável de análise naturalmente incorporar a visão de riscos agregados, este risco tomará a

definição “percepção de um perigo possível” e de maneira igual, se a vulnerabilidade surgir, esta toma forma como “exposição ao risco de falta de energia” (Veyret, 2009). De fato, uma possível falha no suprimento da energia elétrica (que é um dos motivos da insustentabilidade) pode representar prejuízos no campo econômico, no social e político, inclusive na perspectiva do consumo e do poder (Portilho, 2005).

É interessante registrar que não foi encontrado trabalho sobre a análise de sustentabilidade usando dois países como testes, muito menos Brasil e a Suécia. A Suécia apresenta um setor elétrico estável e trabalha com um modelo onde existe verdadeira competição, onde o valor das tarifas é estabelecido pelo mercado. Este mesmo modelo foi inicialmente planejado para ser aplicado no Brasil pelo governo durante a gestão do Presidente Fernando Henrique Cardoso (Jan/1995 a Dez/2003), onde deveria existir verdadeira competição; onde o mercado estabeleceria o valor das tarifas, com a presença de uma agência reguladora apenas para evitar os abusos, porém esse planejamento não foi executado na prática.

Foi encontrado um trabalho realizado por Hoff (1997), com visão ampla sobre riscos na tomada de decisão e não sobre sustentabilidade. No seu modelo de análise, o citado autor analisa dois tipos de variáveis: Atributos sistêmicos (capacidade, disponibilidade, grau de controle, localização e modularidade) e atributos financeiros (custos de capital inicial e operações, custos ambientais, e políticas de incentivos). Então a questão da sustentabilidade é tocada periféricamente nos atributos financeiros, o que pode ser verificado no quadro 4(1) a seguir.

Atributos Sistêmicos	Descrição
Capacidade	Capacidade Máxima de energia, incluindo tempo
Vulnerabilidade	Interrupções de fornecimento e disponibilidade de fonte combustível
Controle	Grau de controle sobre as saídas
Localização	Ponto de acesso ao grid
Modularidade	Dimensão incremental
Atributos Financeiros	Descrição
Custo de Capital	Custos de capital e todos outros custos não operacionais
Custo Operacional	Custos dos combustíveis, de operação e manutenção
Custos Ambientais	Custos ligados ao meio ambiente
Política de incentivos	Taxas, impostos e emissões de certificados

→ Atributos também da sustentabilidade

Fonte: Hoff (1997)

Quadro 4(1): Atributos para tomada de decisão.

Embora o construto de Hoff (1997) tenha essência na questão econômica, seu modelo trabalha algumas questões importantes para a sustentabilidade. Para a discussão da sustentabilidade as questões sociais e ambientais devem estar presentes e serem vistas de forma indissociável, e assim, a abordagem de fractais elaborado por McDonough e Braungart(2002) vem a preencher essa lacuna. Como alguns elementos ligados aos sistemas elétricos, não podem ser explicados pela abordagem dos fractais, então a teoria da agência completa o modelo.

Além do explanado, as contribuições acadêmicas dessa tese seriam:

1. ampliar o conceito da análise da sustentabilidade, uma vez que na abordagem de fractais elaborado por McDonough e Braungart(2002) usada não entrariam apenas o tríptico parâmetros (ambiental, social e econômico), mas outra abordagem mais complexa envolvendo nove parâmetros a saber: Ambiental-Ambiental, Ambiental-Econômico; Ambiental-Social; Social-Social; Social-Econômico; Social-Ambiental; Econômico- Econômico; Econômico-Social e Econômico-Ambiental. Além desses, a

Teoria da Agencia contribuirá com a dimensão Institucional como elemento influenciador na sustentabilidade;

2. Construção de cinco tabelas DSR inéditas (Petróleo, Nuclear, Eólica, Etanol e Biodiesel) que, a exemplo do que aconteceu nessa tese, onde a tabela DSR hidrelétrica de Goldemberg (2008) serviu de *Start* para a confecção dessas cinco.

Diante desses fatos, a confecção dessa tese se justifica na expectativa que o Modelo Analítico proposto sumarie dados sobre fontes energéticas e através de análise comparativa seja capaz de indicar qual fonte é mais sustentável, considerando a questão territorial.

1.3.2 Justificativa do Uso da Suécia como Elemento Comparativo

O que se espera do modelo proposto é que ele possa comparar a sustentabilidade de fontes de energia inseridas em qualquer país, ou seja, o uso do MA não é restrito as fontes escolhidas nem aos países escolhidos nessa tese. Ele pode ser replicado em qualquer território.

Entretanto, o que não pode ser generalizado são os resultados do país. O modelo é replicado, o resultado não, pois depende de cada território e em um dado momento, apresenta características diferentes, as quais inclusive podem mudar através da adoção de novas e diferentes políticas públicas.

O MA é uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão e criação de cenários para gerenciamento de setores elétricos e, como uma fotografia, apresenta a situação da sustentabilidade naquele local, em um determinado momento.

Assim, o Brasil foi escolhido pelo acesso do pesquisador às informações necessárias, e a Suécia foi um país que acolheu a pesquisa, abrindo acesso à *Swedish Energy Agency* e ao *Royal Institute of Technology*, permitindo a realização da coleta de dados.

Além dessa abertura dada ao pesquisador, o Brasil possui algumas semelhanças significativas na sua gestão energética com a gestão da Suécia, por exemplo: alta representatividade na matriz elétrica do uso de hidreletricidade; ambos países apresentam regiões muito povoadas e outras desertas; possuem linhas conectando o país, agências reguladoras, e o modelo de setor elétrico Sueco é idêntico ao modelo que foi planejado pelo governo (1995 a 2003) para ser implantado no Brasil (SAURIN, 1995; TOLMASQUIM, 2001).

De fato, o setor elétrico sueco é um país onde existe (a) competitividade no mercado e (b) incentivos à produção via fontes limpas (via política de taxaço nas tarifas) (GAN et al., 2007), além disso a Suécia:

1. É exportador de energia para países vizinhos através do *Nordic Energy Regulatory* (2010) e o Brasil também faz uma “exportação” de energia entre regiões;
2. Desverticalizou e privatizou a Geração, Transmissão e Distribuição e o Brasil planejou, mas não conseguiu desverticalizar e privatizar todo sistema como planejado pelo governo;
3. Possui a *Swedish Energy Agency* constituída em 1998 (Mattsson, 2009) - como agência reguladora atuante e o Brasil apresenta a ANEEL constituída em 1996 (ANEEL, 2010);

4. Promoveu a competição entre empresas distribuidoras; enquanto o Brasil prescreveu “competição”, entretanto aprovou a “regionalização da energia²”, ou seja, no Brasil o prazo para troca de fornecedor é de 20 anos e na Suécia, apenas 30 dias, dependendo apenas de um aviso prévio emitido pelo consumidor e;
5. Implanta políticas públicas buscando reduzir os impactos ambientais causados por fontes energéticas poluentes, enquanto no Brasil, com raras exceções não há programa forte, com metas e diretrizes adequadas para tal.

Deste modo, esta tese usa a Suécia e o Brasil como casos teste e buscará identificar elementos que nortearão a investigação sobre a política de geração e o consumo sustentável de energia. Espera-se que pelo modelo seja possível entender o uso das fontes de energia no Brasil e na Suécia, avaliando a sustentabilidade das fontes.

1.3.3 Relevância do Estudo

Os sistemas de energia são complexos e passíveis de falhas. Os sites da ANEEL, Chesf e Furnas (acesso em Nov/2010) apresentam inúmeras pesquisas concluídas e em andamento buscando a confiabilidade do sistema elétrico, ou seja, sistemas técnicos que garantem tensão e corrente ao consumidor em níveis satisfatórios.

Entretanto, mesmo com sistemas aparentemente controlados e confiáveis, houve racionamento nos anos 2001 e 2002. O Governo relatou em toda imprensa televisiva e escrita que o motivo do baixo nível de água dos reservatórios foi ocasionado pela falta de chuvas. O físico da

² A regionalização é uma “reserva de mercado” oposta à livre competição. Depois que a concessionária é vencedora do Processo Licitatório o governo garante a ela o direito de ter uma área demarcada, onde nenhuma outra empresa poderá competir naquela região nos próximos 20 anos; ou seja, a competição brasileira é via licitação de 20 em 20 anos.

COPPE Luis Pinguelli Rosas, proferindo palestra na Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC em Salvador em 2001, mostrou dados onde nos anos 1999 e 2000 havia ocorrido uma precipitação pluviométrica acima do normal e que, na verdade, o racionamento acontecera por que o consumo havia crescido mais que o investimento na geração, de modo que as turbinas hidráulicas consumiram mais água que o previsto.

Dessa forma, considera-se que o estudo da sustentabilidade das fontes energéticas seja muito importante para o setor. Esse tema é complexo, visto que envolve ações sociais, ambientais e econômicas, além de ser afetado pelas políticas públicas, que muitas vezes se contrapõem ao formalismo racional e científico.

De fato, a determinação política molda o setor, isso tanto é verdade que o governo brasileiro entre 1999 e 2003 planejou transferir toda distribuição para o setor privado, mas só conseguiu transferir parte do setor, ou seja, a questão institucional aqui foi mais forte que as demais.

Existe uma crise energética brasileira e mundial latente por causa *(a)* da premissa de escassez de recursos primários energéticos; *(b)* modelos gerenciais que não permitem a inclusão plena das novas fontes energéticas e *(c)* uma busca de independência dos derivados do petróleo. Assim pesquisas científicas sobre sustentabilidade (que acabam tratando desses temas) ganham significação.

Não foi encontrado na literatura nacional um modelo que compare a sustentabilidade das fontes energéticas. Reis (2006) trabalha a questão da sustentabilidade, apenas no uso da tabela PSR sem envolver a dimensão institucional, e o pouco que foi encontrando na literatura

estrangeira não contempla a comparação direta de fontes de energia. Deste modo, ainda existem questões que precisam ser respondidas.

Por exemplo, apesar dos apelos dos ambientalistas, a energia nuclear (antes de Fukushima) era considerada em muitos países (Alemanha, Suécia, França, Bélgica) como uma fonte tradicional, com tecnologia já dominada, enquanto que, para o Brasil, ainda é considerada uma energia alternativa. Lovelock (2006) assume ainda que a energia nuclear é a fonte mais sustentável. Um modelo de análise deve levar tudo isso em conta.

Desse modo, criar um MA usando a Teoria dos Fractais e a Teoria da Agência levantará questões sobre sustentabilidade necessária ao sistema de produção de energia, comparando fontes e contextualizando o uso do combustível em diferentes países.

Assim, o modelo de análise criado nessa tese é relevante, pois ajudará entender o que é uma fonte de energia limpa e sustentável e se a gestão energética de determinado país proporciona ou não o uso dessas fontes. Além disso, por desconhecer estudo semelhante sobre o tema, justifica-se a fundamentação da produção científica deste trabalho. Ainda mais, é possível atestar a originalidade dessa tese, pois não se conhece outro trabalho que:

- Apresente um Modelo Analítico de sustentabilidade baseado nos fractais (economia, equidade social e ecologia) e na Teoria da Agência;
- Apresente seis tabelas DSR de fontes de energia;
- Detalhe o uso das fontes nos setores elétricos brasileiro e sueco;
- Crie uma lista de fontes por critério de insustentabilidade e;
- O modelo seja replicável.

2 Referencial Teórico

2.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, estabelecida pela Organização das Nações Unidas, lançou o relatório *Nosso Futuro Comum*, que definiu o conceito de desenvolvimento sustentável. Presidida por Gro Harlem Brundtland, então primeira-ministra da Noruega, a Comissão Brundtland, como ficou conhecida, tinha como objetivo estudar a relação entre o desenvolvimento econômico e a conservação do meio ambiente (*Our Common Future*, 2010). Também conhecido como *Brundtland Report*, o relatório define sustentabilidade como o desenvolvimento que supre as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de suprirem as suas próprias necessidades.

Segundo Mayer (2008), as implicações práticas desta definição são diversas, e vão desde o consumo dos recursos com relação à sua taxa de renovação, sua eficiência de utilização, até a equidade social em todas as sociedades e gerações. Martins e Cândido (2008) têm uma visão da sustentabilidade relacionada com a melhor qualidade de vida humana, a partir da capacidade de suporte dos ecossistemas. Estes autores afirmam que a sustentabilidade consiste no gerenciamento dos recursos, levando em consideração as diversas mudanças na sociedade para assegurar a satisfação das necessidades humanas e respeitando os limites da capacidade de sustentação dos sistemas.

Bellen (2004) afirmou que o final do século XX presenciou o crescimento da consciência da sociedade em relação à degradação do meio ambiente decorrente do processo de desenvolvimento. O aprofundamento da crise ambiental, juntamente com a reflexão sistemática

sobre a influência da sociedade neste processo, conduziu a um novo conceito - o de desenvolvimento sustentável.

Diversos autores sugerem que a sustentabilidade deve ser medida através de índices (Mayer, 2008; Bellen, 2004) e existem muitos sistemas de indicadores. Mayer (2008) questiona o que são índices de sustentabilidade e por que precisamos deles. A resposta deste questionamento pelo aludido autor dá-se pelo fato dos sistemas que os humanos fazem parte serem extremamente complexos e dinâmicos, com multidimensões e inúmeros fatores que influenciam este ambiente.

Para Bellen (2004), o motivo da diversidade de sistemas de indicadores e do próprio conceito de desenvolvimento sustentável não é totalmente inocente; de alguma maneira, a discussão reflete os conflitos de interesse acerca do tema. A sustentabilidade possui um conceito simples, basta verificar pelo menos as necessidades ecológicas para se alcançar uma sociedade sustentável.

Nos seus escritos, o aludido autor argumentou que a definição de desenvolvimento sustentável, encontrada no *Brundtland Report*, é que o imperativo econômico convencional, maximização da produção econômica, que deve ser restringido em favor dos imperativos sociais (minimização do sofrimento humano atual e futuro) e ecológicos (de proteção da ecosfera). O desenvolvimento sustentável depende então de reduzir a destruição ecológica, principalmente através da diminuição das trocas de energia e matéria-prima dentro da economia, então, os meios têm um direcionamento pré-estabelecido.

Existem críticos ao desenvolvimento sustentável. O mais conhecido, James Lovelock, cientista ambiental, membro da Royal Society, do Reino Unido; em 1979, lançou a hipótese ou teoria de Gaia, colocando que o planeta se comporta como um organismo vivo. Gaia seria a

região do planeta onde existe vida formada pela superfície, ar e oceanos (uma faixa de 10 km aproximadamente). O planeta poderia ser visto como um sistema vivo capaz de regular a composição atmosférica, o clima e a salinidade dos mares, o que o manteria sempre adequado para a vida.

O problema do planeta Terra, segundo o citado ambientalista, é que os limites impostos pelo desenvolvimento sustentável já estariam ultrapassados, ou seja, o planeta já estaria numa posição de insustentabilidade (Lovelock,2006).

Sobre índices, Mayer (2008) afirma que, em tempos antigos, as pesquisas abordando sustentabilidade eram praticamente qualitativas, entretanto estudos mais recentes apontam que a vertente quantitativa tornou-se mais forte e que os conceitos sobre sustentabilidade tem se movido rapidamente de um conceito abstrato para um estado mensurável da dinâmica humana e sistemas ecológicos.

O aludido autor explana sobre alguns conceitos necessários para o entendimento da sustentabilidade, sendo estes: a resiliência, a conveniência e a escala: A resiliência pode ser enxergada como a capacidade que um determinado sistema (dinâmico) possui de continuar estavelmente em meio a conflitos e distúrbios. A conveniência envolve elementos subjetivos da tomada de decisão, pois determina quais características são interessantes para o sistema que criado e formulado por seres humanos; e a escala trata do tamanho do sistema, podendo apresentar uma dimensão temporal (que analisa os dados segundo uma série de observações históricas) e/ou dimensão espacial (que se preocupa em fornecer informações dentro sobre um espaço físico e suas principais características) (MAYER, 2008).

Na Agenda 21 encontramos que os indicadores do desenvolvimento sustentável deveriam ser desenvolvidos para fornecer bases sólidas para a tomada de decisões em todos os níveis e contribuir para uma auto-regulação sustentável do ambiente integrado e desenvolvimento de sistemas. (Agenda 21, 1992).

De fato, Deponti e Almeida (2002), perceberam que a idéia de desenvolver indicadores de sustentabilidade surgiu na Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (Rio-92). A proposta foi definir padrões sustentáveis de desenvolvimento que considerassem aspectos ambientais, econômicos, sociais, éticos e culturais. Apesar de mais de uma década ter se passado desde a Agenda 21, Wilson et.al.(2007) verificaram que não há consenso sobre a melhor abordagem para a concepção e utilização de modelos de indicadores de desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, Mayer (2008) comenta que atualmente há tão grande número de indicadores econômicos, sociais e ambientais disponíveis, que podem tornar os sistemas de medição de difícil uso, fornecendo uma visão de sustentabilidade com muitos diferentes vieses. Assim, nem sempre sistemas com uma imensidão de dados catalogados, processados e analisados, apresentam os melhores índices de sustentabilidade e seus resultados podem ser questionados pelos cientistas e decisores políticos.

O uso de indicadores é bastante comum em vários campos dos estudos científicos, tais como indicadores econômicos, de pobreza, saúde, meio ambiente e de energia, especificamente a energia sustentável. Sobre os indicadores de energia, podemos dizer que eles indicam a relação entre o uso de energia e a atividade humana, mostrando os impactos da atividade econômica e social do mercado energético (PATLITZIANAS et al, 2008). Para os autores, os indicadores de

energia geralmente revelam informações importantes e as características dos mercados de energia, mesmo quando alguns dados analíticos não estão disponíveis.

O trabalho de Wilson et al.(2007) mostra que diferentes métricas chegam a diferentes interpretações sobre a sustentabilidade das nações. O grau de variabilidade entre as métricas são verificadas através da análise de correlação, e como resultados os autores chamam a atenção para a falta de uma direção clara, a nível mundial na melhor forma de abordagem do desenvolvimento sustentável.

Há ainda outros problemas. Muitos índices carecem de informações fornecidas por governos que podem esconder a real situação do seu povo. Para solucionar este impasse os indicadores que utilizam imagens de satélite são uma boa solução, pois analisam vegetação, atividades humanas, condições climáticas entre outras variáveis quantitativas (MAYER, 2008).

Também há a questão da quantificação e nessa direção métodos de análise estatística e regressão podem ser bastante úteis devido ao seu caráter mais objetivo e sua ideologia mais robusta (MORSE; FRASER, 2005).

Assim sendo, Singh et al (2009) afirma que os indicadores interpretam uma enorme complexidade existente, transformando-as em informação que vislumbram tendências e fenômenos de forma resumida e concentrada. Dessa forma, Kates et al. (2001) informam que indicadores da sustentabilidade se propõem a fornecer um conjunto de ferramentas que auxiliam o processo de tomada de decisão dos gestores indicando quais ações devem ser realizadas e quais impactam negativamente o ambiente, em diferentes horizontes temporais.

De fato, Patlitzianas et al (2008) dizem que os indicadores representam os fenômenos complexos reais observados na ciência, tecnologia e na sociedade, simplificando-os e quantificando-os para um melhor entendimento dos usuários destes dados. De acordo com a OCDE (1993), indicadores são valores constituídos de parâmetros diversos e que retratam informações sobre um fenômeno, não representando a realidade, mas apenas informações resultantes de diferentes e múltiplos dados processados. Bellen (2006) apresenta alguns sistemas de indicadores de sustentabilidade, como se pode visualizar no quadro a seguir.

SISTEMAS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE
BS -Barometer of Sustainability–IUCN –Prescott-Allen
DS -Dashboard of Sustainability–International Institutfor Sustainable Development –Canadá
DSR (Driving-Force/State/Response)-CSD –United Nations Comissinon Sustainable Development
EE -Eco Efficiency–WBCSD –World Business Council on Sustainable Development
EFM -Ecological Footprint Model–Wackernageland Rees
EIP -European Indices Project –Eurostat
ESI -Environmental Sustainability Index–World Economic Forum
GPI -Genuine Progress Indicator-Cobb
HDI -Human Development Index–UNDP -United Nations Development Programm
IWGSD -Interagency Working Group on Sustainable Development Indicators–MIPS -Material Input per Service–WuppertalInstitutGermany
NRTEE –National Round Table on the Environment and Economy–Human/Ecosystem Approach
PSR (Pressure/State/Response)–OECD –Organization for Economic Cooperation and Development
PPI -Policy Performance Indicator–Holland
SBO -System Basic Orientors–Bossel–KasselUniversity
SEEA –System of Integrating Environment and Economic–United Nations Statistical Division
SPI -Sustainable Process Index–Institute of Chemical Engineering –Graz University

Quadro 5(2): Sistemas de Indicadores de sustentabilidade.

Fonte: Bellen (2006. P.21)

Martins e Cândido (2008) descrevem alguns sistemas de indicadores de sustentabilidade, conforme quadro a seguir:

Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade	DESCRIÇÃO
PSR - <i>Pressure/ State/ Response</i>	Desenvolvido pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico em que os indicadores de pressão ambiental (P) descrevem as pressões das atividades humanas exercidas sobre o meio ambiente; os indicadores de estado ou condição (S) referem-se à qualidade do ambiente e quantidade dos recursos naturais; e os indicadores de resposta (R) mostram a extensão e a intensidade das reações da sociedade em responder às mudanças e às preocupações ambientais.
DSR - <i>Driving-force/ State/ Response</i>	Adotado pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas como ferramenta capaz de organizar informações sobre o desenvolvimento.
HDI – <i>Human Development Index</i>	Desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento sugere que a medida do desenvolvimento humano deva focar a longevidade, conhecimento e padrão de vida decente.
DS – <i>Dashboard of Sustainability</i>	Desenvolvido pelo Instituto Internacional para o Desenvolvimento Sustentável denominado painel da sustentabilidade, ou seja, um painel visual com três displays que procuram mensurar a performance econômica, social e ambiental, e fornecer informações sobre a sustentabilidade.
BS – <i>Barometer of Sustainability</i>	Desenvolvido por diversas especialidades ligadas ao <i>Institute World Conservation Union</i> (IUCN) e ao <i>International Development Research Center</i> (IDRC). Consiste em um modelo sistêmico através da avaliação do progresso em direção à sustentabilidade pela integração de indicadores biofísicos e sociais.
EFM – <i>Ecological Footprint Method</i>	Desenvolvido por <i>Wackernagel</i> e <i>Rees</i> e pode ser traduzido como Pegada Ecológica. Fundamenta-se no conceito de capacidade de carga, que consiste na máxima população que pode ser suportada no sistema.
MEP – <i>Monitoring Enviromental Progress</i>	Desenvolvido pelo World Bank e fundamenta-se na idéia de que a sustentabilidade é medida por uma riqueza <i>per capita</i> não crescente

Quadro 6 (2): Descrição de Sistemas de Indicadores de sustentabilidade.

Fonte: Martins e Cândido(2008)

Conduziu-se um rastreamento na busca de algum sistema de sustentabilidade exclusivamente para a energia elétrica, quer seja na análise do uso de diversas fontes de energia, quer nas políticas públicas e nada específico foi encontrado.

No site da ANEEL há relatórios sobre as principais concessionárias desde 2001, intitulado *Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor*, onde segundo a própria agência reguladora busca:

- (i) integrar o sistema de gestão do setor a cargo da ANEEL;
- (ii) gerar indicadores específicos para o setor elétrico, que sejam gerais o suficiente para serem aplicados a todas as concessionárias;
- (iii) possibilitar a comparação entre as concessionárias distribuidoras de energia elétrica agrupadas segundo determinados critérios;
- (iv) permitir o desenho pelas concessionárias e o respectivo acompanhamento pela ANEEL de medidas visando à melhoria dos serviços;
- (v) fortalecer a participação do público consumidor na evolução dos serviços prestados, e
- (vi) subsidiar ações de regulação e fiscalização da ANEEL.

Nas concessionárias busca-se avaliar os serviços ofertados a partir da percepção do seu consumidor e aprimorá-los, enquanto do Consumidor busca-se identificar o grau de satisfação com os serviços prestados pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica e o exercício da cidadania. Entretanto, quando se analisam os resultados, o foco é direcionado apenas a verificação sobre o acesso do consumidor aos serviços das empresas (www.aneel.gov.br).

Desde o ano 1999, a ABRADÉE (Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica) instituiu para suas afiliadas o *Prêmio Abradee de Responsabilidade Social*. No Fórum de Responsabilidade Sócio Ambiental do Setor Elétrico em 29 de Novembro de 2006 organizado na ANEEL em Brasília – DF, esta associação elaborou 11 temas os quais geraram um sistema de indicadores que analisam se sua empresa afiliada, conforme quadro 7(3):

1. Contribuí para o desenvolvimento da região
2. É preocupada com a preservação do meio ambiente
3. Fornece orientações para o uso adequado de energia
4. Alerta sobre os riscos e perigos da energia elétrica
5. Esclarece informações sobre seus direitos e deveres dos consumidores
6. Apóia ou promove programas sociais
7. Promove ações culturais para a comunidade
8. Faz investimentos para levar energia a todos
9. Preocupa-se em combater fraudes e furtos
10. Presta o mesmo atendimento a todos
11. É uma empresa humana, solidária

Fonte: Guimarães(2006)

Quadro 7 (2): Categorias do Prêmio Abradee de Responsabilidade Social.

Com essas categorias, a ABRADÉE monta seu próprio sistema de indicadores onde estipula oito temas gerais, divididos em 15 subtemas. Cada subtema possui entre 2 e 4 indicadores para medição da sustentabilidade sócio-ambiental aliada, conforme resumo, no quadro8(3) a seguir.

Temas (8)	Sub-Temas (15)	Indicadores (44)
Valores e Transparência	Auto Regulação de Conduta	3
	Relações Transparentes com a Sociedade	3
Público Interno	Diálogo e Participação	2
	Respeito ao Indivíduo	3
	Trabalho Decente	5
Meio Ambiente	Responsabilidade Frente às Gerações Futuras	2
	Gerenciamento do Impacto Ambiental	3
Fornecedores	Seleção, Avaliação e Parceria com Fornecedores	4
Consumidores e Clientes	Dimensão Social do Consumo	3
Comunidade	Relações com a Comunidade Local	2
	Ação Social	3
Governo e Sociedade	Transparência Política	3
	Liderança Social	2
Setor Elétrico	Saúde e Segurança	3
	Manejo de Resíduos	3

Quadro 8 (2): Sistema de sustentabilidade ABRADÉE.

Fonte: Guimarães(2006)

Nesse Fórum, uma das concessionárias participantes, a COPEL do Paraná, apresentou um estudo baseado na(o) Carta da Terra, Pacto Global, Objetivos do milênio e na Agenda 21 mostrando como a empresa buscaria uma gestão sustentável, mostrando temas, valores a serem perseguidos, entretanto índices específicos de sustentabilidade não foram apresentados. (<http://www.tributoaiguacu.org.br/>).

Em nível internacional, citados no quadro9(3) estão os principais desenvolvedores de sistemas de indicadores (SI) de energia:

A Comissão Européia que desenvolveu uma série de indicadores de energia	<ul style="list-style-type: none"> • As publicações das estatísticas anuais; • Estudos para pesquisa e desenvolvimento com o guia metodológico Frascati; • Estudo sobre a relação do ambiente e emprego nos Países Baixos • O Comitê do Programa Estatístico fundou uma equipe para a criação de indicadores, a fim de normatizar o sistema estatístico europeu. • A CE reúne elementos para o banco de dados Newcronos que contém dados estatísticos para os Estados-Membros, publicados no Guia do Usuário
A Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento Econômico	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores Ambientais Centrais, para monitorar o progresso ambiental e os fatores que estão relacionados com a análise das políticas ambientais. • Indicadores Ambientais Setoriais, para ajudar na unificação das diversas reflexões ambientais em políticas de setores aplicados. • Indicadores de Contabilidade Ambiental, para ajudar com a unificação das questões ambientais em políticas econômicas e políticas de gestão dos recursos.
A Agência Internacional de Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Os indicadores criados com o Laboratório Nacional Lawrence Berkeley • Em 2000 desenvolveu um modelo de indicadores de emissão, que apresenta as relações entre a economia e as necessidades dos indivíduos e empresas.
As Nações Unidas	<ul style="list-style-type: none"> • A Comissão das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CSD) desenvolveu em 1996, uma lista com 134 indicadores. • Em 1998, o Departamento de Desenvolvimento Sustentável formou um conjunto de 43 indicadores principais e uma coleção básica provisória de 17 indicadores para a mensuração de alterações no consumo e produção

A Agência de Energia Atômica Internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Esforça-se por criar indicadores para a medição do desenvolvimento sustentável, para harmonização em nível local, nacional e mundial • Programa EISD realizada em 2004, nos países bálticos, e os resultados publicados em Junho de 2005
O Centro de Pesquisas de Energia Ásia-Pacífico	<ul style="list-style-type: none"> • Comprometeu-se na criação de indicadores de eficiência energética e no desenvolvimento de metodologias para a sua utilização. São considerados como derivados de indicadores relacionados ao consumo de energia e produção industrial

Fonte: Patlitzianas et al (2006)

Quadro 9 (2): Organizações desenvolvedores de SI de sustentabilidade de energia.

Michaelis(2003) mostra que é necessário que as empresas, governos, a mídia e a sociedade civil dialoguem conjuntamente para desenvolver uma nova história sobre a sustentabilidade da natureza incluindo a prosperidade da comunidade empresarial.

Dentro de todo arrazoado sobre sustentabilidade, podemos sintetizar que: O conceito de desenvolvimento sustentável envolve a questão temporal, pois a sustentabilidade de um sistema só pode ser observada a partir da perspectiva futura, de ameaças e oportunidades. Então, de acordo com Sousa (2006), para ser largamente aceita, uma definição de desenvolvimento sustentável deve compreender, além do aspecto dinâmico, pelo menos três perspectivas principais: a econômica, a social e a ambiental.

Na sustentabilidade, a dimensão econômica deve possibilitar o aumento da produção e do consumo; a dimensão ambiental deve privilegiar a proteção da integridade e a resiliência de sistemas ecológicos e a dimensão social deve cuidar da melhoria das relações humanas, promovendo cidadania. *Gro Harlem Brundtland* in Paulino (2006, p9) já colocava que “inspirar novos padrões de desenvolvimento e encontrar alternativas é uma etapa fundamental do desenvolvimento sustentável... não podemos retornar aos padrões de desenvolvimento baseados apenas na cultura e na produção local.”

Então, tendo por base o modelo *DSR* para gerar as variáveis, utilizará ainda o modelo de fractais e a Teoria da Agência.

2.2 Teoria de Fractais

O triângulo fractal transmite a idéia de uma base tripla interligada e indissociável entre si. Tipicamente, o *triple bottom line* é visto como um ato de equilíbrio, uma série de compromissos e interesses concorrentes, pensados na concepção de um desenho inteligente de decisão, equilibrando desde o início economia, ecologia e equidade. A Figura 10A(2) mostra a concepção desse pensamento.

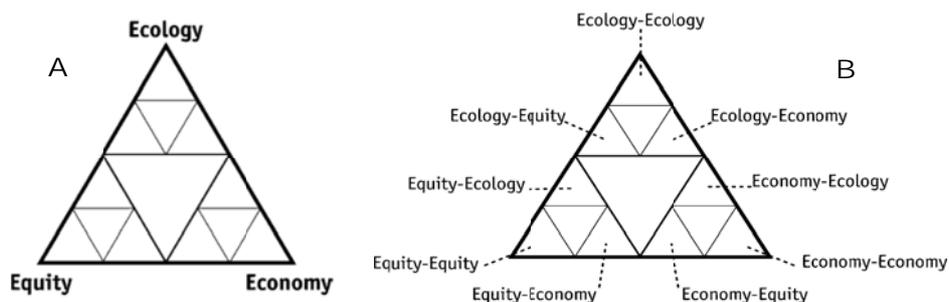


Figura 10 (2): Triângulo de Fractais
Fonte: McDonough e Braungart(2002)

O triângulo de fractal mostra que não se pode conceber nenhum produto ou serviço, (como a energia elétrica) considerando parâmetros individuais, sem conexões; Toda decisão possui parâmetros interligados e essa é a idéia fundamental e razão pela qual essa tríade de desenvolvimento sustentável tem ganhado destaque.

Esta perspectiva de concepção cria uma linha tripla de crescimento: energia que não altera a natureza, nem cria injustiça social, gerando ao mesmo tempo valor econômico. Assim é preciso reorientar os instrumentos do setor elétrico desenvolvendo sistemas que possam gerar prosperidade.

A qualidade da energia elétrica deve gerar valor incorporado no produto, nos processos (envolvendo a interação homem-natureza-máquina) e equipamentos que devem ser concebidos de forma inteligente. Quando os princípios de design ecologicamente inteligentes são aplicados, tanto a natureza (meio-ambiente), quanto à sociedade podem prosperar e crescer.

Ao observar a Figura 10b podemos entender o sentido do movimento requerido. O canto inferior direito representa o fractal economia/economia, domínio do puro capitalismo, e relaciona as questões que não podem ser deixadas de fora da análise: A energia tem que gerar lucro. Ao adentrar nos fractais vizinhos, imediatamente as outras perspectivas são incorporadas.

Passando para o fractal economia/equidade, consideram-se as questões de rentabilidade e de equidade social. Verifica-se, por exemplo, que os trabalhadores trabalham em empresas de eletricidade em troca de uma vida salarial.

À medida que se avança mais na direção horizontal chega-se ao fractal eqüidade/economia, quando o foco de análise busca ainda mais a eqüidade. Aqui se começa a questionar as desigualdades salariais entre homens e mulheres, brancos e negros, e buscar novas formas para homenagear todos os envolvidos, independentemente de raça, sexo, nacionalidade ou religião, ou seja, é onde as ações de responsabilidade social das empresas são questionadas.

No fractal equidade/equidade, se realizam perguntas de caráter puramente social: Será que a energia gerada vai realmente melhorar a qualidade de vida de todos os consumidores? Questiona-se, por exemplo, qual o verdadeiro sentido do consumo de energia elétrica? É para gerar comodidade? Se for isso, o modelo atual de precificação da energia está errado, pois repassa 100% dos custos, mais riscos agregados das concessionárias, mais BDI.

Ao se tomar a direção vertical dos fractais a componente ecologia começa a ganhar status. As questões suscitadas nesse fractal incluem a exploração de formas em como produzir energia pode ser ecologicamente sustentável, susceptível de melhorar a saúde dos consumidores.

No fractal ecologia/equidade, se questiona a ação do homem no seu ecossistema, considerando questões de segurança ou de equidade em relação a todo o meio ambiente: Numa hidrelétrica, será que a geração que inclui represamento d'água contribui para que a bacia hidrográfica continue a existir sem assoreamento?

No fractal da pura ecologia deve-se verificar apenas a vertente meio ambiente, assim o gerador e consumidor da energia se perguntam: Será que estamos obedecendo a leis da natureza? Criando habitat? Neste domínio, uma usina nuclear, gerando resíduos tóxicos é inaceitável.

O fractal ecologia/economia é onde entram as questões da Responsabilidade Ambiental das Empresas. É a análise de como tirar proveito político/ marketing das ações empresariais voltadas ao meio ambiente.

Por exemplo, é sabido que o peixe da espécie Dourado quase sumiu do Rio Paraná com a construção da Itaipu, entretanto esta hidrelétrica construiu uma escada de subida de peixes de mais de 5 km atenuando o processo de desova das espécies. A construção foi muito mais uma obrigação, porém a Itaipu utiliza a bela imagem da escada para o gerenciamento de sua imagem institucional, atrelando o marketing a uma imagem ecológica.

Por último, o fractal economia / ecologia, onde se encontra atualmente muitas questões que dizem respeito ao *triple bottom line*. Aqui o inquirido tende a concentrar-se na eficiência e o maior questionamento no setor elétrico deverá ser: Será que o processo de produção de energia

realiza a utilização eficiente dos recursos? Será que vai produzir lixo? Se sim, como reutilizar esse lixo? Assim uma co-geração de energia em usinas de etanol é justificada.

Cada uma dessas questões apresenta uma oportunidade para a criação de valor. Juntos, os fractais sinalizam a possibilidade de agir com intenções positivas, verificando parte das preocupações humanas com a produção de energia.

Infelizmente, muitas vezes, o sistema de valores empresariais destrói a concepção integrada de mundo, prevalecendo à ideologia e os interesses próprios acima dos outros valores, e nesse caso, a Teoria do poder e conflito nas organizações, com o enlace da Teoria da Agência vem socorrer as lacunas deixadas pelo triângulo de fractais.

2.3 Conflito nas Organizações e a Teoria da Agência

Motivo de investigação há muito tempo, e através de diversas abordagens, o conceito de poder não é único na literatura. Para Voltaire apud Lukes (2003, p42) o poder “consiste em fazer os outros agirem como eu quero”, ou seja, numa relação entre A e B, A tem poder sobre B, na medida em que pode levar B a fazer algo, que B de outra maneira não faria.

Já para Morgan (2002), o poder é o meio através do qual os conflitos de interesse são resolvidos. Este conceito exige a identificação dos conflitos que nem sempre é uma tarefa trivial, pelos múltiplos aspectos envolvidos, muitas vezes subjetivos.

Um aspecto fundamental no estudo do poder é a relação entre as partes envolvidas:

Concorda-se, em geral, que poder caracteriza uma relação entre atores sociais. Um dado ator, seja um indivíduo, uma subunidade, ou organização, tem mais poder com respeito a determinado ator social e menos em relação a outro. Uma pessoa não é 'poderosa' ou 'sem poder' em geral, mas somente em relação a um determinado ator social e numa determinada situação (SILVA, 2007).

Neste trabalho a visão de Hall (2004) de poder como um ato é conveniente, pois segundo Carvalho (2007) abordando-o dessa forma “a análise pode deter-se a investigar os resultados de um ato de poder que pode originar, dentro outros fenômenos, a obediência ou o conflito.”

O uso do poder assimétrico abrange três enfoques: a obtenção de controle, a relação de dependência e a desigualdade. No setor elétrico brasileiro (SEB) existe uma luta pelo controle do mercado, e assim o poder implica inevitavelmente resistência e conflito, sobre os quais predomina a vontade do detentor do poder (BORENSTEIN, 1996).

Desse modo, a arena do jogo de poder no SEB tem como organizações principais a ANEEL, as empresas concessionárias e as cooperativas, onde o exercício do poder existe como uma relação entre partes, que pré-supõe uma autorização. Nesta arena, uma das bases de poder, a legitimidade, foi dada a ANEEL através das prerrogativas legais, expressas pelas leis e regulamentos vigentes imposta pelo Governo Federal para regular o setor elétrico brasileiro.

Assim, para entender “poder” nessa tese utiliza-se o conceito de Russel (1979) ampliado por Mintzberg (1983) que será enxergado como a capacidade de realizar (ou afetar) os resultados organizacionais, assim denomina-se *poder organizacional ao exercido por uma organização influenciando outra*.

Ao se realizar o uso do poder organizacional, se estabelece o conflito, que Bobbio apud Carvalho (2007, p21) define como “uma forma de interação entre indivíduos, grupos, organizações e coletividades que indica choques para o acesso e a distribuição de recursos escassos”, onde neste caso específico, seria o acesso e a distribuição do público consumidor de energia. No ambiente conflituoso (SEB), onde os agentes lutam por tomar espaços do mercado, o exercício do poder organizacional da ANEEL (como agência reguladora), produz efeitos e resultados que necessariamente não coincidem com os desejos e aspirações sociais, podendo vir em prejuízo do bem-estar e progresso de toda sociedade.

Há então oposição ao que Galbraith (2007) chamou de *countervailing power* e afirmou que é uma parte tão integrante do fenômeno do poder quanto o seu próprio exercício. O autor completa argumentando que se fosse de outra forma, o poder poderia ser ampliado indefinidamente.

Assim, há a necessidade de regulação do mercado por parte da União, e é normal haver conflito e resistência. Normalmente uma regulação é expressa através de regras formais, leis, regulamentos, resultando daí a utilização, como sinônimos, de regulação, regular e regulamentar. De fato, conforme Ferreira (1986), regulamentar significa sujeitar regras, dirigir, regradar.

Mitnick apud Silva (2007) esclarece que a questão da regulação é a interferência de governos nas atividades sujeitas à regulação, isto é, determinado comportamento deve ser governado, alterado, controlado e/ou guiado. Deve-se notar, entretanto, que o princípio não é substituir a atividade, mas sim regulá-la, portanto não seria correto, a regulação agir diretamente na parte da atividade ou envolvida na sua realização.

Para o citado autor, "regulação é um processo, consistindo na restrição intencional na atividade do regulado, por uma entidade externa não envolvida diretamente nas atividades do regulado". Esta definição, de caráter amplo, coloca a regulação como um processo entre regulado e regulador, em que o segundo procura restringir a ação do primeiro, e este, sofrendo a restrição, vai reagir em resposta a esta restrição, portanto se permite a abordagem pela ótica da relação de poder entre os envolvidos.

A regulação pode ser exercida com o objetivo de:

(a) *proibição* de determinados comportamentos, isto é, vedando e impedindo a realização de certas ações expressas nos objetivos da regulação;

(b) *promoção*, isto é, incentivando certos comportamentos através de benefícios e;

(c) *mediação*, atuando como um filtro entre o público e o privado, muitas vezes evitando o confronto direto entre as partes. Segundo Pagés (2006) a mediação ocorre quando a organização antecipa-se aos conflitos, absorve e transforma as contradições antes que estas resultem em conflitos coletivos.

Então o natural é que a intervenção estatal deve ocorrer pela necessidade de proteção da sociedade, entretanto com o tempo, pode ocorrer a "captura" do órgão regulador, pelo regulado. Nesta situação, o regulado consegue influenciar nas decisões do regulador, tornando-se conveniente para o regulado, na manutenção do "*status quo*".

Dessa forma é estabelecido o equivalente de um cartel, com a diferença de que o controle é exercido por um órgão governamental e não por um conselho de organizações privadas (BORENSTEIN, 1996).

Nesse caso, segundo o citado autor, o Estado deveria ser um dos instrumentos utilizados para os mais elevados propósitos da civilização: proteção das pessoas contra o sofrimento, a exploração e o abuso, isto é, o Estado deveria ser o agente de regulamentação do poder, entretanto por vezes, ele também sofre captura, tem descaracterizado sua função mediadora e passa a agir como uma organização a serviço da ação opressora, contribuindo na assimetria do poder.

A Figura 11(2) mostra esse paradoxo: (a) o Estado em seu papel original como interveniente no relacionamento organização-sociedade e (b) quando desvirtuado, atuando como agente a serviço de uma organização.

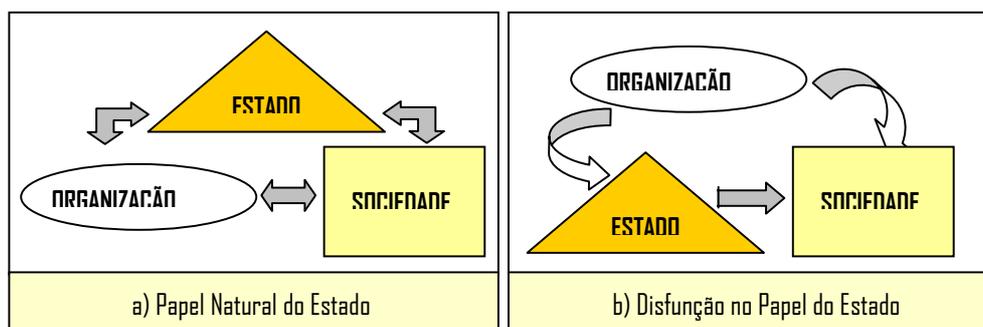


Figura 11 (2): O Estado como participante na relação organização-sociedade

Também é fato a ser registrado que o ser humano tanto está presente tanto no Estado, como nas organizações e compõe a sociedade, assim influi em cada esfera aqui desenhada.

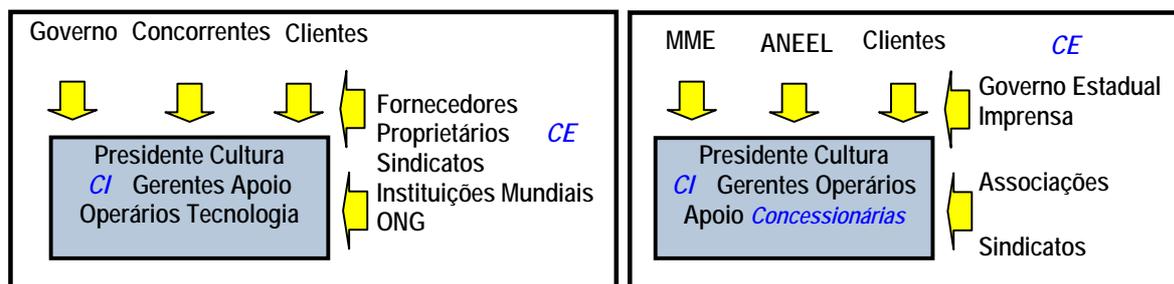
Deste modo, pode-se afirmar que são inúmeras variáveis que moldam a arena de conflitos do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), desde simples interesses humanos em nível pessoal até em maiores amplitudes envolvendo questões econômicas internacionais. Assim o uso modelo de Mintzberg (1983) para explicar a análise de riscos se torna conveniente, pois permite relacionar o poder exercido por esses agentes influenciadores e os conflitos via Teoria da Agência.

De fato, o autor afirma que há uma influência de poder dentro e fora das organizações. O ambiente é a própria sociedade maior, constituídas de outras empresas, organizações, grupos sociais, e a cultura; é formada pelos operários, gerentes, idealismos, missões empresariais, etc.

A partir do entendimento da influência desses grupos, interna e externa nas organizações, Mintzberg (1983) mostra que os grupos interagem, barganhando entre si, parcelas de poder em relação à organização, formando as chamadas coalizão externa (CE) e coalizão interna (CI).

A CE seria composta por indivíduos ou organizações que não atuam como empregados de tempo integral da organização, mas que podem influenciar nos seus resultados. São os proprietários; os sindicatos e associações de empregados; os fornecedores, aliados, competidores e clientes; o Governo, organizações não governamentais, associações civis, imprensa etc.

A CI seria formada pelos empregados em tempo integral. São o presidente ou executivo principal; os gerentes, responsáveis pelas operações de setores como planejamento, financeiro, contabilidade; os operadores (aqueles que efetivamente produzem ou diretamente contribuem para os produtos e serviços); pessoal de apoio, (atividades meio: xerox, café, limpeza, etc) e considera-se ainda a tecnologia, a cultura organizacional e a ideologia, constituída das crenças e valores compartilhados pelos membros da CI.



FONTE: Adaptado de Mintzberg(1983)

Figura 12 (2): O Estado como participante na relação organização-sociedade

A Figura 12 (2) ilustra o modelo de Mintzberg e mostra os diversos grupos, dando uma idéia da influência exercida por eles.

Para Borenstein (1996) o entendimento da ação dos membros das coalizões, passa pelo conceito de detentor de influência, entendendo que um participante (indivíduo ou organização) de qualquer sistema possui, em relação a este sistema e ao seu poder, três opções:

- (a) *cooperação*, isto é, submeter-se e contribuir conforme esperado;
- (b) *abandono*, retirando-se da influência do sistema ou;
- (c) *influência*, permanecendo no sistema e agindo no sentido de mudar o estado de coisas que não estão de acordo com o desejado.

Essas opções são importantes para o entendimento do comportamento de membros das coalizões do SEB. Então convém a adoção do conceito de "*stakeholder*" discutido por Jochen (2007) com o seguinte significado: sendo qualquer indivíduo ou grupo que pode afetar o alcance dos objetivos organizacionais, ou que é afetado pelo alcance destes objetivos.

Nesse caso, entendemos que a Teoria da Agência é adequada e suficiente para completar esta vertente do modelo, pois dentro de um contexto da abertura da estabilização macroeconômica, ocorreram as privatizações no setor elétrico brasileiro que segundo Campanário

e Silva (2004) objetivavam: incentivar e garantir investimentos no volume necessário às demandas sociais; ampliar o bem-estar dos consumidores de eletricidade por meio da universalização na oferta dos serviços; promover a formação de preços de tarifas compatíveis com o público; gerar incrementos na qualidade nos serviços, etc.

Nesse caso, a regulação assume papel crucial ao afetar as condições de oferta por meio do acesso a novos fornecedores, extrair e reorientar a aplicação de rendas de monopólio e fomentar o mercado, por meio da implementação, execução e controle de mecanismos administrativos destinados a introduzir condições orientadas à concorrência. Assim entendida, a introdução de mecanismos públicos de regulação se justificam como meios de promover o atendimento de metas sociais e economicamente desejáveis. Em linhas gerais, a missão da regulação deve visar:

- A eficiência econômica, ou seja, a garantia da oferta ótima de serviço e menor diferença entre preço e custo;
- Evitar abusos do poder de monopólio nos mercados locais e nacionais;
- Introduzir critérios que garantam a qualidade dos serviços;
- Assegurar o acesso universal a um preço compatível dos serviços;
- Criar e manter canais de interação entre agentes fornecedores, intermediários e consumidores.

A tarefa de incorporar estes fundamentos e aplicá-los é complexa. Um dos problemas que impedem que isso se efetive tem muito a ver com a assimetria de informações e uso do poder econômico por parte dos agentes envolvidos no processo, o que conduz a outros desafios como, por exemplo, tentar minimizar o risco. A rigor, a teoria da agência lida com aspectos internos e externos à firma na sua tomada de decisões.

Nesse caminho, observando-se o crescimento da complexidade e a especialização das tarefas que moldavam as organizações a partir da revolução industrial, sobretudo e com maior intensidade nas décadas de 30 e 40 do século XX, o proprietário das organizações foi forçando a assumir um papel mais abrangente, o obrigando a abandonar suas atribuições de gestão e delegá-las a um gestor profissional. No entanto, esta separação entre a propriedade e a gestão, introduz problemas de relacionamento entre esses atores (proprietários e gestores) (FONTES FILHO, 2003).

O gestor (denominado o agente), dotado de interesses individuais, não quer e/ou não pode perseguir todos os objetivos colocados pelos proprietários (denominado o principal) que quer mas não consegue empregar todo o seu esforço na condução do seu negócio.

Então, a partir desta separação entre a propriedade e a gestão, chamado de problemas de agência, e da distribuição dos riscos entre estes atores (que podem conduzir a objetivos discrepantes), emerge a **Teoria da Agência (TA)**, onde:

- O PRINCIPAL, que é o empreendedor original, aquele que detém a posse da organização ou delega alguma atribuição a outrem e neste caso do setor de energia elétrica, os governos, que através das agências reguladoras (ANEEL no Brasil e Swedish Energy Agency na Suécia), são quem decidem sobre a geração, transmissão e distribuição.
- O AGENTE é o segundo personagem, o contratado, aquele que irá executar ou administrar a geração e distribuição da energia sob delegação do proprietário ou superior hierárquico (principal), no caso as concessionárias privadas (Energisa, Celpe, Cosern e outras).

O princípio geral da teoria é de um proprietário firmar acordo, um contrato, com outra organização para realização de um serviço. Em havendo contrato naturalmente há dois personagens - o principal e o agente- e há conflito de interesses, como é o caso dos setores elétricos onde o governo (principal) contrata uma empresa (o agente) para fazer a gestão da geração, da transmissão, da distribuição e até da comercialização da energia.

Assim, de acordo com Sato (2007), o bem-estar do proprietário não pode ser completo porque o principal e o agente possuem diferentes metas. No caso do setor elétrico, os gerentes das concessionárias com cada vez mais pressões pró diminuição de custos, buscam meios de superar a complexidade e diversidade do mercado regulado.

A idéia da TA é entender e explicar a discrepância dos objetivos entre o principal e o agente, porém no entendimento completo da teoria deve-se também considerar que os conflitos não se limitam apenas aos problemas proprietário-gestor, mas se estendem a todo um conjunto de relações de atividades organizacionais, pois sempre que um indivíduo depende da ação de outro, ocorre um relacionamento de agência (PRATT; ZECKHAUSER, 1985).

Por exemplo, a questão do planejamento é outra área de distensão entre principal e agente. Em geral, o principal tem uma relação de permanência de longo prazo com a organização, podendo suportar oscilações nos resultados. Os gestores – agentes - ao contrário, têm uma relação mais transitória e assim uma perspectiva de curto prazo.

Além disso, o agente pode ser localizado em diferentes estágios na cadeia de valor, quando certos diretores são influentes ou exercitam o poder além do seu contato imediato da cadeia. Assim são várias nuances, fatores e objetivos que diferem entre o principal e o agente, e a Teoria da Agência engloba esses estudos.

Não existe um consenso sobre a origem da TA. Segundo Paixão et al. (2009) está relacionada aos estudos de um grupo de pesquisadores da Carnegie-Mellon University, que examinaram os conflitos sobre metas e percepções dentro das organizações. Esta corrente buscou responder a seguinte questão: os diversos atores envolvidos concordam sobre a forma de gerenciamento de uma firma?

Já Shankman (1999) apresenta as bases da TA ligadas aos trabalhos de Berle e Means, na década de 30, sobre a firma e à Common Law inglesa do século XIV. O aludido autor atribui a Stephen Ross, em sua revisão mais recente, a produção de trabalho seminal sobre o problema de agência, pela obra *“The Economic Theory of Agency: the principal’s problem”*, de 1973.

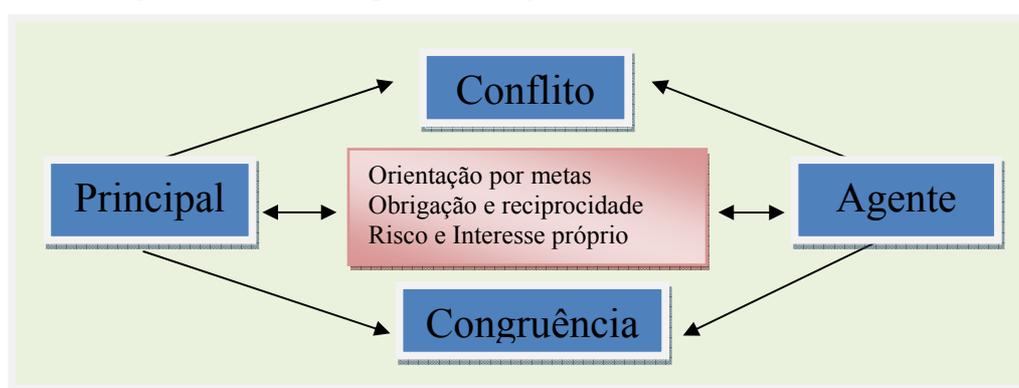
Por outro lado, Fontes Filho (2004) e Mann (1998) identificam os escritos de Jensen e Mackling, de 1976, como o primeiro trabalho unificado apresentado sobre a Teoria da Agência.

Quanto as características da TA, Arrow (1985) destaca que ela apresenta tanto características descritivas, oferecendo possibilidade de tornar os contratos mais eficientes; quanto normativas, numa tentativa de explicar fenômenos observados na prática, não explicados pelas teorias econômicas convencionais.

Com relação à classificação dos estudos em torno da TA, Elsenhardt (1989) destaca duas linhas: a) positivista – de cunho descritivo, visa a investigar o conflito entre proprietários e administradores e b) principal-agente – de caráter prescritivo, examina mecanismos de controle que induzem os administradores a buscarem a maximização dos lucros. Ambas as linhas detêm o contrato como unidade de análise e os pressupostos sobre pessoas, organizações e informações. As diferenças residem no rigor matemático com que o problema da agência é tratado, na variável dependente adotada e no estilo (FONTES FILHO, 2004).

Após discorrer sobre a origem da Teoria da Agência, segue a apresentação da sua definição a partir dos estudos de Fontes Filho (2003, 2004) e Sato (2007).

De acordo com Jensen e Meckling (1976), a teoria da agência trata do relacionamento entre agentes nas trocas econômicas, onde um ator (o principal) tem poder sobre o comportamento de outro ator (o agente) em seu favor, e o bem-estar do principal sofre influência das decisões do agente, conforme expressa na Figura abaixo:



Fonte: Adaptado de Sato (2007).

Figura 13 (2): Esquema Teoria da Agência

Analisando-se essa figura, pode-se considerar que o bem-estar do proprietário não pode ser maximizado porque o principal e o agente possuem diferentes objetivos e predisposição ao risco (WRIGHT et al, 1996). Mas o principal pode ter atenuado seu risco, pois pode realizar escolhas sobre uma ampla gama de participantes (WISEMAN; GOMEZ-MEJIA, 1998).

O princípio da teoria é de um agente firmar acordo, um contrato com outro para realização de um serviço. Em havendo contrato há dois personagens (o principal e o agente) como é o caso dos setores elétricos onde o governo contrata outro (uma empresa) para fazer a gestão por vezes da geração, da transmissão, da distribuição e até da comercialização da energia.

Em contraste ao contrato, o agente precisa agir de forma adversa ao risco, já que está ligado a um único principal (WILLIANSO, 1963). Neste caso, em essência, os agentes são em princípio adversos ao risco como forma de preservarem seus bens.

Contudo, deve-se destacar que o risco do principal (que em síntese é esse o “problema de agência”), segundo Hatch (1997), está no risco do agente agir de acordo com interesses próprios (o que normalmente ocorre), em vez de buscar os interesses do principal e, para evitar essa divergência, são realizados contratos, cujo objetivo é alinhar os interesses dos dois.

Para Eisenhardt (1985), a habilidade dos principais em saberem se os agentes estão ou não agindo de acordo com seus interesses, depende das informações disponíveis aos principais. Essas informações podem ser obtidas pelo monitoramento direto das ações dos agentes ou indiretamente, pelo acompanhamento dos resultados produzidos (SATO, 2007).

Mas, de acordo com o estudo de Fontes Filho (2003), além das diferenças de motivação e objetivos entre principal e agente, as razões para o surgimento dos problemas de agência podem ter origem na assimetria de informação e preferências de risco das partes.

Com relação à assimetria de informações, esta se remete à posse, pelo agente, de um conjunto maior de informações sobre as atividades desenvolvidas e os resultados que o principal e essa superioridade pode induzir à busca por benefícios adicionais por parte do agente.

Ainda segundo o estudo de Fontes Filho (2003, 2004), desta assimetria informacional derivam duas questões fundamentais nos problemas principal-agente. Estas estão relacionadas a aspectos de ação oculta (*hidden action*) e informação oculta (*hidden information*), referidas na

literatura sobre Teoria da Agência como risco moral (*moral hazard*) e seleção adversa (*adverse selection*).

Arrow (1985) aponta que risco moral e seleção adversa, derivam das teorias sobre seguros e, em realidade, são aplicados apenas em situações especiais. Por exemplo, a origem de risco moral está associada aos seguros contra incêndio, uma vez que a existência da cobertura poderia mitigar a propensão dos indivíduos a adotarem medidas preventivas ou a provocarem incêndios com vistas a obter ganhos financeiros. O mesmo ocorreria em seguros de saúde, que podem indiretamente estimular ao uso mais intenso de cuidados médicos.

Com relação aos problemas de seleção adversa, observa-se que em uma população, determinados indivíduos têm mais propensão a acidentes ou morte que outros. Se o valor do prêmio for igual para todos os segurados, esses indivíduos de maior risco poderão adquirir apólices maiores e, com isso, desequilibrar a estrutura de distribuição de risco da empresa seguradora.

Diante de todo exposto, para proteger os interesses dos principais, é necessária a instituição de mecanismos que reduzam a possibilidade de os agentes agirem em desacordo. Segundo Clegg, Hardy e Nordy (1996), os custos incorridos na criação e manutenção desses mecanismos são denominados, “custos de agência”. Esses custos tanto estão alocados para os principais como para os agentes (custos da dependência dos agentes).

Dessa forma, este é um dos únicos fatores onde acontecem gerências conjuntas buscando sua redução onde, tanto os principais, quanto os agentes, atuam de forma a minimizar esse custo e, portanto, ficar numa situação de equilíbrio entre ambas as partes.

Contudo, Fama e Jensen (1983) argumentam que esse equilíbrio pode ser buscado internamente às organizações, por meio de sistemas de decisão que separam a gestão do controle nos diversos níveis da organização. As formas utilizadas para essa separação podem incluir sistemas hierárquicos de decisão, nos quais os níveis superiores funcionam para ratificação e monitoramento; conselhos de administração, que além de validar e monitorar as decisões mais significativas para a organização são responsáveis pela contratação, demissão e estabelecimento dos níveis de remuneração e compensação dos executivos; e estruturas de incentivo que encorajam o monitoramento mútuo entre os agentes. Lamb apud Fontes Filho (2004) acrescenta:

a) O direito de voto dos acionistas – Acionistas com participações significativa no controle, ou participante do grupo de controle, podem inibir a atuação dos executivos pelo exercício do voto nas assembleias;

b) O alinhamento de interesses dos dirigentes – A participação significativa dos dirigentes na propriedade da empresa age no sentido de aumentar seu interesse em maximizar os resultados;

c) A vigilância mútua entre os assalariados – Não apenas os executivos, mas também os demais empregados estão sujeitos à avaliação do mercado de trabalho, que em geral associa seu desempenho aos resultados obtidos pela empresa e sua reputação. Como consequência, institui-se um controle mútuo envolvendo todos trabalhadores, no sentido de evitarem comportamentos oportunistas, e

d) Conselho de Administração – O Conselho de Administração (CA) é considerado o órgão principal de controle, papel que no Brasil compartilha com o conselho fiscal. A medida da capacidade de controle do CA é dada pela sua independência com relação aos dirigentes da empresa. Ao contrário, sua atuação é inibida em empresas onde há acionistas majoritários

exercendo controle direto, como nas empresas familiares, ou indireto, por meio de uma coalizão de acionistas.

Como mecanismos de controle externo do equilíbrio entre agente e principal, o aludido autor apontou:

a) A concorrência no mercado de bens e serviços – O excessivo oportunismo dos agentes pode aumentar os custos de produção e reduzir a competitividade da organização. Mas, o risco decorrente da redução de eficiência atua como limitador do oportunismo gerencial;

b) O mercado de trabalho dos dirigentes – Eventuais resultados negativos da empresa prejudicam a reputação dos administradores frente a seus pares e o mercado de trabalho como um todo; e

c) O mercado financeiro e de capitais - exercem pressão sobre os gestores, principalmente em empresas abertas. A avaliação do mercado, expressa pelas cotações em bolsa, pode levar a movimentos de venda dos papéis da empresa ou operações como aquisições hostis.

A partir da exposição sobre estes mecanismos de controle, presume-se que os problemas de agência podem ser resolvidos por meio do monitoramento e da penalização. Para Clegg, Hardy e Nord (1996), o monitoramento envolve a observação da performance dos agentes, e a penalização seria a punição por um comportamento não desejado.

Dessa forma constrói um quadro tentando resumir a teoria da agência.

RESUMO DA TEORIA DA AGÊNCIA	
Ideia-Chave	A relação principal-agente deve refletir a organização eficiente da informação e assunção do risco dos custos
Unidade de análise	O contrato entre principal e agente
Pressupostos humanos	Interesses próprios Racionalidade limitada Aversão aos riscos
Pressupostos organizacionais	Metas e objetivos conflitantes Pressuposto de eficiência Informações assimétricas
Pressupostos quanto à informações	Informações como commodity
Problemas de contratação	risco moral (<i>moral hazard</i>) e seleção adversa (<i>adverse selection</i>).
Problema central	O principal e agente possuem metas, objetivos e acatamento de riscos em diferentes níveis

Fonte: Eisenhardt (1989) – Tradução: autor
Quadro 10 (2): Resumo da Teoria da Agência.

Com o término desta seção sobre a definição da Teoria da Agência, elencando as suas características e os problemas a serem considerados para o estudo da teoria, apresentam-se, a seguir, as limitações desta teoria.

Limitações no estudo da Teoria da Agência

Segundo Fontes Filho (2003), a eficiência da Teoria da Agência não é uma unanimidade entre os diversos autores. Eisenhardt (1989) aponta que seus críticos a consideram trivial, desumanizadora, e mesmo perigosa. De fato, pensar a Teoria da Agência como uma teoria perfeita (*grand theory*) desconsidera os limites à sua generalização.

Wright et al (2001) afirmam que há duas abordagens fundamentais e contrastantes para analisar e compreender o comportamento das organizações, a partir do exame das premissas da Teoria da Agência, remetendo à proposta de March (1994), que as denominou duas escolas:

- Escola dos teóricos formais: representaria o paradigma econômico, com foco nas escolhas racionais para maximização da utilidade.
- Escola comportamental do processo: representaria o paradigma gerencial que incorpora uma abordagem mais abrangente e holística da relação principal-agente. Com esse referencial, avaliam as premissas da Teoria da Agência sobre divergência de objetivos e preferências a risco.

No pensamento de Nilakant e Rao (1994), as duas escolas são presentes e complementares na Teoria da Agência pois ela deve ser considerada como uma teoria do comportamento humano, mas que deve ser vista também como uma teoria sobre o desempenho para resultados do agente (*performance outcome*).

Segundo Fontes Filho (2003), a possibilidade da união dessas escolas estabelece dois eixos formados pela concordância de objetivos e conhecimento do esforço necessário para o alcance dos objetivos, ou suscita problemas em relação entre fins e meios:

1. Há alta concordância sobre resultados esperados, mas pode haver ou não conhecimento sobre os esforços exigidos.
2. A inexistência de objetivos claros, os problemas não podem ser mitigados por contratos, uma vez que a incerteza encontra-se além da relação de agência.

3. O conflito é naturalmente presente na relação, de modo que não há certeza dos resultados esperados. Nestes casos, a gestão dos conflitos e a busca de consenso é mais importante que o monitoramento e recompensas individuais.
4. Há dificuldades no estabelecimento de objetivos e existe incerteza quanto à dificuldade de se atingir determinados fins. Nessas situações, Nilakant e Rao (1994) afirmam que o monitoramento e atribuição de recompensas é inaplicável e contra-produtivo. Nessas situações, o agente tenta definir seus objetivos e ações, buscando legitimar suas escolhas.

A legitimidade das organizações não é objeto do campo da Teoria da Agência, o que representa uma significativa lacuna para sua utilização em organizações não mercantilistas. Essas organizações, e principalmente seus gestores, necessitam fortemente conquistar legitimidade perante seus pares, patrocinadores e outras organizações, uma vez que dificilmente poderiam ser avaliados por outras variáveis.

Contudo, há uma situação identificada por Davis et al (1997) onde a TA falha sobremaneira: quando o agente não assume um comportamento oportunista mas um de colaborador com o principal, indo assim de encontro com a principal premissa da TA. De fato, Hendry (2002) argumenta que limitar a atuação do agente sempre como oportunista significa limitar também a sua competência para atender aos objetivos do principal.

Eisenhardt (1989) demonstrou o valor da abordagem da Teoria da Agência em situações onde os arranjos contratuais, o compartilhamento de risco e outros relacionamentos mutuamente solidários se desenvolvem entre os grupos. Dessa forma, nessa tese o problema principal-agente é muito bem caracterizado e representativo, uma vez que o cidadão brasileiro por Constituição é o dono da energia, e apenas o serviço de geração e fornecimento é o objeto terceirizado. Nessa

situação, ocorrendo insucesso no empreendimento, o consumidor é que será penalizado, porém, quem determina este desempenho é o agente, as concessionárias e geradoras de energia.

Além disso, são quatro vertentes em envolvidas: o consumidor quer a energia o mais baixo custo possível, as concessionárias, entretanto, querem aumentar seus lucros (vertente economia), o ser humano precisa consumir energia e quer um meio ambiente saudável, entretanto muitas das fontes energéticas tendem a poluir a natureza (vertente ecologia), a sociedade precisa se desenvolver, mas por vezes o uso da energia ocasiona mudanças na cidadania das pessoas (equidade social) e todo aparato institucional.

Assim, a combinação dos princípios básicos das leis universais da termodinâmica, da teoria do triângulo de fractais e da Teoria da Agência possibilitou a construção de um modelo de análise para energia sustentável.

A Fronteira entre Sustentabilidade e os Riscos

Como já foi explicitada anteriormente, esta tese tem como base principal a questão da sustentabilidade das fontes de energia. A questão dos riscos é tratada *an passant*, porque esses construtos teóricos se tangenciam em muitos pontos.

Assim, quando usado, se adota a perspectiva de risco segundo a visão de Veyret (2007, p.24) como sendo uma “percepção de um perigo possível, mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele”.

Nessa perspectiva, por exemplo, há risco ambiental se uma fonte prejudica ou não a sustentabilidade do ecossistema local e, por conseguinte o planeta. O risco social ocorre quando uma determinada fonte energética ou política pública altera a sociedade como um todo, ou

mesmo a cidadania de um grupo de pessoas. Por outra visão, do ponto de vista econômico, uma fonte energética só é sustentável se consegue escoar a produção para um público consumi-lo.

Assim, para questão da sustentabilidade optou-se pelas categorias ambiental, social, econômica e institucional, presentes no sistema DSR. Todas essas categorias assumem idéia de risco, apenas significando uma possível presença de insustentabilidade, ou seja, um “perigo possível de ocorrer” (VEYRET,2007).

Então dentro da expectativa de casualidade existente no indicador DSR, da complexidade real entre um evento afetar e ser afetado pela resposta biológica natural do ecossistema ou da resposta decisória tomada pelo ser humano, algumas premissas devem ser consideradas no modelo de avaliação da sustentabilidade das fontes energéticas:

- Não existe “o” modelo perfeito, acabado, completo. O modelo trabalha com diferentes pontos e objetivos, assim constantemente pode ser aperfeiçoado;
- Todo e qualquer modelo é uma simplificação da realidade e, portanto requer a seleção de alguns fatores que o pesquisador julga relevantes para a compreensão do sistema; nesse processo, sempre ficam algumas lacunas que outro pode considerar importante;
- Um bom modelo é aquele que atinge os objetivos definidos pelo modelador.

Considerando essas limitações, Singh et al (2009) mencionam algumas práticas úteis para se construir modelos, tais como: entender o processo decisão do objeto que será mensurado; pensar os benefícios que se obtém ao se utilizar o futuro modelo; selecionar as variáveis, analisar a qualidade dos dados coletados; mensurar as interações existentes entre as variáveis e por último testar o modelo.

3 Metodologia

Este capítulo tratará da metodologia da pesquisa da tese, ou seja, de como se enquadram metodologicamente a classificação da pesquisa, a coleta de dados e a sua análise. Quanto ao MA, as etapas relacionadas a como essa ferramenta de análise da sustentabilidade das fontes energéticas foi construída, serão descritas no capítulo 4, onde se apresenta cada decisão quanto à escolha da base teórica e das fontes para a aplicação da ferramenta.

Embora esses dois itens (metodologia da tese e do modelo de análise “capítulo 4”) necessariamente ocorressem num processo dinâmico e cíclico, onde ora a escolha metodológica da pesquisa influenciasse o desenvolvimento do MA e vice-versa, essa divisão procura deixar mais clara a construção do modelo.

Esta tese adotou um método de investigação quali-quantitativa. Tal método “encara a interação do investigador com o campo e os seus membros como parte explícita da produção do saber. A subjetividade do investigador e dos sujeitos estudados faz parte do processo de investigação” (FLICK, 2005, p.32).

A classificação quanto ao tipo de pesquisa foi feita baseada na taxonomia de Vergara (2005), que fornece o enquadramento da pesquisa quanto aos fins (exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista) e quanto aos meios (Pesquisa teórica, metodológica, empírica e prática).

Dentro dessas opções, quanto aos fins, trata-se de uma pesquisa **exploratória-explicativa**, uma vez que será construído um modelo de análise de fontes elétricas, com fins de explicar um fenômeno “a sustentabilidade”. “A investigação explicativa tem como principal objetivo tornar

algo inteligível justificar-lhe os motivos. Visa, portanto, esclarecer quais fatores contribuí para a ocorrência de determinado fenômeno” (VERGARA, 2005, p.47).

Tem como instrumentos de captação dos dados a investigação documental e bibliográfica. Nesse caso, “uma investigação documental é a realizada em documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados de qualquer natureza, ou com pessoas: registros, anais, regulamentos, circulares, ofícios, comunicações informais, ..., diários, cartas pessoais e outros” (VERGARA, 2005, p.48). Já o caráter bibliográfico, é verificado uma vez que utilizam livros, artigos de jornais e revistas sobre o tema. “A pesquisa bibliográfica é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral” (VERGARA, 2005, p. 48).

Em outra linha de pensamento, os métodos científicos são classificados quanto ao nível de abstração, de acordo com Lakatos e Marconi (2009), em dois tipos: os métodos de abordagem (caracterizam-se por uma abordagem mais ampla, em nível de abstração mais elevado, dos fenômenos da natureza e da sociedade (subdividem-se em indutivo, dedutivo, hipotético-dedutivo e dialético) e os métodos específicos das Ciências Sociais.

Em primeiro lugar, esta tese avaliará a questão da sustentabilidade das fontes energéticas criando um modelo analítico, usando pré-supostos de algumas teorias já existentes, logo terá uma abordagem dedutiva, mas na seqüência aplicará o MA em setores elétricos, logo adotará um método de procedimento histórico-comparativo, pois se apropriará e comparará elementos da política pública dos setores elétricos do Brasil e da Suécia.

A Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada através de pesquisa bibliográfica e pesquisa documental realizados em quatro momentos:

- 1) Coleta de dados documentais sobre a gestão energética no Brasil;
- 2) Coleta de dados bibliográficos sobre fontes de energia;
- 3) Coleta de dados documentais sobre a gestão energética na Suécia e;
- 4) Entrevistas com especialistas.

De forma mais concentrada, sobre a gestão energética, a coleta de dados ocorreu em dois momentos: No Brasil (Set/2007 a Ago/2008) e na Suécia (entre Set/2008 e Ago/2009). Foram levantados dados acerca do histórico do uso das fontes e seu gerenciamento no setor elétrico brasileiro. A pesquisa bibliográfica foi feita nos artigos de revistas especializadas, livros, periódicos, jornais, teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos.

A pesquisa documental foi realizada nos arquivos físicos e on-line da ANEEL e Ministério das Minas e Energia, responsáveis pelo gerenciamento do setor elétrico, bem como em sites de Concessionárias de Energia.

De maneira análoga foi feito o levantamento documental e bibliográfico do setor elétrico na Suécia onde se estudou os arquivos online da *Swedish Energy Agency* (agência responsável pela regulação do sistema elétrico sueco) e do *Nordic Energy Regulatory* (pool que regula a venda e transmissão de energia dos países nórdicos).

A coleta de dados sobre as fontes foi usado tanto no Brasil como na Suécia o banco de dados encontrado no site de busca acadêmico www.sciencedirect.com mais de 200 papers acerca

das fontes energéticas, e o critério de seleção foi pelo nome da fonte + o nome de uma dimensão, restringindo a busca aos anos 2007 até atual e os nomes-chaves deveriam estar no título, resumo ou palavras chaves.

A Análise e Validação dos Dados

A análise de conteúdo foi escolhida como forma de entendimento dos dados documentais e bibliográficos e para validação dos dados foi escolhida a triangulação dos dados das fontes elétricas. Para prover maior robustez a triangulação dos dados, três testes estatísticos foram realizados nos dados: Análise de Variância, Análise de Correspondência e Kruskal-Wallis.

Para Peräkylä (2005) um conjunto de dados vem a constituir objetos e sujeitos; e a constituição dos sujeitos e objetos é explorada em um contexto histórico. Bardin (2002, p,38) define a análise de conteúdo como “[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens ...visando representar o conteúdo de um documento sob uma forma diferente da original, a fim de facilitar num estado ulterior a sua consulta e referência”.

Assim o objetivo da análise documental é a representação condensada da informação, para consulta e armazenagem; o objetivo da análise de conteúdo é a manipulação de mensagens, para evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre outra realidade que não a mensagem.

Quanto a validação dos dados documentais, a tese usará a triangulação dos dados, usando no mínimo três referências acerca de cada variável. Essa técnica é muito mais um conceito que:

Não nasce nas ciências sociais, mas antes na navegação e na topografia; é um conceito importado e é apropriado, sobretudo, por um autor (Denzin), que o utiliza, amplia e “abre o leque” de imprecisão do conceito considerando quatro

tipos diferentes de “triangulação” (a “triangulação de dados”, a “triangulação do investigador”, a “triangulação teórica” e a “triangulação metodológica”); é um conceito cuja origem se enraíza muito na noção de validade, mas que em face dos argumentos e das críticas realizadas, ultrapassa a sua visão clássica e ortodoxa e se expande, pelo que alguns autores consideram que a “triangulação” também é uma forma de integrar diferentes perspectivas no fenómeno em estudo, também é uma forma de descoberta de paradoxos e contradições, e também é uma forma de desenvolvimento. (DUARTE, 2009, p. 21-22).

A citada autora (p.12) considera “que (os) dados gerados por diferentes métodos podem ser agregados para produzir uma visão unitária, na medida em que a realidade é multifacetada, a categoria ‘verdade’ funciona apenas como um limite e uma orientação operatória, só se podendo produzir aproximações”.

Merriam (1988) considera seis estratégias básicas para a validade dos dados, sendo a primeira a *(a)* Triangulação seguida pela *(b)* Verificação de plausibilidade ao se retomar os dados e interpretações para os sujeitos, *(c)* Recolha de dados durante um longo período e observações repetidas, *(d)* Exame dos colegas e avaliação das descobertas, *(e)* Envolvimento dos participantes em todas as fases da pesquisa e *(f)* Esclarecimento dos preconceitos e orientação teórica do próprio pesquisador no começo do estudo. Este método é aceito no meio acadêmico e será usado nessa tese.

As seis etapas descritas pela autora foram realizadas quando desta pesquisa, o autor, no “Grupo de Energia e Produção”, trabalhou com os mestrandos Daise Lopes Porto, Ana Lucia Menezes de Almeida, Priscila Elida de Medeiros Vasconcelos, Daiana Martins Vítório, Vívian Aparecida Lima Sousa, Bruno Lopes Vilar, Marcelo Aires e os professores Miguel Otávio Barreto Campelo de Melo, Luiz Bueno da Silva e o Eng Sérgio Roberto Botelho Barreto

Campello. Além disso, três testes estatísticos foram realizados para garantir o equilíbrio dos dados e do MA, a saber :

- 1) Para que o levantamento das características de cada fonte energética tivesse o mesmo tratamento para o preenchimento das tabelas DSR, ou seja, garantisse que o pesquisador não direcionasse (ainda que involutariamente) a pesquisa para uma determinada fonte. A Análise de Variância (Teste F) em blocos causalizados testa a hipótese H_0 que todas os tratamentos (fontes) têm a mesma mediana e a H_1 onde pelo menos uma fonte possui mediana diferente e que sejam fontes independentes, ou seja, o teste garante que as seis fontes tiveram o mesmo tratamento e empenho dado pelo pesquisador, e garante serem variáveis independentes.
- 2) Para que não houvesse dependência entre variáveis, ou seja, as fontes fossem independentes entre si e entre as quatro dimensões (social, ambiental, econômico e institucional). A Análise de Correspondência mostra não apenas se há ou não dependência, mas traça um gráfico mostrando a distancia/aproximação que há entre variáveis, ou seja, esse teste mostra possíveis aproximações / relações mais fortes e mais fracas entre fontes e dimensões.
- 3) Para comparar a sustentabilidade das fontes, o teste não paramétrico Kruskal-Wallis foi escolhido por que os dados são categóricos e ele possibilita realizar a contagem da “sustentabilidade”, testando se a contagem tem significação estatística, ou seja, esse teste final cria uma lista de fonte, pelo critério da insustentabilidade.

Resumo da Metodologis

O foco dessa tese é a sustentabilidade das fontes de energia em setores elétricos e os países escolhidos para testar o MA foram o Brasil e a Suécia. A estratégia será se apropriar de

alguns aspectos e características próprias e relevantes das fontes, para avaliar a sustentabilidade. Foi seguida a estratégia de pesquisa, em graduação decrescente apresentado na Figura 10 (2).

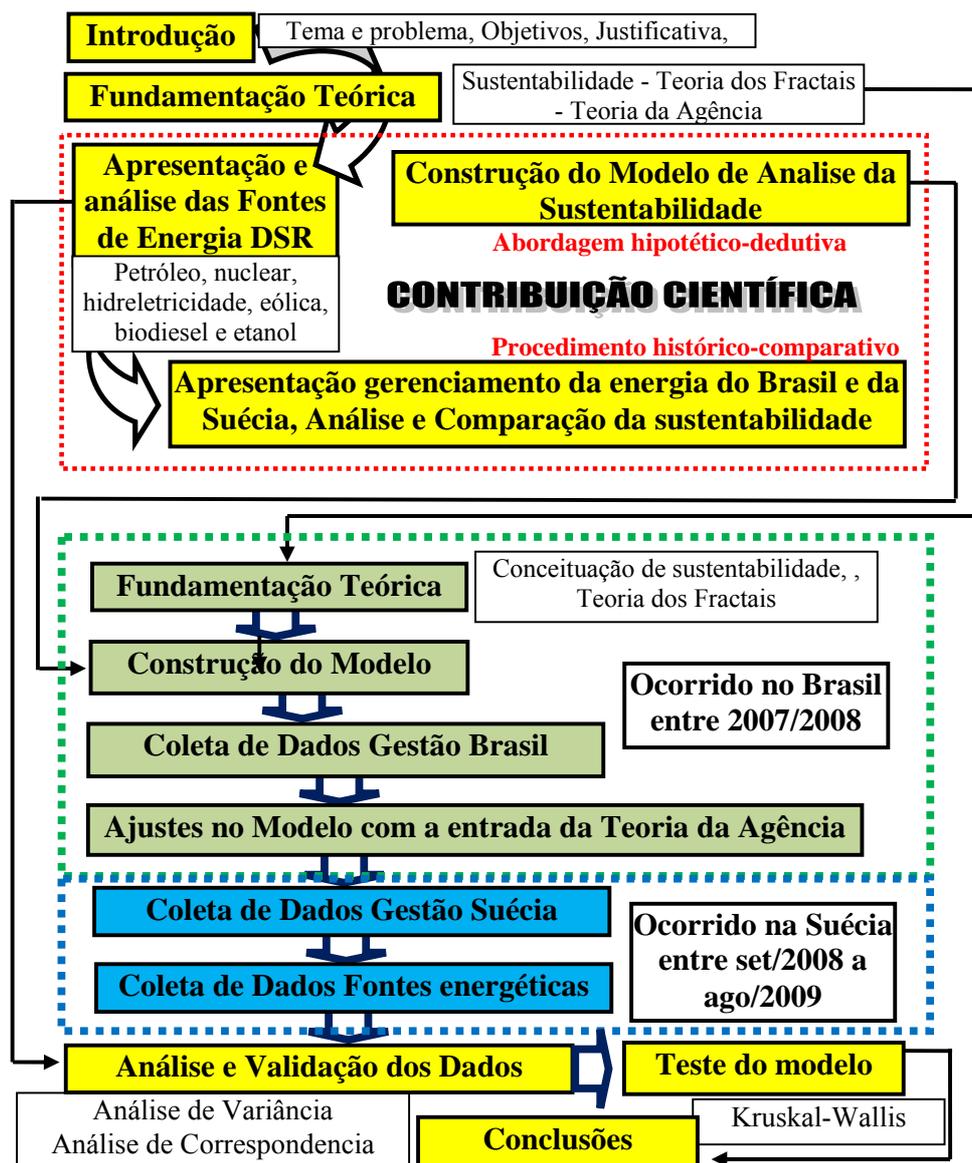


Figura 14 (3): Sequência da Pesquisa

A Exequibilidade da realização do estudo

Foi possível realizar esta tese, visto conter todos os elementos imprescindíveis, a saber:

- 1) Existe o problema: Não existe um Modelo de Análise que analise a sustentabilidade de fontes em setores elétricos, considerando que todas as fontes escolhidas para compor a matriz energética brasileira contêm limitações. A hidreletricidade, por exemplo, possui pesados investimentos iniciais e destruição da fauna e flora; a nuclear idem, além de apresentar o lixo nuclear como resíduo; as termelétricas poluem a atmosfera e são bastante ineficazes e a geração via fontes alternativas é mais cara e menos eficiente que a partir da água, de modo que há a necessidade de se reunir todas as informações e traçar um modelo de análise da sustentabilidade.
- 2) Existem dados tanto no Brasil quanto na Suécia para subsidiar a análise do uso fontes de energia no gerenciamento do setor: Em cada país, os setores já passaram por mudanças radicais, antes atendiam uma governança, centralizada, estatal e atualmente atendem uma expectativa neoliberal, descentralizada e privada. As questões ligadas às fontes energéticas e o gerenciamento usados em cada país servirão com dados para análise.
- 3) Existem recursos humanos necessários: A UFPE/PROPAD possui uma linha de pesquisa “Estratégia, Finanças e Sustentabilidade Empresarial (EFE)” e o *Royal Institute of Technology* em Estocolmo possibilitou um estágio doutoral sanduíche no Departamento de Energia e Clima, onde em ambos lugares existem profissionais engajados, que fornecem a orientação necessária para o desenvolvimento do estudo.

Os Desafios e limitações

A tese oferece um modelo para análise da sustentabilidade das fontes de energia. O modelo pressupõe que os países primem em decidir pelo uso de energias que afetem menos a natureza e os seres humanos. Sabe-se, entretanto que em algumas situações e atitudes dos governos, sejam eles em qualquer lugar do mundo, seja impossível isolar a gestão política, a gestão administrativa e a vontade dos *stakeholders*.

Apesar desse fato está previsto no modelo (através da inclusão da dimensão Institucional oriunda da Teoria da Agência), quando existe uma decisão predominantemente política ou quando há uma prática lesiva, como corrupção, é tomada, na prática, quanto mais esse caminho for utilizado, menos sustentável será a escolha.

O MA traçado é apolítico, ele verifica os fatos e cria uma sequência de fontes pela ordem da insustentabilidade, ou seja a fonte será mais sustentável quando o objeto de análise respeita o *triple botton line*, (os parâmetros economia, equidade social e ecologia) e menos sustentável se buscar outros caminhos.

A Estrutura planejada da tese

Para efeito de organização, a tese foi planejada para conter dez capítulos.

- ✓ O capítulo **um** é introdutório, tratou da organização da tese, com definição temática, objetivos e justificativa;
- ✓ O capítulo **dois** apresentará um panorama teórico sobre Sustentabilidade, Teoria de Fractais, o Conflito nas Organizações e a Teoria da Agência;

- ✓ O capítulo **três** foi a metodologia da tese.
- ✓ O capítulo **quatro** apresentará como se deu a construção do modelo de análise
- ✓ O capítulo **cinco** fará a análise das fontes energéticas através das tabelas DSR e testes de validação;
- ✓ O capítulo **seis** mostrará um estudo longitudinal do setor elétrico do Brasil e da Suécia;
- ✓ O capítulo **sete** apresentará a pesquisa junto a autoridades no setor elétrico;
- ✓ O capítulo **oito** trará análise da sustentabilidade, com testes estatísticos e;
- ✓ O capítulo **nove** trará as conclusões.

4 Construção do Modelo de Análise da Sustentabilidade

Este capítulo trata da apresentação do modelo de análise da sustentabilidade, principal contribuição dessa tese. O item 4.1 trata das considerações iniciais do modelo com alguns posicionamentos necessários; o item 4.2 trata definição do indicador de sustentabilidade base do modelo; o item 4.3 delimita o uso e diferenciação do construto “risco”; o item 4.4 escolhe as fontes energéticas; o item 4.5 define sustentabilidade; o item 4.6 trata da escolha das variáveis de análise; o item 4.7 mostra o funcionamento do modelo de análise; o item 4.8 apresenta a tabela gerada a partir do modelo de análise, seu preenchimento e; por fim, o item 4.9 apresenta como foi incorporada, no MA a opinião de especialistas do setor e governantes.

4.1 Considerações iniciais sobre o MA da Sustentabilidade

O objetivo dessa tese é traçar um modelo que proporcione condições para que o analista compare o quão são sustentáveis as fontes energéticas dentro de um contexto territorial de setor elétrico, ou seja, incorporar as políticas públicas, onde seja possível ampliar o contexto de “energia limpa” para “energia sustentável”.

O pressuposto teórico básico que norteou a construção do MA das fontes energéticas foi a sustentabilidade, qualquer que fosse a fonte analisada. O modelo de análise desenvolvido inicia-se com a definição das suas dimensões relativas a questões ambientais, sociais, econômicas e institucionais, onde foi usado o sistema de indicadores de sustentabilidade DSR (*Driving-Force/State/Response*) desenvolvido pela OECD (2010), indicador este que foi originado a partir

do sistema PSR (*Pressure-State-Response*) existente. As tabelas DSR conseguem apresentar as fontes dentro das dimensões (ambiental, social, econômico) sem se ater ao contexto territorial.

Uma vez definidas as dimensões de análise, o modelo foi desenvolvido envolvendo os pré-supostos conceituais das leis da termodinâmica, a teoria dos fractais (economia, ecologia e equidade) e a teoria da agência (institucional).

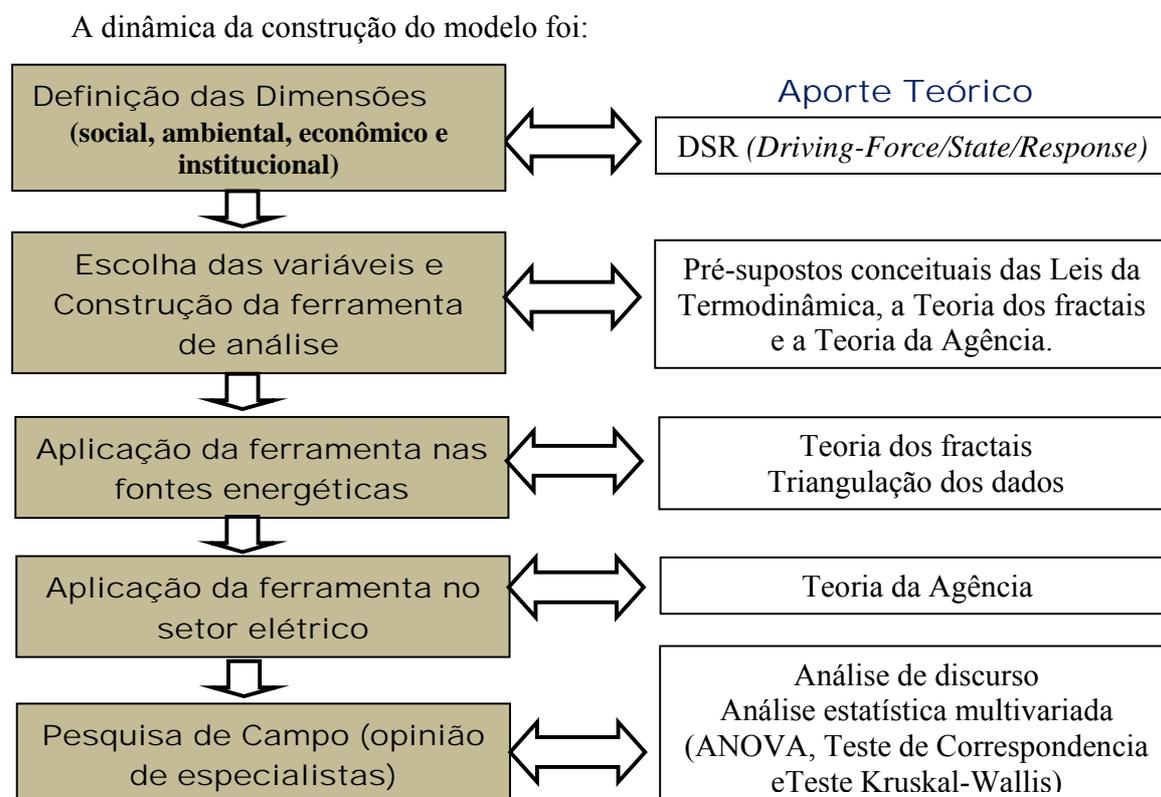


Figura 15 (4): Esquema do desenvolvimento do MA

O início da construção do modelo se deu pela escolha das dimensões e em seguida das variáveis que serviram como balizadores para definição se a fonte energética era uma fonte “limpa”, “sustentável”, “alternativa” ou não. Nesse momento já foi diagnosticado um primeiro

problema de nomenclatura: não é difícil encontrar o uso desses adjetivos mal aplicados. Muitas vezes os conceitos são erradamente fundidos ou tomados como iguais.

Assim, há a necessidade de se optar por uma definição, de modo que se assume que se evitará o uso da terminologia “Energia Alternativa” visto que esta adjetivação tem a ver com a alternativa de uma energia posta e isso mais atrapalha do que ajuda.

Por exemplo, como falar que a energia eólica é uma energia alternativa se atualmente já é uma forma de exploração bastante usada? Alternativa em qual país? Na Alemanha ou Dinamarca ela não é uma “alternativa”. Talvez como fonte alternativa ao petróleo seja mais aceitável, uma vez que existe quase consenso, que países que não possuem petróleo a ser explorado, buscam independência visto que o uso de seus derivados reconhecidamente emitem gases do efeito estufa.

Porém para as outras adjetivações se assume:

- Energia Renovável: Quando se usa esse termo, na verdade se está falando da renovabilidade do meio combustível, por exemplo, da água nas hidrelétricas, do vento nas eólicas, e outras. Então a pergunta por trás desse termo seria: Existe renovabilidade da fonte? Pode-se trocar a palavra renovabilidade por resiliência no sentido de representar a habilidade de um sistema retornar ao ponto original (ou desejado) após sofrer perturbação.
- Energia Limpa: No rigor da escrita este tipo de energia não existe, pois todas as formas de energia ao serem utilizadas pelo ser humano alteram de alguma forma a natureza, o ecossistema. O parâmetro a considerar para a classificação é “agredir menos a natureza”, ou seja, utiliza-se aqui apenas a dimensão ecológica.

- Energia Sustentável: Esse conceito é a base dessa tese. A sustentabilidade da fonte envolve mais ainda do que a renovabilidade do combustível e da dimensão ecológica. Tem a ver também com as outras dimensões (econômica, social e institucional). Nesse caso, por vezes, a fonte é limpa (como a eólica), mas o meio territorial a qual sua produção está inserida não permite o escoamento da produção, logo seria limpa, mas não sustentável. Em outro caso, por exemplo, a energia nuclear produz lixo atômico, não é limpa, mas pode se tornar sustentável se o país propuser condições de manejo do lixo, ou seja, seria uma fonte que produz rejeitos, porém sustentável.

Como se pode observar, o conceito de energia sustentável é mais amplo e o modelo proposto nessa tese serve exatamente como ferramenta de categorização da fonte energética nesse campo.

Uma vez apresentados os conceitos que serão utilizados, a primeira etapa para construção do modelo é a definição das dimensões que devem ser alinhadas com o sistema de indicadores de sustentabilidade. O problema é que não existe uma uniformidade de sistemas, pelo contrário, existem vários sistemas de indicadores conforme apresentado no referencial teórico, cada qual aplicado a um estilo, setor ou grupo social ou econômico.

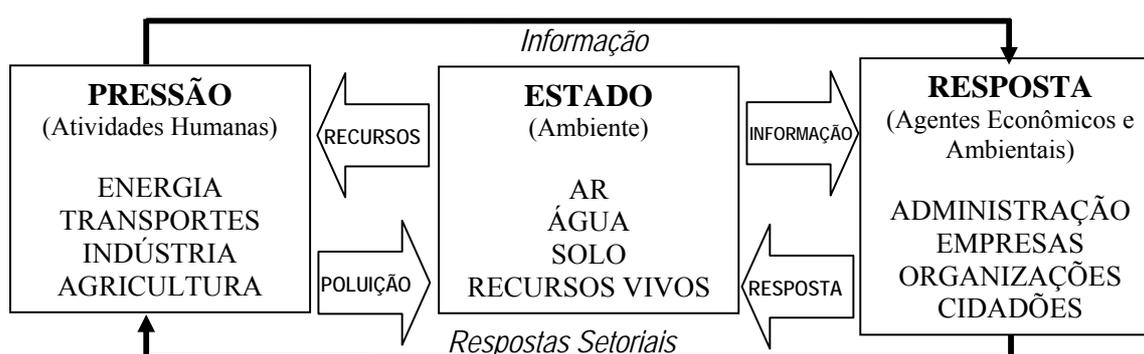
4.2 Definição do Sistema de Indicadores da Sustentabilidade e seu Teste

O sistema de indicadores escolhido para gerar as dimensões e, na seqüência, as variáveis deve (a) ser um sistema que envolva a variável “energia” e (b) não atrelar o componente territorial na análise no primeiro momento (pois a verificação inicial é se a fonte é considerada limpa, independente de onde a fonte está gerando energia).

A figura 3 (1) na página 7 mostrou a abrangência de alguns sistemas de indicadores de sustentabilidade. Segundo ela, os três sistemas que trabalham as dimensões econômica, social e ambiental seriam o DS -*Dashboard of Sustainability*, o PSR – *Pressure-State-Response* e o DSR - *Driving-Force/State/Response*.

O DS não se enquadra para esse MA, pois sua concepção original não utiliza o indicador “energia”, além do fato de ser utilizado para medir o índice de sustentabilidade para espaços geográficos, restando as alternativas de uso do PSR e/ou DSR. O quadro conceitual Pressão – Estado – Resposta foi criado pela OECD em 1983. É um dos sistemas de indicadores de sustentabilidade mais conhecidos usados na classificação de indicadores de sustentabilidade, usando um conceito agregado de visão de causalidade (GONÇALVES et. al. 2004. P.38).

Esse tipo de classificação de indicadores é interessante, pois estabelece explicitamente relações de causas e efeitos. Além disso, captura os efeitos das ações humanas, dos processos naturais e sociais e os relaciona com as respostas consolidadas em alguma política de gestão, e trabalha a variável “energia”, conforme figura a seguir.



Fonte: Traduzido da OECD (2010, p.21)

Figura 16 (4): Sistema PSR

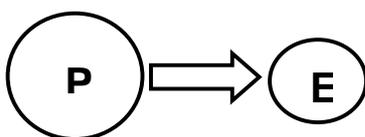
Malheiros et. al. (2004) referendando também a mesma fonte explica que:

- A Pressão – (Environmental stress). É caracterizada pelas pressões das atividades humanas sobre o meio ambiente e a qualidade e a quantidade dos recursos naturais.
- O Estado (Status/State). Reflete a qualidade do meio ambiente em determinado momento, objetivo primeiro dos indicadores, ou seja, relaciona a qualidade do ambiente e a qualidade e a quantidade de recursos naturais.
- A Resposta (societal response/ response) Mostra a reação da sociedade às alterações e às preocupações ambientais, incluindo-se a adesão a programas e implementação de medidas pelos diversos atores sociais. São medidas que mostram em que extensão a sociedade está respondendo a mudanças e preocupações ambientais

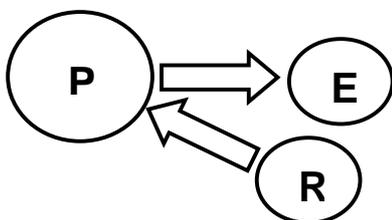
O PSR pressupõe que atividades humanas exercem pressões sobre o ambiente, alterando a qualidade e a quantidade de recursos naturais. A sociedade responde a essas mudanças por meio de políticas ambientais, econômicas e setoriais. As respostas formam uma alça de retroalimentação (*feedback loop*) para a pressão. Em sentido amplo esses passos formam parte de um ciclo de políticas ambientais que incluem percepção, formulação, monitoramento e avaliação (GONÇALVES et al. 2004)

Embora o quadro PSR tenha a vantagem de destacar essas relações, a desvantagem desse sistema é que ele sugere que as interações entre atividades humanas e o meio ambiente sejam lineares, e a realidade é bem diferente. Apesar dessa visão simplificada, a utilização do PSR não pode obstruir o entendimento de que as relações são, na verdade, complexas nos ecossistemas e existem diversas interações circulares entre economia e ambiente, economia e sociedade, sociedade e ambiente. Assim é preciso compreender que:

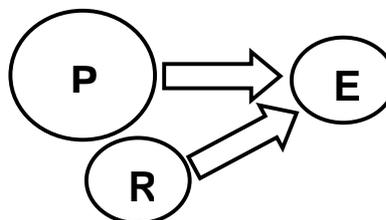
- 1) A relação entre Pressão e Estado é clara; alguma pressão é exercida sobre o sistema e causa alteração no estado em que ele se encontra. Portanto, o fluxo de causalidade nessa forma de representação se dá sempre na direção pressão a estado, nunca na direção contrária.



- 2) Entretanto, o que nem sempre fica claro é a relação entre P, E e a Resposta (R). Dois casos são possíveis:

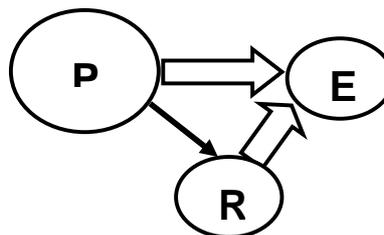
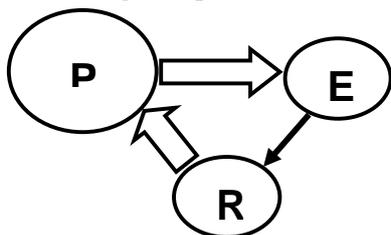


A resposta se volta contra a pressão, tentando reduzi-la. Um exemplo seria a aplicação de uma multa para uma indústria que jogasse resíduos num rio



A resposta representa uma ação que tenta alterar o Estado. Por exemplo, quando se edita um programa para o tratamento de um rio poluído. Nesse caso, a resposta é uma nova pressão

- 3) Nesse caso, não é difícil visualizar que as respostas constituem mecanismos de retroalimentação que a sociedade constrói para reduzir os danos e/ou aumentar os efeitos benéficos de alguma pressão.



Desse modo, percebe-se que o sistema PSR baseado no sistema causa-efeito aparentemente de fácil compreensão, não é tão simples assim para ser usado na prática. Ao pesquisador, em diversas ocasiões por ocasião do preenchimento da tabela, será facultada a

possibilidade de alocar certo evento como pressão ou resposta, por que na prática uma resposta, automaticamente se torna uma pressão para outra consequência (Estado).

Cria-se o dilema do conceito de causalidade, onde diversos autores apresentam diferentes definições e outros argumentam até mesmo que este conceito pode não existir. Ainda assim, a palavra causalidade tem sido usada em documentos da ONU para, entre outras coisas, definir e justificar o uso da abordagem Pressão – Estado – Resposta. Para a ONU, a causalidade pode ser definida como: Se A causa B significa que, se quisermos que B aconteça, devemos fazer com que A aconteça; e se vemos B acontecendo, A deve ser a razão disso.

Como se não bastasse a complexidade inerente do sistema de funcionamento do PSR que trabalha com três dimensões (dimensões social, ambiental e econômica), a OECD (2010) colocou por ocasião da 3ª sessão da *Commission on Sustainable Development - CSD* (abr/95), uma expansão, onde o sistema deveria trabalhar não mais com 3 dimensões, mas com 4, incluindo a dimensão institucional, seguindo a mesma direção da Agenda 21 (fruto da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), onde se admite oficialmente que as organizações influem nas decisões, num âmbito além das fronteiras das próprias instituições.

Foi dessa forma que o sistema PSR foi ampliado para o sistema DSR (*Driving-Force/State/Response*) onde a tradução usual para língua portuguesa para *Driving Force* seria “Força Motriz”. A única diferenciação de funcionamento entre o PSR e DSR é a incorporação da categoria “Institucional”. Assim, nessa nova roupagem do PSR, o DSR trabalha com as categorias social, ambiental, econômico e institucional e os indicadores seriam do tipo:

- **Força Motriz** – Os elementos representam atividades humanas, processos e padrões que causam impactos na sustentabilidade do sistema.

- **Estado** - descrevem a forma em que a atividade se encontra devido a ação da força motriz. Reflete a atual (in)sustentabilidade do sistema
- **Resposta** - indicam opções políticas e outras respostas a mudanças no estado de sustentabilidade do sistema

Segundo o Gonçalves et al. (2004) a substituição da palavra “Pressão” pela expressão “Força Motriz” vai além da questão lingüística, pois permite a inclusão de elementos organizacionais a nível País/Estado/Município na tabela de análise.

Para avaliar a adequação e a validade da lista de indicadores e metodologias relacionadas, 22 países de todas as regiões do mundo (inclusive o Brasil), apresentaram-se como voluntários para testar os indicadores por um período de três anos (1996-99). Em dez99, durante o *International Workshop on Indicators of Sustainable Development* realizado em Barbados, representantes desses países se reuniram para trocar experiências... (Consolidando o DSR) em março 2000, (quando) um grupo de especialistas se reuniu em New York para finalizar os temas e subtemas e a lista de indicadores. (GONÇALVES et al. 2004. p.42)

Os indicadores de DSR para energia envolvem desde a caracterização da matriz energética, com informações sobre o uso de fontes renováveis de energia, reservas comprovadas, as principais pressões ambientais geradas pelo uso da energia (consumo anual de energia, consumo relacionado a transportes e à agricultura, emissões de gases poluentes, queima de combustíveis fósseis, geração de resíduos perigosos), até respostas como, por exemplo, os gastos com o tratamento de resíduos e a redução da poluição atmosférica. Confere ainda grande importância para temas relativos à energia e inclui indicadores sobre a eficiência energética e diferentes aspectos da emissão de carbono. As emissões e as concentrações de poluentes diversos

são tratadas com maiores detalhes, ressaltando a preocupação com os efeitos sobre a saúde humana.

Segundo OECD (2010), são alguns indicadores DSR relativo à energia:

Força Motriz	Estado	Resposta
1. Consumo per capita de combustíveis fósseis por transporte em veículos a motor	1. Reservas comprovadas de combustíveis fósseis	1. Gastos com a redução de poluição atmosférica
2. Consumo anual de energia	2. Duração das reservas comprovadas de combustíveis fósseis	2. Gastos com o tratamento de resíduos perigosos
3. Uso de energia na agricultura	3. Fração de consumo de energia de recursos renováveis	
4. Emissões de gases estufa	4. Concentração de poluentes em áreas urbanas	
5. Emissões de óxidos de enxofre	5. Área de terra contaminada por resíduos perigosos	
6. Emissões de óxidos de nitrogênio		
7. Consumo de substâncias destruidoras de ozônio		
8. Geração de resíduos perigosos		
9. Importação e exportação de resíduos perigosos		
10. Geração de resíduos radioativos		

Fonte: OECD (2010) – Tradução: autor

Quadro 11 (4): Indicadores do DSR de energia.

Diante dessas informações, o sistema DSR é a ferramenta escolhida para subsidiar a escolha das variáveis por que ela possibilita cobrir as categorias risco ambiental, risco econômico, risco social e mais o risco institucional.

Como já comentado no Capítulo 2, para garantir que as tabelas DSR fossem construídas sem vícios, foram realizados dois testes estatísticos: Análise Variância e Análise de Correspondência considerando os experimentos em blocos causalizados.

O MA trabalha com seis fontes energéticas dispostas em colunas e a análise acontece segundo quatro dimensões dispostas nas linhas, a saber:

	Fonte 1	Fonte 2	Fonte 3	Fonte 4	Fonte 5	Fonte 6
Dimensão Social						↓
Dimensão Ambiental	→					
Dimensão Econômica						↓
Dimensão Institucional						↓

Então, é preciso que cada coluna (fonte) tenha o mesmo tratamento entre si, ou seja, o pesquisador não deveria colocar mais peso em uma fonte que outra (ainda que involuntariamente), todas as colunas (fontes) para efeito de comparação devem ser de tamanhos iguais para que haja uma comparação justa.

De igual maneira são os blocos (dimensões), que servem como parâmetro de comparação, portanto se houvesse uma tendência de escolha (ainda que involuntária) pelo pesquisador por determinada dimensão, a análise teria viés.

A Análise de Variância (teste F) em blocos casualizados garante que caso o F calculado de tratamento (coluna-fonte) seja maior que o F crítico de tratamento (coluna-fonte) conseguido na tabela F com $c-1$ graus de liberdade, (no caso 5 graus de liberdade), não haverá peso a mais atribuído pelo pesquisador em determinada coluna.

De igual maneira, a Análise de Variância (teste F) em blocos casualizados garante que caso o F calculado de blocos (dimensões) seja maior que o F crítico de blocos conseguido na tabela F com $r-1$ graus de liberdade, (no caso 3 graus de liberdade), não há viés colocado pelo pesquisador na linha.

Dessa forma esse teste (Análise de Variância) verifica se há viés na tabela DSR colocada pelo pesquisador, mas não garante que há ou não acoplamento entre colunas, entre linhas e entre linha e coluna, ou seja, não consegue verificar se uma fonte influi em outra fonte, ou uma dimensão influi em outra dimensão, ou se uma fonte influi ou é influenciada por alguma dimensão. O teste de correspondência testa essa independência entre linhas e colunas.

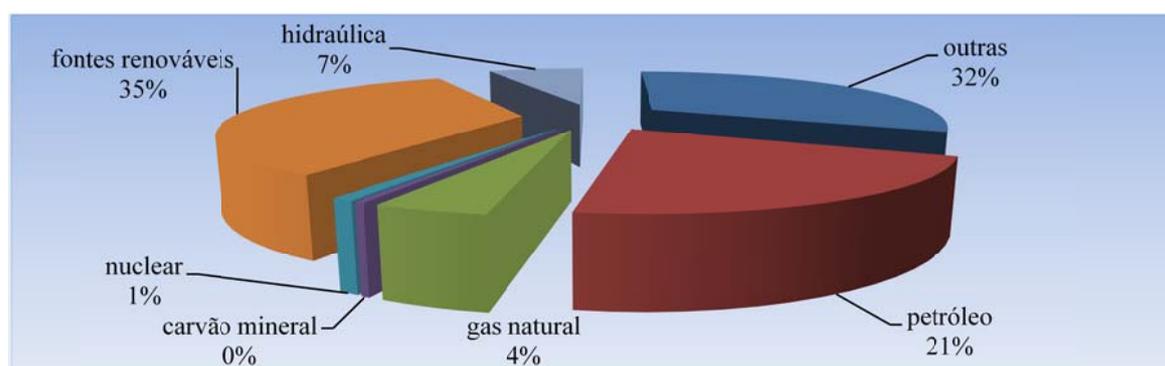
O teste é uma análise multivariada de parâmetros onde se gera matrizes linhas e matrizes colunas de percentis, onde quanto menores forem esses valores (abaixo de 0,7) há uma forte indicação que não há dependência entre linhas ou colunas, verificado cada elemento A_{ij} . Além de indicar a independência ou não das linhas e colunas (fontes e dimensões), o teste ajusta e plota as linhas e colunas (no caso do plano R6 para fontes e R4 para dimensões) de acordo com as distâncias Euclidianas no plano R2, dando uma visão ao pesquisador sobre quais linhas e colunas estão mais próximas das outras.

4.3 Escolha das Fontes Energéticas

Apesar do MA não limitar a quantidade de fontes a serem testadas, por nenhum critério, de método, de análise, da complexidade, da dificuldade ou qualquer outro vetor, houve um critério de escolha para essa tese. É importante ressaltar que o MA aceita quantas e quaisquer fontes que se deseje trabalhar, a questão dessa tese é apenas a limitação do tempo.

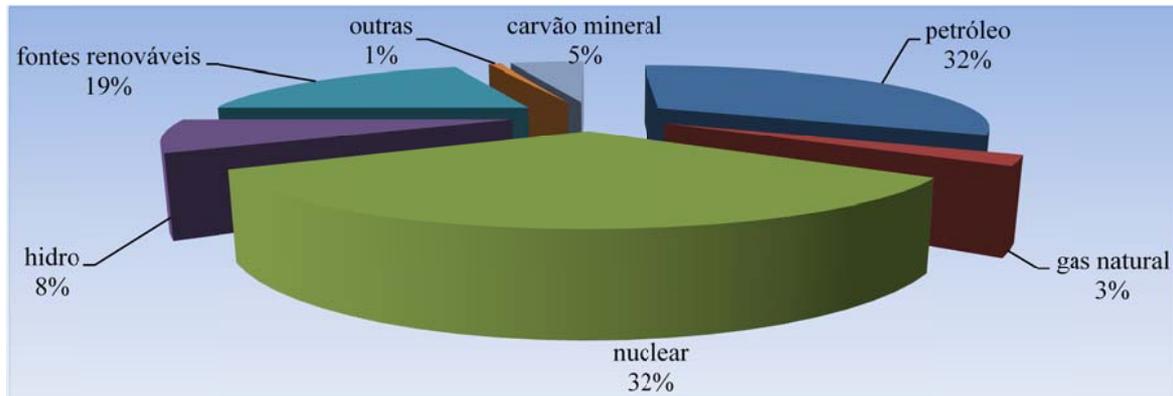
Dessa forma, as escolhas das fontes energéticas para compor o modelo de análise dessa tese foram à ordem de importância de uso das matrizes energéticas e elétricas do Brasil e da Suécia (média do uso). Essa escolha se deu por se tratar dos países teste do modelo, assim as fontes tiveram maior representatividade.

Outro critério poderia ser utilizado, por exemplo, se o parâmetro fosse exclusivamente a matriz energética mundial o carvão mineral apareceria como uma das principais fontes de energia, mas o critério foi média das matrizes energéticas e elétricas do Brasil e da Suécia. Dessa forma, as figuras a seguir mostram um panorama do Brasil e Suécia.



Fonte: BEN (2010)

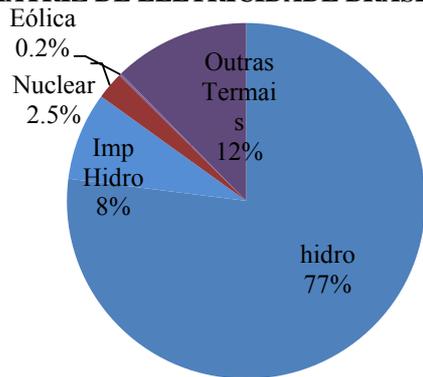
Figura 17 (4): Matriz energética brasileira



Fonte: Parikka (2010)

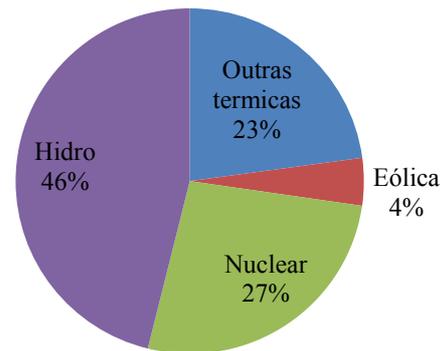
Figura 18 (4): Matriz energética sueca

MATRIZ DE ELETRICIDADE BRASILEIRA



Fonte: BEN(2010)

MATRIZ DE ELETRICIDADE SUECA



Fonte: Nordic Energy Regulatory (2010)

Figura 19 (4): Matriz elétrica brasileira

Figura 20 (4): Matriz elétrica sueca

Dessas quatro matrizes extraímos os percentuais de uso de cada fonte de energia, e preenchemos a tabela a seguir para fins de comparação:

Fonte	Energética Brasileira	Elétrica Brasileira	Energética Sueca	Elétrica Sueca	Média
Hidráulica	7	85	8	46	36.5
Nuclear	1	2,5	32	27	20
Fontes renováveis (eólica, solar, biocom)	35	0.2	19	4	14.55
Termo (Petróleo)	21	12	32	23	18.8
Termo (Carvão)	0.5		5		2.1
Termo (Gás Natural)	4		3		2.4
Outras	32		1		10.1

Fonte: A partir de BEN (2010), Parikka (2010), Nordic Energy Regulatory (2010)

Tabela 1 (4): Comparação das Matrizes energéticas e elétrica Brasil e Suécia

Desse modo, usando o critério de escolha das fontes energéticas (média do uso), encontrado nas matrizes energéticas e elétrica, foram selecionadas: Hidráulica, Nuclear, Termelétrica alimentadas por fontes renováveis e termelétrica alimentada pelos derivados de petróleo.

Varun et al (2009) classificam os sistemas de produção de eletricidade em três principais categorias:

- Combustíveis fósseis (madeira, gás, carvão mineral e petróleo) que terá como representante o PETRÓLEO:
- Energia NUCLEAR: que devido a uma série de razões não é acessível a grande parte dos países do mundo e encontrou a sua aplicação somente dentro países desenvolvidos, porém existem reservas combustíveis mundiais para mais de 500 anos de uso. (Varun et al, 2009).
- Energias renováveis (HIDRELÉTRICA, EÓLICA, solar): Abundantes na natureza e são facilmente acessíveis para a humanidade. São as fontes que vislumbram maior

crescimento do uso. Assim, imagina-se que este tipo de energia pode atender até 50% do total de demanda de energia até meados deste século (AKELLA et al, 2009)

Nesse caso, o termo “energias renováveis” seria desmembrado em energia eólica e solar (já que a hidráulica já está contemplada). Entretanto quando se observa as matrizes de eletricidade do Brasil e da Suécia, a energia solar tem percentual insignificante (menos de 0.1%), e, usando este critério, decidiu-se por desprezar a sua análise.

Outro aspecto que deve ser observado é a questão dos biocombustíveis que está em grande evidência em todo mundo. O BEN (2010) em nível Brasil, trata dos biocombustíveis (sobretudo o BIODIESEL e o ETANOL) de forma especial. Descreve que no ano de 2009 verificou-se aumento de 37,8% na produção do biodiesel e sobre o etanol, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção de cana-de-açúcar alcançou 622,6 milhões de toneladas, sendo 12,6% superior ao registrado no ano anterior.

Sendo considerada uma fonte energética e elétrica limpa em pleno crescimento (limpa considerando que quando há a queima do biocombustível, a quantidade de CO₂ emitido já o foi resgatado no crescimento da planta), conclui-se que os biocombustíveis não podem ser negligenciados, e estão no MA.

Feitas todas essas considerações e buscando representantes significantivos de todas as categorias elencadas por BEN (2010), Parikka (2010) e Varun et al. (2009), o modelo proposto nessa tese analisará o petróleo, biodiesel e etanol, a energia nuclear, a hidreletricidade e a eólica; portanto seis combustíveis serão analisados o MA.

	TERMONUCLEAR	HIDRELÉTRICA	EÓLICA	TERMELÉTRICAS		
Combústível	Material radioativo tipo Urânio	Água	Vento	Petróleo e seus derivados	Etanol	Biodiesel

Quadro 12 (4): Fontes escolhidas para MA.

4.4 Construção da Ferramenta do MA

A idéia inicial foi usar apenas a teoria dos fractais, envolvendo as dimensões economia, ecologia e equidade para análise das fontes de energia quanto à sustentabilidade. Dessa forma, a ferramenta seria:



Figura 21 (4): Ferramenta preliminar do MA

Entretanto, nessa primeira modelagem foi necessário introduzir o conceito de “sobras”, “perdas” ou “subproduto” na análise da sustentabilidade, pois quanto maior fosse o expurgo, menos sustentável seria o sistema. Assim, de maneira adaptada ao que Goldemberg e Lucon (2008, p.46) fizeram, de maneira metafórica foram introduzidos no modelo os princípios básicos das leis básicas da termodinâmica, sobretudo a segunda lei, para justificar os expurgos.

Observe-se que a energia elétrica pode ser produzida através dos ventos, água, sol, das marés, da fissão ou fusão nuclear, do lixo, do bagaço da cana e ainda da combustão química de

diversos produtos, mas existe um limite ao uso, os problemas relativos a possibilidade de escassez da própria fonte energética e a busca da geração limpa, embora seja impossível se obter uma geração limpa de forma incondicional.

Assim, são premissas do MA:

Premissa 1 – Baseada no princípio da 1ª lei da termodinâmica: “*A energia sempre se conserva, não podendo ser criada ou destruída*” (Goldemberg e Lucon, 2008). Dessa forma, pode-se afirmar que não há geração de energia, mas troca de formas de energia. O ser humano conseguiu desenvolver tecnologias para transformar uma energia estocada, latente na natureza em energia elétrica, e daí em calor (fornos industriais) ou em movimento (carros) ou luminosidade (iluminação pública), e outras.

Premissa 2 – Baseada no princípio da 2ª lei da termodinâmica “*Existe um limite da transformação de calor em trabalho*” (Goldemberg; Lucon, 2008). Assim, não há a possibilidade de 100% de aproveitamento da energia latente da natureza, de modo que sempre há perdas, que geram vários tipos de sobras.

Considerando as duas premissas, pode-se simplificar e explicar o modelo baseado na sustentabilidade dentro da seguinte estrutura:

Energia = Consumo + Perdas porém, se perdas tendem para zero

Energia = Consumo = *Energia Sustentável*

Em suma, a Energia Sustentável é a busca da minimização das perdas, seja na quantidade do resíduo, no impacto ao meio ambiente, no representativo financeiro ou no impacto para a sociedade.

O conceito introduzido de “perdas” não necessariamente segue o padrão do senso comum de lixo, como um expurgo orgânico de hospitais ou restos de uma construção civil, que também o são, mas o escopo é ser um parâmetro mais amplo, incluindo subprodutos tangíveis e intangíveis. Esse conceito de perdas também é relativo à vantagem ou desvantagem. Por exemplo, a energia nuclear não emite CO₂ enquanto que o petróleo quando queimado emite; logo, neste aspecto, o petróleo possui uma “sobra” que a energia nuclear não tem. Assim, essa sobra ou perda será o parâmetro para se verificar a sustentabilidade do sistema.

- A perdas tipo 1 são aquelas geradas na primeira fase de coleta da matéria prima para geração da energia, aquelas que ainda estão em forma bruta na natureza. Por exemplo, ao se represar água para a geração hidrelétrica, existem perdas ambientais com valor intangível, pois vários ecossistemas são inundados, fauna e flora são afetadas.
- A perdas tipo 2 são aquelas relativas ao processo de geração da energia elétrica, como as perdas por efeito joule, efeito corona, rendimento e outras atreladas ao processo de geração, transmissão e distribuição da energia.
- A perdas tipo 3 estão intrinsecamente ligados ao consumo da energia, como num caso simples do indivíduo escolher tomar um refrigerante que garrafa pet “descartável” ou de vidro retornável. O custo ambiental da garrafa pet seria uma perda na fase3, por outro lado se o consumo fosse um refrigerante cujo invólucro seja vidro, não haveria perda ambiental, mas uma perda econômica pelo custo do recolhimento e da lavagem da garrafa de vidro.

Inicialmente, foram levantados dados preliminares sobre a gestão do setor elétrico brasileiro e a ferramenta de análise desenvolvida foi testada. Foi percebido que alguns eventos que ocorriam no setor não podiam ser explicados pela teoria dos fractais. Por exemplo, enquanto

o modelo para o setor elétrico previa e prevê competição, o governo brasileiro (Jan/1995 a Dez/2003) resolveu promulgar a regionalização da energia e dessa forma extinguiu a possibilidade de competição.

Percebeu-se que o modelo teórico deveria incorporar os aspectos institucionais, isto é, outra teoria deveria ser usada para complementar o modelo teórico neste sentido. As categorias deveriam ser ampliadas, envolvendo uma análise institucional presente no sistema DSR, então a Teoria da Agência veio a preencher essa lacuna da ferramenta.

De fato, na prática a análise da sustentabilidade não envolve apenas parâmetros ambientais, sociais e econômicos. Existem casos que envolvem decisões institucionais, então surgem conflitos de interesses, informações assimétricas e outros parâmetros que a Teoria da Agência vem a suprir no modelo desenvolvido. Desse modo, o modelo torna-se:

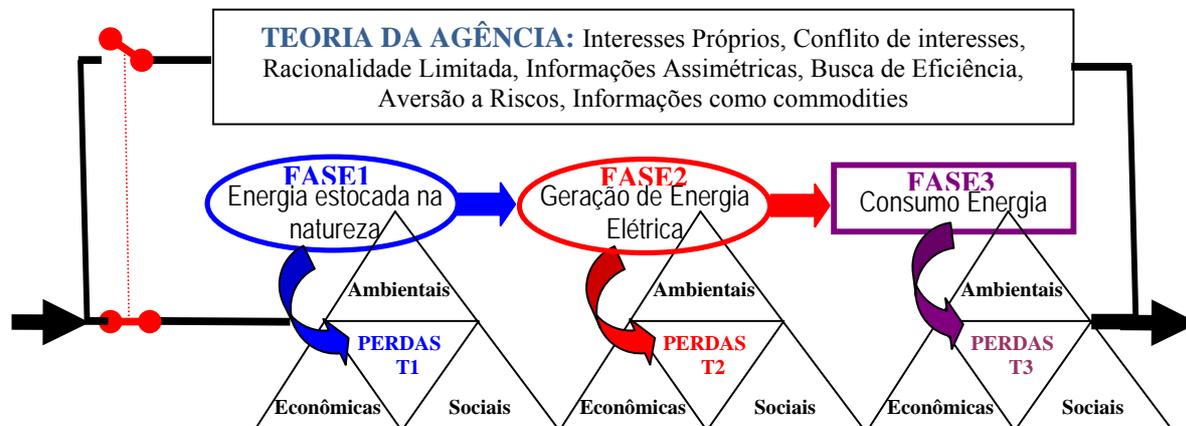


Figura 22 (4): Ferramenta do MA

O que esse modelo apresenta de diferente de outras definições existentes como “produção limpa”, “produção mais limpa”? Essas teorias consideram apenas parâmetros ambientais, no máximo a eficiência. O diferencial da ferramenta proposta é considerar a combinação da tríple análise com o uso dos fractais e a incorporação da Teoria da Agência.

4.5 Escolha das Variáveis de Análise

As variáveis de análise surgiram da extração das tabelas DSR das fontes de energia do capítulo 5 apresentado na seqüência. Com a análise dos elementos (DSR) foi possível elaborar que auxiliaram na definição das variáveis, parte do modelo proposto por essa tese:

- 1) Existe emissão de CO₂?
- 2) Há possibilidade de catástrofe?
- 3) Provoca inundações?
- 4) Caso positivo, há deslocamento por causa de inundações?
- 5) Caso positivo, há o custo de deslocamento da população?
- 6) Provoca mudança climática?
- 7) Há a perda da cidadania?
- 8) Há a diminuição da atividade econômica local (tipo pesca)?
- 9) Há diminuição de florestas?
- 10) Há extinção de alguma espécie animal ou vegetal?
- 11) Há geração de Lixo/Expurgos?
- 12) Como ficam os reparos do meio-ambiente?
- 13) Há o aumento de doenças por causa do uso da fonte (tipo Malária)?
- 14) Há o aumento de gastos públicos decorrente do uso da fonte?
- 15) Existe quantidade de matéria prima suficiente?
- 16) Como é o custo de produção?
- 17) Há escala de produção?
- 18) Há fornecedores de equipamentos?
- 19) Em quanto tempo há o retorno de capital?
- 20) Como é a formação de preço de venda da energia?
- 21) Há a ação de *stakeholders* em benefício próprio ou a mando de alguém?
- 22) Há conflito de poder entre Agência e Empresas?
- 23) Como são as políticas e governabilidade?

24) Qual fonte apresenta melhor eficiência na transformação e consumo da energia?

25) Como é o acesso às informações?

Esses questionamentos foram transformados em variáveis, conforme dimensões e quadro a seguir.

Dimensão (DSR)	Fractal	Variáveis
Ambiental	Ambiental-Ambiental	1) Emissão de CO ₂ 2) Inundações 3) Diminuição de Florestas 4) Gasto de água para irrigação 5) Geração de Lixo/Expurgos 6) Fim de espécies (fauna e flora) 7) Mudança climática
	Ambiental-Social	8) Deslocamento da população por causa de inundações
	Ambiental-Econômica	9) Aumento de gastos públicos decorrente do uso da fonte 10) Existência de matéria prima
Social	Social-Social	11) Perda da cidadania
	Social-Ambiental	12) Aumento de doenças (tipo Malária)
	Social-Econômica	13) Diminuição da atividade econômica local (tipo pesca)
Econômica	Econômica-Econômica	14) Custo de produção 15) Escala de Produção 16) Retorno de Capital 17) Fornecedores
	Econômica-Social	18) Custo de deslocamento da população 19) Formação de preço de venda da energia
	Econômica-Ambiental	20) Custo de reparos do meio-ambiente
Institucional	Interesses próprio	21) Ação de <i>stakeholders</i> em benefício próprio ou de alguém
	Objetivos Conflitantes	22) Conflito de poder entre Agência e Empresas
	Racionalidade Limitada	23) Possibilidade de catástrofe
	Assimetria de Informações	24) Política e governabilidade
	Eficiência	25) Eficiência da transformação energética
	Aversão aos riscos	26) Escolha deliberada
	Informação como commodities	27) Acesso às informações

McDonough e Braungart(2002)

Teoria da Agência

Quadro 13 (4): Dimensões X Variáveis.

Uma vez definidas que essas variáveis para fazer parte do modelo proposto, o passo seguinte foi a construção da dinâmica para a implementação da ferramenta de análise.

4.6 Funcionamento do MA da Sustentabilidade

O primeiro passo do modelo é a determinação de quais fontes são mais limpas. Para isso, deve-se analisar as variáveis do quadro anterior, ligadas apenas aos fractais, como mostra a figura a seguir.

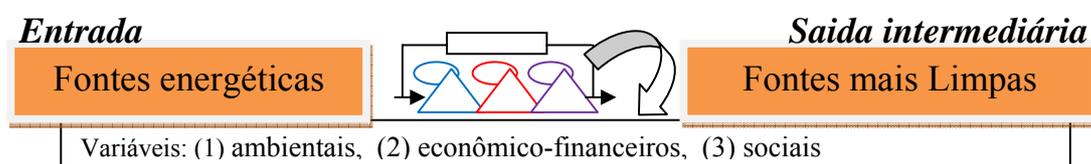


Figura 23 (4): Movimentação 1 do MA

Uma vez seleccionadas as fontes mais limpas de produção de energia, então o passo seguinte é submetê-las novamente a ferramenta, sendo que incluindo as outras variáveis ligadas à Teoria da Agência, como mostrado a figura a seguir.

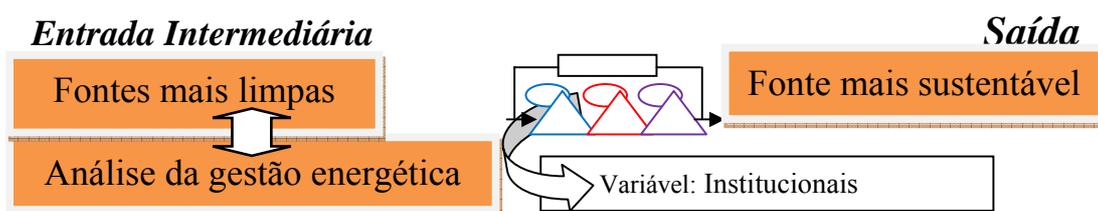


Figura 24 (4): Movimentação 2 do MA

Na verdade, é mostrada essa diferenciação por uma questão de melhor compreensão, mas o MA faz as duas movimentações em seqüência. Para o pesquisador obter apenas a visualização

das energias mais limpas, deve retirar dos testes estatísticos a variável institucional. Dessa forma o modelo completo, com giro em todos os fractais e o uso da teoria da agência apontando a ou as fontes sustentáveis será:

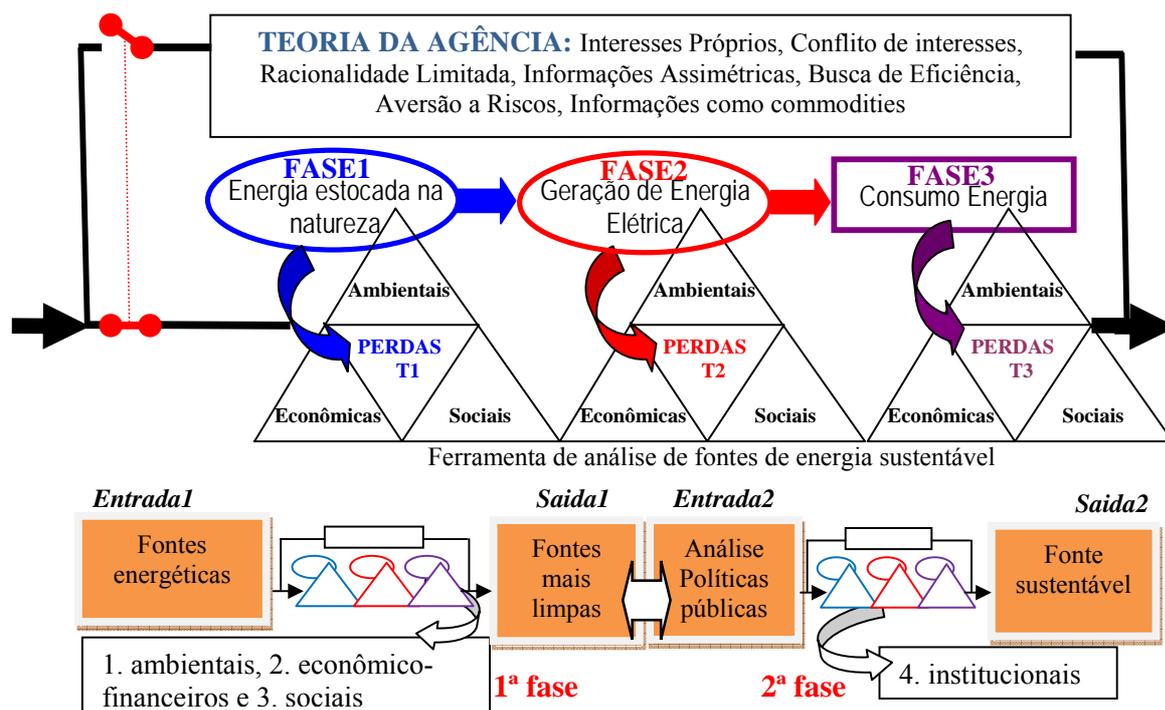


Figura 25 (4): Modelo de Análise

4.7 A Tabela Gerada pelo MA, seu Preenchimento e Testes

Após escolher as fontes energéticas e analisar todas as questões suscitadas a partir da análise das tabelas DSR, o modelo de análise assume as variáveis colocadas na tabela a seguir:

VARIÁVEIS	Nucl	Hidr	Petr	Eóli	Biod	Etan	Peso
Emissão de CO ₂							%
Inundações							%

Diminuição de Florestas								%
Gasto de água para irrigação								%
Geração de Lixo/Expurgos								%
Fim de espécies (fauna e flora)								%
Mudança climática								%
Deslocamento da população por causa de inundações								%
Aumento de gastos públicos decorrente do uso da fonte								%
Existência de matéria prima								%
Perda da cidadania								%
Aumento de doenças (tipo Malária)								%
Diminuição da atividade econômica local (tipo pesca)								%
Custo de produção								%
Escala de Produção								%
Retorno de Capital								%
Fornecedores								%
Custo de deslocamento da população								%
Formação de preço de venda da energia								%
Custo de reparos do meio-ambiente								%
Ação de <i>stakeholders</i> em benefício próprio ou de alguém								%
Conflito de poder entre Agência e Empresas								%
Possibilidade de catástrofe								%
Política e governabilidade								%
Eficiência da transformação energética								%
Escolha deliberada								%
Acesso as informações								%

Tabela 2 (4): Construção do Modelo – Escolha das variáveis

A tabela apresentada será preenchida com os binários “-1” (se a fonte naquela variável é sustentável) ou “1” (indicando insustentabilidade naquela variável). Assim, quanto maior o número de “1” existente, menos sustentável é a fonte de energia.

Nessa etapa, a análise trata de uma comparação simples da sustentabilidade e será feito o teste H (Kruskal-Wallis) que é um teste não paramétrico por se tratar de variáveis não categóricas do tipo existe ou não existe sustentabilidade.

Após esse preenchimento e análise estatística, o modelo fornecerá uma visão da sustentabilidade das fontes, levando em conta apenas o que já foi pesquisado, escrito e referendado em bibliografia. Nesse caso, nessa primeira análise, todas as variáveis são tratadas com mesmo peso.

4.8 A Incorporação de Pesos de Especialistas e Governantes ao MA

Na etapa anterior a análise estatística aponta a fonte mais sustentável considerando apenas parâmetros coletados em livros, anais de eventos, artigos nacionais ou internacionais, mas não leva em conta qual variável é a mais importante. Para suprir essa lacuna foram realizadas entrevistas na ANEEL, na Câmara dos Deputados e com funcionários de média gerencia da Itaipu Binacional, CHESF, Eletronorte, Energisa e Cooperativas de Eletrificação Rural, a saber:

A ANEEL foi escolhida por ser a agência reguladora de energia no Brasil. O critério de pré-estabelecido para seleção dos entrevistados foi abranger 100% da diretoria e seus assessores diretos (que na estrutura da Agência, são os que primeiro emitem formalmente a opinião ao diretor). Essa meta foi quase alcançada, pois as entrevistas aconteceram com dois dos cinco diretores, mas com todos os assessores da diretoria. Então, foram escolhidos a mais dois superintendentes e o analista das políticas energéticas públicas, funcionários internos da Agência, detentores de poder decisório.

Foram entrevistados oito deputados federais escolhidos ao acaso e limitados pelo acesso. O pesquisador durante três dias (8 a 10 de fevereiro de 2010) das 9:00 as 20:00 horas transitou nos Anexos da Câmara dos Deputados, solicitando entrevista gabinete por gabinete (houveram pelo menos 100 solicitações).

Representantes da Itaipu e Eletronorte constam na pesquisa por acaso, pois o pesquisador na ocasião da entrevista na ANEEL em Brasília teve a oportunidade de acesso a funcionários da média gerencia dessas organizações.

A CHESF foi escolhida por que é a maior empresa geradora de energia no Nordeste (em número de funcionários e sedes administrativas) e representam bem esse segmento. A ENERGISA e Cooperativas de Eletrificação Rural representam a setor de distribuição de energia. Nessas empresas geradoras e distribuidoras de energia, o critério da definição da quantidade de entrevistados foi o acesso ao dirigente.

O entrevistado foi informado que os dados respondidos não seriam divulgados individualmente, mas coletivamente de forma sumarizada, que sempre o meio de divulgação de forma individual não apareceria, mas sempre em conjunto, com todos os entrevistados.

Nas entrevistas foi entregue o questionário com todas as variáveis escritas e solicitado que o entrevistado atribuisse peso (de 0 a 100) a cada uma delas, conforme o seu entendimento sobre a importância de cada uma. O entrevistador sempre se manteve presente durante o tempo da entrevista, se manifestando apenas quando solicitado, mas se limitando a explicar e tirar dúvidas sobre o significado da variável.

Por ocasião das cinco primeiras entrevistas na ANEEL, foi percebido que uma importante variável não fazia parte do questionário e imediatamente foi acrescentada: “Necessidade da energia”. O depoimento mais forte nesse sentido foi quando um dos entrevistados relatou:

“Hoje mesmo, há uma hora atrás, eu recebi o prefeito da cidade xxx do Estado do Amazonas dizendo que na cidade dele não havia energia. Nós agora (a ANEEL), vamos iluminar

aquela cidade, custe o que custar, depois resolvemos as outras questões” (se referindo às questões ambientais e econômicas). Para aquele dirigente, o que importava naquela hora era que havia brasileiros sem energia e, como dirigente da Agência Reguladora, isso não poderia acontecer. Diante dessa nova variável, o entrevistador volta aos que já haviam sido entrevistados e completa o questionário.

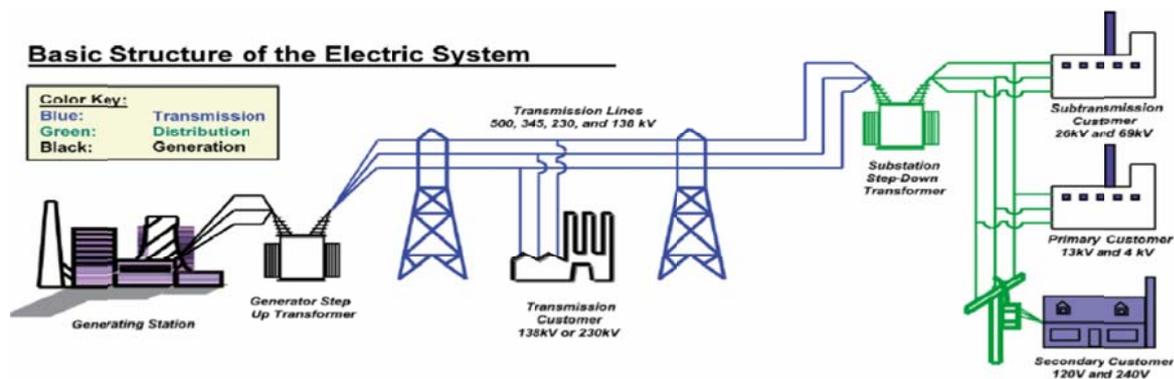
Os pesos dos especialistas são incorporados na tabela de sustentabilidade e mais uma vez é realizado o teste H (Kruskal-Wallis) para verificação se a questão da sustentabilidade é afetada ou não pela opinião dos dirigentes entrevistados.

5 Análise das Fontes Energéticas – tabelas DSR

O objetivo desse capítulo é descrever a primeira etapa de desenvolvimento do modelo de análise das fontes energéticas. Nessa etapa o modelo apontará quais são as fontes mais limpas quando comparadas entre si.

A energia constitui um dos principais insumos para o desenvolvimento econômico e social. Em linha com o aumento da população, urbanização, industrialização, difusão das tecnologias e o aumento da riqueza, o consumo de energia está aumentando (OZTURK, 2008). Segundo Goldemberg (2007), no princípio a energia para aquecimento e para as atividades domésticas era obtida a partir da lenha extraída das florestas. Ao longo do tempo, o consumo de energia cresceu tanto, que outras fontes se tornaram necessário, como o uso da água, petróleo e outras para a geração de energia elétrica.

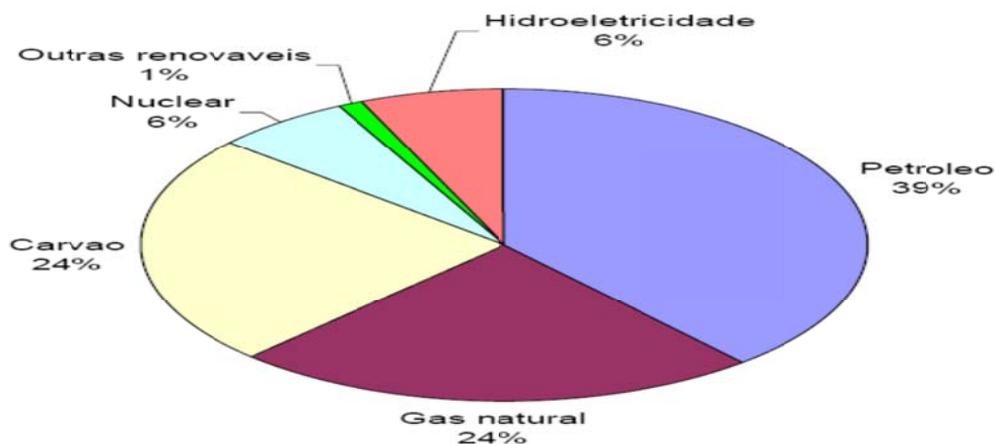
Os sistemas elétricos são tipicamente divididos em segmentos como: geração, transmissão, distribuição, utilização e comercialização. Os sistemas mais comuns de energia elétrica consistem em grandes usinas de geração que transmitem energia através de sistemas de transmissão de alta tensão, que é então distribuída para sistemas de distribuição de média e baixa tensão (LEÃO, 2009). A figura 29 (5) apresenta a estrutura básica de um sistema elétrico.



Fonte: Leão (2009)

Figura 26 (5): Estrutura básica de um sistema elétrico

A questão é que com o uso da lenha, petróleo e outros, as fontes poluem a natureza trazendo conseqüências para o ser humano. Embora grande parte dos os países afirme buscar a sustentabilidade, a matriz energética mundial apresentada a seguir (Figura 26) mostra que o mundo ainda é muito dependente do uso do petróleo, do carvão e do gás natural (87%), utilizando pouco as fontes de energia renováveis.



Fonte: Pinto (2008)

Figura 27 (5): Matriz energética mundial

A premissa de sustentabilidade tomada nessa tese foi a questão das sobras. Por exemplo, a emissão de CO₂ é uma sobra do processo de queima de derivados do petróleo, portanto no MA uma insustentabilidade para o planeta.

A questão do uso de energia limpa e/ou sustentável nessa tese trata de sobras, quanto mais sobras há no processo, mais insustentável o é. Como já foi colocada, a eletricidade pode ser produzida a partir de energia bruta fornecida por muitas formas. Segundo Vinterbäck (2009) a energia é vital para a segurança interna e externa de um país e as questões energéticas estão no cerne dos desafios da segurança social, ambiental e econômico.

Segundo o WEC - World Energy Council (2010) a energia sustentável é composta de três dimensões essenciais, sendo elas: segurança energética (garantia de suprimento de energia), equidade social e mitigações dos impactos ambientais. Enfatiza-se a partir de então, a importância de um desenvolvimento e distribuição da energia sustentável em âmbito social e econômico, como fator primordial ao desenvolvimento de uma nação.

A energia tem sido definida como uma força multiplicadora que aumenta a capacidade do homem para converter matérias-primas em produtos úteis e se tornou um requisito essencial de infra-estrutura da atividade econômica de um país. Ela presta serviços para a cozinha, aquecimento de água, iluminação, saúde, produção e armazenamento dos alimentos, educação, extração mineral, produção industrial e de transporte (MIRZA, 2007).

Portanto, o fornecimento de energia em condições seguras, oferecendo a melhor qualidade possível e baixos custos são objetivos fundamentais em qualquer política energética (Ministério de Economia apud MONTES, 2007).

Fato é que todas as dimensões propostas nessa tese influem na questão da sustentabilidade, seja na área econômica, ambiental social ou institucional (envolvendo decisões políticas) e isso não ocorre apenas no Brasil. Existe uma variedade de questões dentro do setor

energético, como mostrado no pequeno panorama sobre o que está acontecendo no mundo (Tabela 14 (5)).

GRÃ BRETANHA E ALEMANHA	Analisa a implantação do neoliberalismo e política ambiental no setor elétrico e constatam a necessidade de mecanismos de compensação econômica para as fontes limpas - os certificados	Toke e Lauber (2007)
ARGENTINA	Verifica necessidade de mecanismos e políticas para o uso de energias renováveis	Guzowski e Recalde (2008)
ÁSIA	Coloca necessidade de articulação de políticas, juntamente com o reforço da cooperação a nível nacional, regional e local, para produção de energia com preservação do ambiente	Zhang (2008)
AUSTRIA/ ESLOVÁQUIA	Discute se energia nuclear é renovável através da confrontação entre duas nações	Lofstedt (2008)
AUSTRÁLIA	Considera possível a opção nuclear	Schlapfer (2009)
	Coloca o ressurgimento da energia nuclear e tenta atrelar ao nacionalismo australiano	Hay(2008)
CANADÁ	Analisa o pouco uso de energia eólica; indica a necessidade de aumentar as hidrelétricas, combustíveis renováveis e o cuidado com os resíduos – trata da sustentabilidade	Liming et.al. (2008)
CHINA	Estuda a função densidade de preços da distribuição de energia	Zhou et. al.(2009a)
	Verifica uma tendencia do uso de pequenas centrais hidrelétricas	Zhou et. al.(2009b)
	Examina o potencial efetivo das políticas para o uso de energias renováveis	Cherni e Kentish (2007)
BÉLGICA	Analisa a bioenergia na possibilidade de alterar drasticamente a matriz agrícola	Kaditi (2008)
ESTADOS UNIDOS	Discute as principais dimensões da política energética: aplicações do hidrogênio, plug-in plug out nos carros elétricos e o uso da gasolina.	Collantes (2008)

ÍNDIA	O uso da energia eólica na Índia tem um futuro extremamente promissor.	Golait et.al.(2009)
	O uso combinado da energia eólica.	Usha Rao; Kishore (2009)
GRÉCIA	Afirma da necessidade do Chipre garantir abastecimento de energia e para isso e se necessita criar infra-estruturas para introdução do uso do gás natural.	Pilavachi et.al.(2008)
SUÉCIA	A emergência do mercado da eletricidade sueco: A necessidade da responsabilidade social.	Palm (2008)
	Examina a política energética e agrícola	Engström et.at.(2008)
TAIWAN	Uso dos biocombustíveis através do aumento dos subsídios e impacto na matriz agrícola.	Tsai (2008)
HOLANDA	Reestruturando o setor elétrico holandês em busca de sustentabilidade.	Kern e Smith (2008)
ESPANHA	Usando o controle de processo para avaliar a regulamentação ambiental	López-Gamero (2009)
LITUANIA	Analisa como o aumento da capacidade instalada dos parques eólicos afetam a transmissão de energia	Markevičius (2007)
	O uso da energia nuclear como meio de reduzir a emissão de CO2	Streimikiene (2008)
ITALIA	Estuda o papel das energias renováveis para o meio-ambiente.	Beccali et.al.(2007)
INDONÉSIA/ JAPÃO	Apresenta uma proposta de cooperação nuclear entre Japão e a Indonésia.	Subki(2008)
ÁFRICA DO SUL	Afirma que para o uso das energias renováveis se necessita de mecanismos de implementação	Sebitosi e Pillay (2008)
	O setor elétrico necessita reestruturação	Gaunt (2008)
IRLANDA	Analisa o uso de indicadores para prever o perfil do consumo de energia e da política energética.	Ogallachóir et. al. (2007)

Quadro 14 (5): Panorama da energia em vários países.

Apresenta-se a seguir, uma análise das principais formas de geração de energia quanto às dimensões Econômica, Ambiental, Social e Institucional utilizando a forma de tabelas DSR.

As fontes foram escolhidas no capítulo anterior e serão: Hidrelétrica, Nuclear, Petróleo, Eólica, Etanol e Biodiesel. O início do preenchimento das tabelas se dá pela fonte hidrelétrica por que esta tabela DSR já foi muito bem apresentada por Goldemberg e Lucon (2008), de modo que foi completada pelas outras referências. Fica claro que a contribuição desses autores nessa fonte foi fundamental, servindo assim de modelo para construção das outras demais tabelas.

As tabelas DSR permitem a visualização das dimensões Econômica, Ambiental, Social e Institucional dentro do panorama causa-efeito. Nessa etapa, se forma a base de dados para determinação da primeira etapa de movimento do MA e se busca mais de três autores para cada assunto, atendendo a triangulação dos dados das fontes.

5.1 Hidrelétrica

Os ambientes aquáticos são amplamente utilizados pelo homem com as mais diferentes finalidades, entre elas o abastecimento de água, geração de energia, irrigação, navegação, piscicultura ou mesmo paisagismo. (KATSURAGAWA, 2009). Em se tratando de geração, Pinto (2008) coloca que a energia hidrelétrica é responsável por 6% da oferta elétrica mundial e o Brasil possui um bom aproveitamento do seu potencial hidrelétrico (representa 7% da matriz energética e 85% da matriz elétrica – BEN, 2010). Estudos de Bakis (2006) revelam que mais de 40% da eletricidade usada em países desenvolvidos advêm das hidrelétricas, que também são responsáveis pelo fornecimento de 97% de toda eletricidade gerada por fontes renováveis. As outras fontes renováveis respondem por apenas 3%.

O setor de energia elétrica no Brasil é predominantemente hidráulico. “Mesmo tendo uma capacidade instalada de 101 GW, ainda há um potencial hidráulico inutilizado de 260GW, confirmando o peso dessa geração na matriz energética do País” (Lins; Ouchi, 2007). Ou seja, o país que tem ainda a possibilidade e potencialidade de investir em seu parque energético na direção da hidreletricidade, e por isso é uma nação privilegiada, pois dentre todas as formas de produção de energia, é economicamente a mais barata e a mais eficiente na transformação (tem potencial hidráulico x geração de energia elétrica em torno de 95%). A capacidade hidrelétrica instalada no Brasil é de 69.631MW de um total de 100.516 MW provenientes de: hidrelétricas, termoelétricas, nuclear, PCH, interligação com a Argentina, parcela de Itaipu da ANDE (comprada do Paraguai) no parque gerador Brasileiro em Dezembro de 2005 (PDEEE, 2006-2015).

O Brasil detém um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo sendo que, atualmente, sua matriz energética é composta predominantemente por esta fonte, ficando o restante distribuído entre as outras fontes de geração, quais sejam, eólica, solar e térmica (ANEEL, 2011). De fato, de acordo com Bermann (2007), a hidreletricidade é responsável por cerca de 80% da capacidade instalada de geração no país, e por 82,8% de toda a eletricidade consumida. O uso da água para geração de energia elétrica encontrou no território brasileiro um campo importante para o desenvolvimento e consolidação da engenharia nacional.

Já na Suécia 95% do potencial hidráulico já é explorado e os 5% restantes é referente a dois rios no norte do país que além de apresentar alguns problemas com o frio intenso no inverno sueco (apresentando congelamento da água), existe uma consciência e uma determinação ambiental naquele lugar para a não exploração, para não haver danos na natureza, e a inundação de áreas férteis.

A Tabela 3 (5) enumera a Força Motriz, Estado e Resposta relacionadas com as dimensões Econômica, Social, ambiental e institucional

Hidro	Força Motriz	Estado	Resposta
Econômico	Tem que ser construído um reservatório de água; Pressão por energia mais barata (1,2,17)	Alteração do sistema de emprego e renda local	Necessidade de reorganização do sistema de emprego e renda local (comercio e serviços). (1,4,5,7,9,12,13,21,23,25)
		Alteração na Indústria	Reorganização do parque industrial (3) (redirecionamento na captação dos insumos, tecnologia e empregabilidade)
		Crise de energia (1,28)	Anuncio de necessidade privatização do setor elétrico(28,30)
			Pressão de indústrias eletrointensivas (5,8,9,30)
		Criação de barragens multiuso.	Irrigação, pesca e lazer (1,2,4)
		Inundação de cidades	Custos do reservatório de água Perda de arrecadação Custos da construção de uma nova cidade Custos com a desapropriação das terras (5) Custos dos programas contra o aumento da malária - (4,6,17,15)
		Inundação de florestas	Perda de recurso extrativista (4,15,18)
		Inundação de terras férteis (1,2,4)	Perda de emprego e renda
	Inundação de jazidas	Perda de rendimento de extração	
	Tem que serem construídas linhas de transmissão	Criação faixa de servidão	Custos com a desapropriação das terras
		Dependência do grid	Custos com linhas e proteção (8,9,26,28,29)
	Tem que serem montados os geradores	Retorno de capital em mínimos 10 anos Menor custo de geração	Alta Eficiência na Transformação Perdas por efeito joule e corona Pesado investimento inicial Retorno de capital em mínimos 10 anos (12,15,17,19)
Ambiental	Tem que ser criado um reservatório para estoque de água (pressão por energia mais limpa 2)	Geração limpa (2)	Reduzida emissão de gases efeito estufa (2,5,9,13,14,25,27,29)
			Produção de gás hidrogênio para automóvel movido à célula combustível a partir do desperdício de água das barragens (2,5,9,13,14,25,27,29)
		Pode haver longo período de estiagem	Alteração do clima - Alteração do regime termal (2,9)
	Assoreamento da	Monitoramento do solo	

	bacia hidrográfica (4)	Monitoramento mata ciliar Regras para o uso de descarga dos municípios Mecanismos para conter elevação do lençol freático – (1,5,9,13,27,30)
	Inundação de jazidas minerais (1)	Aceleração ato exploratório Identificação de alternativas Plano para exploração de cavernas submersas
	Modificação do uso das águas	Adequação as regras de operação das usinas Alteração na vazão diária, sazonal e anual (9)
Impactos ambientais (1)	Necessidade de políticas públicas ambientais	Estudos de impactos ambientais (1,4,5,6,9,10,11,13,15,16,18,24,25,27,29)
Sismicidade	Indução de sismos	Monitoramento Sísmico Monitoramento da alteração da bacia
Ação humana na flora	Inundação de florestas (1)	Perda de biodiversidade Perda de patrimônio vegetal Implantação de viveiro de mudas Recomposição da mata natural na margem ciliar Aumento da pressão na vegetação remanescente Aceleração da exploração da madeira Exploração científica (4,10,15)
	Inundação de terras férteis (1)	Diminuição de área plantada Estimulo aos proprietários em manter o remanescente (4,9,15)
Ação humana na fauna	Alteração da fauna aquática	Perda de material genético Extinção de espécies de peixes por falta da piracema Implantação da estação de aquícultura Repovoamento aquático da bacia Resgate e readaptação da fauna Cuidado com os sítios de reprodução da fauna Determinação de áreas de proteção (9,10,11,16)
	Alteração da fauna terrestre	Resgate e readaptação da fauna (1,4) Migração provocada pela inundação Aumento da pressão humana sobre a fauna - Mudanças na vegetação ribeirinha (4) Determinação de áreas de proteção e criação de novas unidades de preservação Implantação de centros de reprodução e reintrodução no habitat modificado Fiscalização da caça predatória (4,10) Desmatar a área do reservatório antes da inundação (9)
Ação humana	Erosão das	Monitoramento da erosão

	nos solos	margens	Plantação de mata ciliar Contenção de taludes (4,9)
	Alteração na qualidade da água	Alteração na estrutura físico-química	Controle proliferação de algas Controle na sedimentação de agrotóxicos Monitoramento juntos as cidades da gestão dos resíduos (9,16,27)
		Criação de vetores propícias ao desenvolvimento de agentes entomológicos de doenças	Aumento de doenças tipo malária Necessidade de saneamento básico e serviços públicos de saúde (1,9,13)
	Construção linhas de transmissão	Alteração visual do campo	Alteração visual do campo
Social	As pessoas têm que se mudar das áreas atingidas	Inundação de cidades Alteração do sistema de emprego e renda local	Alteração da cidadania Reorganização das moradias, comércio, equipamentos, tecnologias, industriais Acompanhamento da mudança cultural (4,5,9)
		Inundação do campo rural	Reorganização do campo (agricultura e pecuária) Formação de cooperativas
		Deslocamentos populacionais	Reassentamento adequado (4,5) Desapropriação compulsória (7,8,9,12,28,30) Necessidade Indenizações (4,5,8,9,28) Ações violentas na desapropriação (9,28,30) Cuidado com áreas indígenas (1,13)
		Alteração do sistema de emprego e renda local	Alteração da cidadania (1)
		Saúde Pública	Monitoramento nas condições de saúde Monitoramento do comportamento das pessoas por faixa-etária (crianças, jovens, adultos e 3ª idade). Cuidado na disseminação de doenças. Monitoração da proliferação e ataque de animais peçonhentos. Monitoração da carreação de esgotos orgânicos para a bacia. Redimensionamento dos serviços básicos. Inserção da população nesses novos serviços. (1,9,13,27)
Institucional	Decisão política pela hidrelétrica	Estabelecimento de políticas públicas	Geração de emprego e renda local. Direcionamento em busca ao crescimento natural.

			Montagem de atendimento público (hospitais, creches, postos de saúde, policiamento, bombeiros, casa da cidadania, etc). Política de assentamento rural (educação, saúde, saneamento). (12,16,19,23)
		Inundação de terras	Necessidade de ações para reestabelecimento de emprego e renda. Negociação com a população afetada. Análise do fluxo migratório. Reorganização da política fundiária.
		Política habitacional	Redimensionamento da política habitacional Integração das pessoas em vilas. Dimensionamento educacional. Ativação de infraestrutura (telefonia, água potável, energia).
		Política étnica	Relocação de tribos indígenas. (1) Monitoramento da inserção do novo habitat (desequilíbrio da cultura, alimentação e saúde) Acompanhamento inter-étnico. Negociação com FUNAI e Congresso Nacional. Busca do reequilíbrio étnico-ecológico.
		Política do Patrimônio cultural	Pesquisa e salvamento dos sítios arqueológicos, histórico, artístico, paisagístico, paleontológico, por meio de resgate real e documentos fotográficos e escritos. (9) Reconstituição da memória pré-histórica, histórica e cultural. Intervenção na política turística. (9)

Fontes: Elaborado pelo autor, a partir de Goldemberg e Lucon (2008) acrescentado de [1] Abreu (2009); [2] Bakis (2006); [3] Barros (2008); [4] Berkun (2010); [5] Bermann (2007); [6] Bruno et.al (2008); [7] Gama (2009); [8] Goldemberg (2007); [9] Gumiel (2008); [10] Hylandera et al (2006); [11] Ikingura E Akagi (2003); [12] Kaldellis (2007); [13] Katsuragawa (2009); [14] Kikuchi e Amaral(2008); [15] Macleoda Et Al (2006); [16] Mailman (2006); [17] Montanari (2003); [18] Muñoz e Sailor (1998); [19] Nouni Et Al (2006);[20] Ouyang et al (2009); [21] Ozturk et al (2008); [22] Padilha et al (2009); [23] Purohit(2008); [24] Ribeiro e Silva (2010); [25] Rosa (2007); [26] Söderlund (2009); [27] Tundisi (2007); [28] Vainer (2007); [29] Zhou et al (2009); [30] Zhou e Oliveira (2007).

Tabela 3 (5): DSR Hidrelétrica

Para se obter energia por meio do uso dos recursos hídricos transforma-se a energia hidráulica em energia elétrica. De acordo com Abreu (2009), a utilização das forças das águas de um rio ou reservatório faz movimentar as turbinas e conseqüentemente os geradores. Entretanto, a formação de um reservatório para a construção de uma hidrelétrica se dá através da inundação de

áreas. Assim a energia hidráulica é energia potencial gravitacional ou mesmo cinética armazenada nas águas de uma represa.

Por esta razão Mammana (1994) já afirmava que o conceito de energia limpa na hidreletricidade é impreciso e, a rigor, só é verdadeiro em relação ao consumidor final, pois normalmente há insustentabilidade inerente ao processo de captação e acúmulo de água devido à necessária formação de grandes reservatórios e conseqüente alagamento de terras, submergindo recursos naturais, terras produtivas e florestas, entre outros elementos.

As usinas hidrelétricas dependem da existência de uma barragem formando o lago que crie um desnível entre as superfícies a montante e a jusante ou o volume de água despejado seja muito grande. Entretanto, a construção das usinas e conseqüente criação dos reservatórios provoca repercussões ambientais, sociais e econômicas tanto na fase de construção como na fase de operação, afetando as áreas de influência do empreendimento, ou seja, os municípios que abarcarão a hidrelétrica (MULLER, 1995 apud ABREU, 2009). Além destes aspectos, as decisões governamentais influenciam no processo de decisão sobre a criação das hidrelétricas. A seguir, cada um desses aspectos será discutido em detalhe.

Aspectos ambientais

Bakis (2006) avalia que uma das opções mais vantajosas de substituição do uso de fontes emissoras de gases é o uso dos sistemas hídricos, onde não há a queima de combustível e, por conseguinte a poluição no ar é mínima (ainda existe, pois ocorrem pequenas emissões de CO₂ e CH₄ no processo de giro das turbinas).

Quando comparadas com outras fontes, é possível afirmar que as hidrelétricas produzem pouquíssimos gases do efeito estufa. As emissões de gases estufas estão presentes nos reservatórios hidroelétricos, principalmente nos pântanos e lagos formados com a inundação, porém em um volume pouco significativo em relação a outras fontes (como o petróleo). Kikuchi e Amaral (2008) afirmam que já nos anos de 1960 foi identificado o biometano nas barragens, e colocam que tais gases são formados a partir de matéria orgânica presa na barragem. Através de decomposição anaeróbia, as biomassas inundadas decompõem-se no fundo do reservatório, emitindo principalmente CO_2 , CH_4 e N_2 .

Por ser mais solúvel que os demais gases citados, o dióxido de carbono tende a permanecer na água, embora apenas uma pequena fração forme bolhas, diferente do caso do metano e nitrogênio, que formam as bolhas, que crescem em tamanho suficiente para não serem retidos nos sedimentos, e naturalmente são libertas para a superfície. Os autores afirmam que é difícil recuperar as bolhas de gás do fundo dos reservatórios, entretanto é possível fazê-lo dentro da turbina e do tubo de sucção da usina. Essa captura seria realizada principalmente no fluxo de água após a passagem da turbina.

As hidrelétricas impedem a queima de 22 bilhões de galões de óleo ou 120 milhões de toneladas de carvão por ano (BARKIS, 2006). Além disso, a água é fornecida pela natureza e a chuva renova a água dos reservatórios das UHE.

Para Padilha (2009), num futuro próximo, uma grande vantagem do sistema hídrico será o uso do excesso do volume de água (potencial desperdiçado) para produção de gás hidrogênio e o uso deste para motores de potência através de um sistema de célula combustível portátil,

implicando na diminuição do consumo de gasolina e contribuindo indiretamente na diminuição do impacto ambiental.

Quando essa opção se tornar comercialmente viável, os estudos da aludida autora mostram que o hidrogênio produzido com 106,2 TWh de energia desperdiçada na hidrelétricas brasileiras seria suficiente para substituir toda gasolina consumida no ano 2008 no Brasil, o que evitaria a produção de 5,7 toneladas de emissões de CO₂.

Já Tundisi (2007) relata que apesar das restrições ambientais, resultantes do impacto causado nos ecossistemas terrestres e aquáticos e da modificação do ciclo hidrossocial e hidroeconômico, os reservatórios de maneira positiva realizam uma revitalização econômica local, proporcionam acesso a energia, consolidam hidrovias, recreação e turismo, além de permitirem maior acesso à irrigação para agricultores das zonas ribeirinhas, de tal forma que, ao longo do tempo, os impactos negativos são minimizados pela expansão das economias regionais, havendo naturalmente uma nova adaptação e organização do ciclo hidrossocial e hidroeconômico e adaptações da flora e fauna dos reservatórios a nova realidade.

Completa o autor que os principais problemas decorrentes após a construção dos reservatórios referem-se à necessidade de uma gestão integrada dos usos múltiplos e à integração entre a operação do sistema/funcionamento limnológico/hidrológico, o controle dos impactos a partir da bacia hidrográfica, os impactos esses produzidos pela própria expansão da economia regional e sua diversificação em razão da existência do reservatório.

De fato, os impactos da construção de hidrelétricas na Amazônia são decorrentes principalmente do efeito da decomposição de vegetação terrestre inundada, da grande área

inundada, da deterioração da qualidade da água e da perda de serviços dos ecossistemas terrestres e aquáticos, incluindo a biodiversidade e a alteração dos processos.

Berkun (2010) concorda com Tundisi (2007) e acrescenta que abrandar a velocidade do rio provoca mudanças no transporte dos sedimentos, e isso colabora com a armazenagem de materiais orgânicos no reservatório o que muda significativamente a qualidade da água e influencia o micro clima da área.

Para Bermann (2007) os principais problemas ambientais em usinas hidrelétricas, são:

- ✓ Alteração do regime hidrológico, comprometendo as atividades a jusante do reservatório;
- ✓ A baixa qualidade das águas, devido ao caráter lântico do reservatório, tornando a decomposição dos rejeitos e efluentes mais difícil;
- ✓ O desgaste dos reservatórios, devido à falta de controle no padrão de ocupação territorial nas cabeceiras dos reservatórios, submetidos a processos de desmatamento e retirada da mata ciliar;
- ✓ Emissão de gases de efeito estufa, particularmente o metano, decorrente da decomposição da cobertura vegetal submersa definitivamente nos reservatórios;
- ✓ Aumento do volume de água no reservatório, com consequente sobre pressão sobre o solo e subsolo devido ao peso da massa de água cercado, em áreas com condições geológicas desfavoráveis (por exemplo, terrenos cársticos), provocando sismos induzidos;
- ✓ Problemas de saúde pública, devido à formação dos remansos nos reservatórios e a

decorrente proliferação de vetores transmissores de doenças endêmicas;

- ✓ Dificuldades para garantir o uso múltiplo das águas, devido ao caráter histórico de priorização da geração elétrica em detrimento dos outros possíveis usos como irrigação, lazer, pesca, entre outros.

Berkun (2010) concorda com a idéia de Bermann (2007) que na implantação de centrais hidrelétricas ocorre a salinização e erosão do solo, mudanças climáticas, poluição, mudanças nos padrões de uso do solo, urbanização e industrialização que é acompanhada pelo desenvolvimento social e econômico, o ar e a qualidade da água.

Segundo Mailman (2006) outro problema ambiental que afeta diretamente a população com a construção das hidrelétricas são as grandes concentrações de Mercúrio (Hg) em peixes devido ao aumento das taxas de conversão de Hg no ambiente em metil-mercúrio (MeHg). Pessoas e animais selvagens que comem peixes de reservatórios hidrelétricos têm um elevado risco de acumular MeHg. Essa substância é tóxica e pode causar a perda de sensibilidade na pele, perda de coordenação dos músculos, distúrbios na articulação, surdez. Para o autor, existem alternativas preventivas e corretivas, buscando minimizar o acúmulo desta substância:

1. Redução das fontes de Hg antes da inundação;
2. Pesca intensiva para retirar os peixes com alto grau de intoxicação;
3. Dragagem de sedimentos de fundo;
4. Remoção de árvores, evitando maiores decomposições;
5. Acréscimo de selênio na água e cal em sistemas onde o ph está ácido;
6. Monitoração do nível de água.

Para Hylander (2006) o acúmulo de mercúrio (Hg) ocorre em todas as regiões do globo nos recém-construídos reservatórios hidrelétricos, tanto que cita textualmente o hemisfério norte e as terras tropicais. No Brasil, na usina hidrelétrica do Rio Manso, as espécies de peixes mais afetadas foram o cachara, o dourado e o Piraputanga. Segundo Ikingura e Akagi (2003) na Tanzânia as espécies de peixes mais atingidas são: Kuyu, tilápias e peixe-tigre.

Gumiel (2008) apresenta os impactos no ecossistema causados pela construção de reservatórios, na classificação da WCD (2000):

IMPACTOS DE PRIMEIRA ORDEM	Implicam as conseqüências físicas, químicas e geomorfológicas de bloquear um rio e alterar a distribuição e periodicidade natural da sua vazão	1 – Alteração do regime termal. 2 – Acumulação de sedimentos no reservatório. 3 – Produção de gases do efeito estufa. 4 – Mudanças na qualidade da água. 5 – Alteração das vazões diárias, sazonais e anuais. 6 – Mudanças na qualidade da água. 7 – Redução do transporte de sedimentos. 8 – Erosão e sedimentação do leito do rio. 9 – Redução da vazão nas planícies de inundação. 10 – Diminuição dos deltas costeiros.
IMPACTOS DE SEGUNDA ORDEM	Implicam mudanças na produtividade biológica primária de ecossistemas, incluindo efeitos na vida vegetal, fluvial e ribeirinha e no <i>habitat</i> a jusante	1 – Proliferação de plâncton e perifiton. 2 – Incremento de macrófitas aquáticas. 3 – Mudanças na vegetação ribeirinha.
IMPACTOS DE TERCEIRA ORDEM	Implicam alterações na fauna devido a um efeito de 1ª ordem (como bloquear a migração) ou um efeito de 2ª ordem (como a diminuição na disponibilidade de plâncton).	1 – Invertebrados, peixes, aves e mamíferos. 2 – Impactos a estuários. 3 – Impactos marinhos.

Fonte: Gumiel (2008)

Quadro 15 (5): Impactos no ecossistema causados pela construção de reservatórios.

Quanto a questão do ciclo das águas, tanto nos meses de seca severa, ou durante os meses de chuvas intensas, a geração hidrelétrica pode variar substancialmente funcionando como um regulador (MUNOZ; SAILOR,1998).

Com todas essas informações é possível colocar que as hidrelétricas têm grande impacto no meio ambiente. Existe uma relação direta entre precipitações e hidrogeração, estimativas da economia e riscos envolvidos com cenários de aquecimento global.

Na insustentabilidade ambiental, atrelada à transformação quando percebemos a alteração das paisagens com os corredores de linhas de transmissão nos campos e nas cidades, com uma malha de fios, torres, cabos e transformadores de alta tensão. Há perdas elétricas por efeito joule (geração de calor) e efeito corona (geração de ruído), assim a energia não é limpa de forma incondicional.

Mammada (1994) já afirmava que os conceitos de renovabilidade e inesgotabilidade também devem ser reavaliados. Com relação à renovabilidade, relacionada ao aproveitamento dos rios e bacias hidrográficas, embora o ciclo hidrológico (aquecimento solar) reponha a energia potencial da água, também se dá a perda de seu aspecto renovável em razão do assoreamento do reservatório ou aceleração do processo de corrosão de turbinas e barragens (pelo aumento da acidez da água, por exemplo). Com o tempo, pode-se perder esse aproveitamento ou haver necessidade de investimentos vultosos para sua recuperação.

Programas ambientais têm sido propostos com o objetivo de amenizar os danos causados ao meio-ambiente, tais como o Ecomuseu, o Parque das aves, e a Escada de peixes implementados na Itaipu Binacional, e ainda o turismo no Canyon do São Francisco desenvolvido

pela CHESF. No entanto, estes programas em geral não são capazes de resolver o impacto ambiental, mas podem promover a disseminação da consciência ambiental.

O aumento da consciência ambiental já apresenta alguns resultados práticos como na liberação da construção pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis) das usinas hidrelétricas do rio Madeira (RO), Jirau e Santo Antônio, com 33 condicionantes (por exemplo, a criação de programas para acompanhamento da sedimentação, medição periódica da concentração de mercúrio e acompanhamento do período de reprodução dos peixes) minimizando o impacto ambiental das construções, inerentes a qualquer obra desse porte (Rodrigues, 2008). Nesse caso se aumentam os riscos econômicos para diminuir os riscos ecológicos e sociais.

O relatório da *World Commission on Dams* (WCD, 2000) revela, que entre as décadas de 1930 a 1970, as barragens eram sinônimo de desenvolvimento, progresso e modernização. Os benefícios se apresentavam de imediato como energia elétrica mais barata, possibilidade de promover irrigação e controle de enchentes. Além desses, outros benefícios secundários justificavam as enormes construções como a geração de empregos locais, eletrificação rural, construção de rodovias e escolas (GUMIEL, 2008).

Por causa da dicotomia entre benefícios e impactos negativos é preciso ter equilíbrio na escolha e na determinação de projetos hidráulicos. Para Ozturk (2008) alguns benefícios das usinas hidrelétricas são:

- Mínimo de dependência externa e de câmbio no investimento.
- Longa vida econômica (75 anos).

- Menor custo de operação e sem custo de combustível.
- Diminuir a dependência externa de energia.
- Geração de energia elétrica barata.
- Alta eficiência.
- Os mais baixos níveis de emissões, menor poluição.
- Prevenção de erosão através dos rios.

Para Gumiel (2008), os impactos das barragens estão relacionados com a construção em si. As barragens demandam grandes quantidades de mão-de-obra não qualificada e pouca de mão-de-obra qualificada. A projeção e a construção são geralmente promovidas por corporações privadas, que usualmente vem de fora; assim, uma grande proporção do investimento que é gerado localmente não circula na economia local.

Gumiel (2008) colocam que grandes obras de construção (nas quais as hidrelétricas estão incluídas) trazem benefícios, como a melhora nas condições locais de empregos mas quando as obras são concluídas, podem deixar conseqüências catastróficas e acrescenta: “os benefícios sociais obtidos em troca dos impactos das barragens, às vezes, são menores do que as declarações oficiais, porque grande parte do empreendimento é realizado empresas multinacionais que empregam uma minúscula quantidade de mão-de-obra local”

Para Gema e Lauha (2008), a grande vantagem da energia hidroelétrica é de fornecer uma constante e segura fonte de energia elétrica. Pode combater a intermitência de outras tecnologias de energias renováveis como a energia solar e eólica. Sendo alimentada pela água, não polui o ar ou produz quaisquer outros resíduos líquidos ou sólidos. A hidroeletrica também tem papel de

gerenciar das águas, podendo regular o abastecimento durante os meses de verão, bem como o controle de inundações.

Aspectos econômicos

Ante a geração de eletricidade a partir dos combustíveis fósseis (derivados de petróleo, carvão mineral e gás natural), a energia hidrelétrica que utiliza como "combustível" a água é apresentada como uma fonte energética "limpa, renovável e barata" (ABREU, 2009) (BERMANN, 2007).

A insustentabilidade econômica aparece nos pesados investimentos econômico-financeiros iniciais atrelados à construção das usinas. O retorno do capital em usinas de porte médio é em torno de 20 anos (Silva, 2005), porém deve-se ressaltar que apresenta o menor custo de produção de energia elétrica do mundo, considerando todas as formas atuais de produção, ou seja, ao investidor há a desvantagem da captura do seu aporte financeiro sem possibilidade de resgate em curto e médio prazos, porém há a promessa de competitividade e retorno futuro.

No Brasil a instalação de indústrias eletro-intensivas tem aumentado o consumo de eletricidade mais rapidamente nos últimos anos, declara Goldemberg (2007). É verdade que o desenvolvimento de uma região depende muito da oferta de energia elétrica, que atrai novos investimentos e geram o crescimento da economia local. Nesse caso, a construção de barragens serve diretamente para suprir de energia as indústrias eletro intensivas como as do setor de alumínio. São projetos industriais voltados para o crescimento econômico com ênfase na exportação, mas oposto ao projeto de sustentabilidade (ZHOURI, 2007).

Essa situação agravou-se com a privatização do setor elétrico brasileiro e com o investimento de muitas empresas multinacionais no setor de geração por conta de suas atividades eletro-intensivas e assim a conseqüente necessidade de suprir suas próprias demandas. Exemplos Votorantim e a Companhia Vale do Rio Doce.

De acordo com Bermann (2007), a construção de hidrelétricas para autoprodução de energia deveria seguir um principio onde o autoprodutor deixaria de consumir a energia do sistema público. Desta forma, seria uma maneira de aumentar a oferta sem o uso de recursos públicos. Como relata Vainer (2007), o fato de privatizar sem critérios as empresas de geração e distribuição de energia elétrica, favoreceu uma concessão de exploração de potenciais hidrelétricos a grupos privados.

Servindo diretamente às indústrias de alumínio ou ao consumidor em geral, Katsuragawa (2009) coloca que é imprescindível à construção de barragens para implantação de Usinas Hidrelétricas (UHE) para haver um desenvolvimento regional. Gama (2009) confirma esse fato quando afirma que a atividade econômica do porte de uma geradora hidrelétrica, geralmente, produz riquezas à localidade e região onde a mesma se situa com a criação de empregos diretos e indiretos, o aumento da arrecadação tributária e o incremento do consumo e da circulação de produtos e serviços no mercado, além dos ganhos sociais.

Quanto à comparação dos fatores de produção para diferentes tecnologias energéticas, a energia hidroelétrica é a mais confiável e renovável, entretanto uma hidrelétrica, em geral, envolve um custo pesado de investimento inicial, onde se estima cerca de 20 anos para recuperar os investimentos.

Um dos problemas das hidroelétricas é que cerca de 3,4 milhões de hectares de terra produtiva foram inundados e mais de um milhão de pessoas foram desalojadas para a construção de barragens no Brasil. Ocorre assim a intensificação do uso de áreas economicamente marginais e a expansão da fronteira econômica do mercado sob território historicamente ocupado por agricultores familiares e minorias étnicas (ZHOURI, 2007).

Segundo o aludido autor, tais projetos confrontantes revelam a oposição entre duas racionalidades distintas: de um lado, para as comunidades ribeirinhas a terra representa o patrimônio da família e da comunidade, resguardada por regras de uso e compartilhamento dos recursos; do outro lado, o Setor Elétrico, incluindo o Estado e empreendedores públicos e privados que, a partir da perspectiva do Mercado, entendem o território como propriedade e, como tal, mercadoria passível de valoração monetária.

Kaldellis (2007) afirma que a maioria dos locais, na Europa, apropriados para a instalação de usinas hidrelétricas de grande porte já foram exploradas e implantadas. Além disso, há uma oposição significativa das comunidades locais que não querem novas centrais de grande porte, daí, pequenas centrais hidroelétricas (PCH) continuam a ser uma das oportunidades mais atraentes para o posterior aproveitamento do potencial hídrico disponível.

Na Grécia, um grande número de investidores privados manifestou oficialmente o interesse na implantação de PCH, encorajados pelas significativas oportunidades dadas pelo governo grego, subsidiando as aplicações em energia renovável. Segundo Nounietal (2006) a simples análise do retorno dessas PCH indicou uma viabilidade financeira. Além disso, existem ganhos nas áreas ambientais e sociais e o consumidor final não tem as parcelas econômicas relativas a implantação e uso do grid adicionadas ao custo da eletricidade.

Aspectos Sociais

Quando um reservatório é formado, grandes áreas cultiváveis são inundadas, existe perda da biodiversidade de forma irreversível e há o aumento o nível das trocas do ciclo hidrológico. Há mais chuva, mais umidade e a fauna e flora são alteradas pela nova condição ofertada; o clima muda, o que indiretamente muda a relação do homem do local com a natureza. Além destas alterações, muitas vezes a mudança imposta aos seres humanos não é indireta, é mesmo direta e radical, quando o reservatório criado abrange a inundação de uma cidade. Neste caso, há insustentabilidade social pois a cidadania das pessoas é afetada, pois constroem uma vida num local e são obrigadas a trocar de ambiente, deixando tudo literalmente debaixo d'água.

As mudanças provocadas pelas hidrelétricas também causam diversos problemas de saúde pública, como o aumento de doenças de natureza endêmica como a malária no norte do país e o comprometimento da qualidade da água nos reservatórios, afetando atividades de sobrevivência da população ribeirinha como pesca e agricultura. Bermann (2007) descreve o passivo sócio ambiental causado da seguinte forma:

Embora a hidroeletricidade não contribua para o aumento das emissões de CO₂ o Brasil carrega um passivo sócio-ambiental extremamente expressivo, se considerarmos que as usinas hidrelétricas construídas até hoje resultaram em mais de 29.000 km² de terras inundadas para a formação dos reservatórios e na expulsão de cerca de 200 mil famílias, todas elas populações ribeirinhas diretamente atingidas pelos empreendimentos hidrelétricos implantados.

Santos (2007) complementa: “essa energia limpa, renovável, barata e justificada em nome do interesse público, da modernização, do progresso, ou do desenvolvimento, não o foi para as

populações ribeirinhas que tiveram suas bases materiais e culturais de existência praticamente ignoradas”.

Em se tratando dos aspectos sociais, as populações ribeirinhas atingidas pelas obras são geralmente desconsideradas diante da perspectiva da produção de energia elétrica quando do estabelecimento do reservatório (BERMANN, 2007). Um exemplo disso foi a experiência na implantação da UHE Serra da Mesa, a qual acarretou um rol de problemas ambientais onde moradores e indígenas moradores das regiões envolvidas tiveram o seu “modus vivendi” alterado (ABREU, 2009). Para o aludido autor, a degeneração de valores etnoculturais é uma grande perda apresentada pelas atividades que envolvem a instalação de usinas hidrelétricas, sendo mais intenso quando atinge comunidades indígenas.

A implantação de barragens resulta em confrontos violentos e experiências diversas de violação dos direitos humanos, inclusive, por vezes, com a presença de força policial. Esses confrontos muitas vezes resultam inclusive em prisões de lideranças e manifestantes, ferimentos e há relatos sobre desaparecimento de moradores (ZHOURI, 2007).

Gumiel (2008) diz que além do uso da violência no reassentamento é impossível haver justa compensação com relação a este impacto. As famílias reassentadas perdem casas, terra, fontes de alimentação, trabalho. Há também impactos nas comunidades que recebem os reassentados, pois as mesmas enfrentam um incremento na densidade da população, provocando uma forte pressão sobre os recursos naturais, água e infraestrutura sanitária e resultam em uma incidência do crescimento das doenças transmissíveis, além da possível mudança cultural forçada.

Há possibilidade de ocorrer migração não controlada e os efeitos dessa migração para uma área endêmica, associados à falta de infraestrutura adequada, são fatores de risco à saúde da

população. Estudos realizados no Estado de São Paulo indicam uma associação real entre a migração e a malária. A malária está ligada a modificações no ambiente, como os desmatamentos na Amazônia. Processos migratórios, urbanização, características econômicas, sanitárias e comportamentais influenciam significativamente na transmissão da malária (KATSURAGAWA, 2009).

Segundo Bermann (2007), no Brasil foram mais de 34 mil km² de terras inundadas para a formação de reservatórios, sendo quase 200 mil famílias expulsas de suas terras, representando muitas vezes a destruição dos projetos de vida dessas pessoas. As irrisórias ou inexistentes compensações financeiras não asseguram a manutenção das condições de vida que existiam antes.

Isso não acontece apenas no Brasil. A maior usina do mundo localizada na China, é um dos projetos mais rejeitados pela comunidade ambientalista, isto porque as mudanças ambientais e sociais serão muito significativas e de longo alcance. A grande quantidade de terras cultiváveis a serem inundadas e a grande população a ser reassentada é de crítica importância para o projeto. Segundo o Estudo de Impacto Ambiental aprovado no ano 1992 pelo Governo Chinês, o reservatório iria inundar 25.900 ha cultiváveis e 846.000 pessoas teriam que ser reassentadas. As águas do reservatório dessa UHE inundariam 108 sítios arqueológicos e monumentos ancestrais (Rushu, 2003).

O habitat natural, a biodiversidade e a vida selvagem seriam ameaçadas; exemplares como o delfim de água doce Yangtze, Sturgeon Chinês, Paddle, Siberian Crane, junto com outras raras espécies de vegetação já estão seriamente afetados. (GUMIEL, 2008). Além disso, de acordo com Bermann (2007), o comprometimento da qualidade da água nos reservatórios afeta as atividades como a pesca e a agricultura e mais, o aumento do risco de inundações, ocasionando uma perda

da biodiversidade devido a grande quantidade de terra cultivável que ficou submersa. São mudanças ambientais com conseqüências sociais.

Gumiel (2008) nos traz uma tabela com os impactos das grandes barragens sobre a saúde tendo como referência a *World Health Organization*.

Impactos na saúde	Exemplos	Base de conhecimento
Doenças transmissíveis	Transmitida por vetores, pela água, de transmissão sexual, zoonoses, outros parasitos.	Ampla, confiável, ecossistemas específicos.
Doenças não Transmissíveis	Envenenamento por minerais, toxinas biológicas, resíduos de pesticidas, efluentes residuais.	Geograficamente limitado, confiável, generalizável, e frequentemente bem quantificado.
Prejuízos	Inundações, prejuízos da construção, do tráfego, violência doméstica e comunal, falhas catastróficas, atividade sísmica.	Limitado, confiável, transferível, algumas estatísticas.
Nutrição	Carência de proteínas, carboidratos ou elementos essenciais.	Limitado e controversa, transferência limitada.
Desordem Psicossocial	Estresse, suicídio, abuso de substâncias, divisão social, intranquilidade violenta, tolerância diminuída.	Poucos dados de pobre confiabilidade com pouca quantificação e variação cultural.
Bem-estar social	Qualidade de vida, coesão social e estruturas de suporte, autodeterminação, direitos humanos, equidade	Poucos dados de confiabilidade variável, quantificação e variação cultural considerável

Fonte: World Health Organization, 2000.

Quadro 16 (5): Impactos das grandes barragens sobre a saúde.

Segundo Katsuragawa (2009), a construção de UHE na região do Brasil, geralmente tem causado aumentos na incidência de malária sugerindo que, se as condições atuais de saneamento e serviços públicos de saúde oferecidos à população não sofrerem uma profunda reestruturação

tanto física quanto humana, os riscos de uma nova epidemia de malária aumentarão consideravelmente com os novos projetos na Amazônia Legal

Para o aludido autor, o aumento na área da lâmina d'água provocado pela construção de uma UHE, mantém áreas permanentemente alagadas e propícias à proliferação do vetor da malária. Mesmo em épocas de baixa precipitação pluviométrica essas áreas permanecem alagadas, e estão situadas sob a vegetação existente às margens do rio, criando um imenso ambiente natural para a procriação do vetor da malária (*Anopheles Darlingi*).

Aspectos Institucionais

Com o crescimento do uso de energia houve o surgimento das hidroelétricas e a necessidade de regulamentação do setor, assim surgiram as agências reguladoras para criar leis que beneficiassem o seu desenvolvimento. E isso aconteceu em todo mundo: vejamos alguns casos. Na Escócia, MacLeod (2006) afirma que alguns fatores devem nortear o setor elétrico, tais como: as políticas do governo que criam novas estratégias voltadas à geração de energia renovável; desenvolvimento da infraestrutura de fornecimento de eletricidade; preços dos combustíveis e alimentação (a saber, a viabilidade do gás como combustível pode ser afetada por questões de preço e abastecimento); crescimento tecnológico (estimula a pesquisa para o aumento da eficiência das tecnologias utilizadas na geração de energia).

Na Grécia, segundo Kaldellis (2007), o governo criou legislação específica - lei 2244/94, com intuito de estimular o consumo de energia renovável pelas repartições públicas, sobretudo as provenientes das pequenas centrais hidroelétricas. O órgão que regulamenta, avalia e outorga os projetos de PCHs, realizam uma minuciosa análise, levando em consideração aspectos como questões ambientais, localização da instalação, direito da propriedade dos recursos hídricos, a

instalação física, integridade da documentação exigida, fator de capacidade de instalação, grau de exploração da água disponível e as potenciais taxa de investimentos interno de retorno.

Na Índia, Purohit (2008) coloca que o gerenciamento e regulação da energia é um assunto concorrente entre o Estado e os Governos Estaduais, pois em certas decisões as regras estaduais (estabelecidas pelas agencias reguladoras estaduais) se contrapõem às regras federais (determinadas pela agencia reguladora federal). O planejamento do ponto de vista de acompanhamento e execução de projetos de energia é de responsabilidade do Ministério da Energia e no nível estadual, a empresas estaduais estatais de eletricidade (SEBS) são responsáveis pela transmissão e distribuição.

A implantação e operação de uma usina hidrelétrica não é um processo isento de danos ao ambiente e à saúde humana. É também um processo caro, de altos custos. O impacto ambiental que afeta as comunidades e o conjunto natural de entorno pode superar em peso e relevância os aspectos positivos, como geração de empregos e renda, entrada de divisas, melhorias na rede de infra-estrutura básica, deflagração de processos educativos, entre outros (ABREU, 2009). Neste sentido, a conservação dos recursos hídricos, em qualidade e quantidade, e o incentivo aos usos múltiplos proporcionados pelos reservatórios, são fundamentais.

No caso Brasil, para o citado autor, entre os diversos instrumentos criados nos últimos anos para ordenar a exploração do potencial hidrelétrico e aprimorar as práticas ambientais, destacam-se a Resolução ANEEL 393/98 que estabelece que os detentores de registro de estudos de inventário deverão fazer consulta formal aos órgãos estaduais e federais incumbidos da gestão dos recursos hídricos, e aos órgãos ambientais, para definir os estudos relativos a esses aspectos.

A Lei 9.433, de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A lei determina a articulação entre a atuação dos empreendedores, os usuários e os setores e órgãos regionais, estaduais e federais responsáveis pelo planejamento de recursos hídricos; estabelece a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras; e estipula que os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos devam ser aplicados na bacia em que foram gerados e usados para financiar pesquisas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos.

Há também, segundo Vainer (2007), a criação pelo Conselho de Defesa dos Direitos da Pessoa Humana, ligado a Presidência da República, de Comissão Especial para acompanhar denúncias de ocorrências de violações de direitos humanos decorrentes da implementação de barragens no país e apresentar sugestões e propostas no que concerne à prevenção, avaliação e mitigação dos impactos sociais e ambientais da implementação dessas barragens e a preservação e reparação dos direitos das populações atingidas.

Considerando as conseqüências que as decisões tomadas no âmbito do setor elétrico têm no processo de estruturação do território, no desenvolvimento regional, na minimização ou reiteração de desigualdades regionais e sociais, bem como na gestão de recursos ambientais, hídricos em primeiro lugar, é indispensável proceder a uma ampla e decisiva democratização do processo de planejamento de longo, médio e curto prazos do setor elétrico.

5.2 Nuclear

Os estudos sobre a energia nuclear moderna datam do fim do século XIX. A energia nuclear pode ser gerada através da fusão ou fissão nuclear cujos processos e impactos possuem totalmente distintos. Segundo Knobel (2007) ao “fundir núcleos atômicos leves (tais como hidrogênio, o deutério e o trítio) há uma enorme liberação de energia, processo que é conhecido como fusão atômica”, processo que é similar ao que ocorre no interior do sol e de outras estrelas, onde dois prótons se fundem em uma partícula alfa (um núcleo de hélio), liberando dois pósitrons, dois neutrinos e energia.

O hidrogênio é o elemento menos complexo da natureza e o mais abundante no universo (PUSZ, 2001). É o elemento-chave da água, que abrange mais de 60% da superfície do planeta e compõe diversos organismos, em diferentes formas de plantas, animais, seres humanos, os combustíveis fósseis, e outros compostos químicos (SLOOP, 1978).

Já o processo da fissão nuclear foi descoberto por Hahn, Meitner e Strassman, em 1938 e ocorre quando o urânio é bombardeado por nêutrons, o núcleo parte-se em partes, transformando-se em átomos mais leves, como bário e criptônio. “A energia correspondente às forças nucleares que uniam os pedaços é liberada na forma de energia cinética (energia de movimento) dos fragmentos”. (BUYS, 2007).

Desde seus primórdios, essa energia prometeu energia limpa, barata e inesgotável e assim é arrebatadora de grandes polêmicas (Pereira, 2001) e ainda, por causa da magnitude de energia potencial acumulada e “reduzida” agressão à natureza, promete ser a fonte de energia mais importante para gerações futuras.

De fato, as maiores vertentes da energia nuclear são mesmo o montante significativo de CO₂ deixado de ser colocado na atmosfera e a quantidade, o volume de MW possível de ser produzido (PEREIRA, 2001), o que são diferenciais positivos na formação de uma matriz energética de qualquer país.

Nuclear	Força Motriz (Driving force)	Estado (State)	Resposta (Responsive)
Econômico	Extração e transporte do material radiativo	Alteração do sistema de emprego e renda local (12,14,17,22)	Necessidade de reorganização do sistema de emprego e renda local (comercio e serviços) (12,14,17,22)
		Alteração do meio rural (4,11,13)	Organização do meio rural (equipamentos e maquinário para extração do material). Reorganização do sistema de gestão (treinamento para extração do material) Construção de armazéns para armazenagem. (2,8,12,18,19,22) Organização logística para transporte (3,22) Custos de transporte (3,12,22) Matéria-prima disponível na natureza para os próximos 500 anos (5,6,12,22)
	Transformação do material radiativo em calor e em eletricidade (2,3)	Uso na geração de vapor (2,3,13,14)	Custos com construção de usinas nucleares (2,8,9,12,14,17) Organização de logística da usina.(2,3) Alto custo de produção (quando comparado outras fontes) (1,2,9, 10,14). Demorado retorno de capital (1,9) Grande capacidade de produção (1,2,14)
		Uso na termoeletricidade (1,2,4,15,22)	Média eficiência na produção de eletricidade (7,22) Alta escala de produção (4,5,20,22)
Consumo da energia nuclear	Instalação da usina. (6,12,14,22)	Pode-se instalar a usina ou perto da extração ou do consumo, facilitando o uso ou não de linhas de transmissão.(6.7,20,22)	
Ambiental	Extração e transporte do material radiativo (2)	Produção limpa (2, 13,15,20,24)	Não emissão de CO ₂ (2,7,13,15,20,24)
		Uso do solo e água (11)	Necessidade de monitoração e tratamento da água para não poluir o solo e lençóis freáticos (7,11,24).
	Transformação do material	Gestão dos resíduos (2,7,8,10,11,17,22,24)	Necessidade de monitoração de o lixo nuclear (4,7,8,9,10, 13,17,22,24)

	radiativo em calor e em eletricidade (1,2,3,15)		Necessidade de construção de abrigo para o lixo nuclear (8,10,17,22,24) Necessidade de controles rígidos buscando prevenir perda involuntária de lixo nuclear.(10, 12,16,17,22) Monitoração do lençol freático(16).
		Necessidade de monitoração de o lixo nuclear (4,7,8,9,10, 13,17,22,24) Necessidade de construção de abrigo para o lixo nuclear (7,8, 10,11,12,16,21,23)	Poeira/partículas fugitivas (7,8,16,21,22,24) Ruído(10,16,21,24) Risco de incêndios (8, 10,11,12,16,21,24) Risco de radiação (7,8, 10, 11,12,16,21,22,24)
		Melhoria do Efeito estufa (3,14,15,20,22,24)	Não emissão de CO ₂ (2,3,14,15,20,22,24)
	Consumo da energia nuclear	Cuidado com a área(10,11,16,21,23)	Risco de incêndios. (10,16,23) Monitoramento da fauna e flora no entorno.
Social	Extração e transporte do material radiativo	Alteração do sistema de emprego e renda local	Reorganização do campo rural (extração da jazida). Acompanhamento da mudança cultural.
	Transformação do material radiativo em calor e em eletricidade (1,2,3,12)	Implantação das usinas (7,8,12,24)	Criação de emprego e renda nas usinas nucleares Necessidade de treinamento e capacitação superior (5,7, 12)
		Efluentes sanitários (23)	Devem ser tratados evitando contaminação radiativa(10,11,21,23)
	Consumo da energia nuclear	Saúde (7,8, 23)	Cuidados com a radiação (7,8,23)
		Gestão da informação (7)	Necessidade de maior divulgação sobre a energia nuclear (7,19,20,21,23)
Institucional	Decisão política pelo uso da energia nuclear (4,18,19,24)	Estabelecimento de políticas públicas (8,17,18,23,24)	Geração de emprego e renda local. Política de inserção social (educação, saúde, saneamento).(19) Necessidade de acordos com órgãos locais (4,17,18)
		Acréscimo de demanda nos serviços públicos (4,18)	Acréscimo na capacidade da prestação de serviço público Planejamento regional (4)
		Facilita a descentralização da energia (6)	Facilita a geração em áreas remotas (7) Aumenta a universalização de energia (4)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de [1] Pereira (2001); [2] Lepecki (2011); [3] Greyvenstein et al (2008); [4] Energy in Sweden (2007) [5] Knobel (2007); [6] Silva (2005); [7] Goldemberg (2011); [8] Goldemberg (2011b); [9] Costa (2011); [10] Bowyer et.al.(2011); [11] Duffield et.al.(2011). [12] Santos

(2011); [13] IAEA (1999); [14] Kessides (2010); [15] Lovelock (2006); [16] Marques (2011); [17] Pacini (2009); [18] Pages et.al.(2006); [19] Portilho (2005); [20] Pusz (2001); [21] Saenko (2011); [22] Silva (2005); [23] Tanimoto (2011); [24] Zhou (2010).

Tabela 4 (5): DSR Nuclear

Aspectos Institucionais

Segundo Lepecki (2011) a energia nuclear atualmente fornece 16% da geração elétrica mundial e em países como a Alemanha, França, Bélgica, Finlândia, Japão, Coreia e outros onde há ausência de outras fontes primárias, seu uso intensivo não é uma opção, é uma decisão estratégica, mesmo considerando suas inseguranças e desafios. No Brasil, esta fonte representa apenas 2% da matriz energética (Silva 2005).

Segundo Pereira (2001) a energia nuclear se ajusta ao contexto globalizado. Sua força e visibilidade se tornaram evidentes na segunda guerra mundial nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, que até hoje consternam a humanidade. A energia nuclear é intensiva em capital, tecnologicamente complexa e ambiental e globalmente impactante.

- Intensiva em capital quando requer vultosos investimentos iniciais até ser transformada em eletricidade. Além disso, os custos de sua construção acabam por envolver, não raro, mais investimentos dos inicialmente previstos. Por isso, a propriedade sempre é do Estado ou de grupos financeiros de expressão mundial.
- Tecnologicamente complexa, pois requer pessoal altamente qualificado, estrutura de poder centralizada, hierarquizada, à semelhança das mais rígidas organizações criadas para o controle da sociedade.

- Ambiental e globalmente impactante, pois requer rígido acompanhamento e livre acesso por parte de instituições supranacionais encarregadas de fiscalizar as etapas da cadeia produtiva da energia nuclear. Esse caráter globalizado tem fortalecido o organismo internacional criado para o acompanhamento de seu desenvolvimento e controle: A *International Atomic Energy Agency (IAEA)*.

A energia nuclear ainda possui vertentes não elucidadas, ligadas ao que a Teoria da Agência chama de racionalidade limitada. Dessa forma, a energia nuclear possui nuances que precisam ser analisadas.

A questão social

Um terremoto e um tsunami causaram o acidente nuclear de Fukushima, ou seja, sem se apropriar do pensamento sistêmico, o ser humano em nada foi responsável. Por causa de Fukushima, Tanimoto et.al.(2011) afirmam que a indústria de energia nuclear do Japão está enfrentando sua pior crise. Não apenas os japoneses, mas todo o mundo se mostra preocupado. As autoridades relacionadas com Fukushima parecem relutantes em admitir a gravidade do problema para proteger a reputação do setor nuclear tanto quanto possível. Duffield e Woodall (2011) já colocam que as conseqüências de Fukushima podem ser comparadas com Three Mile Island (EUA) e Chernobyl (ex-União Soviética).

De fato, Saenko et al. (2011) que estudaram o acidente na usina nuclear de Chernobyl o classificaram como o pior acidente industrial do século passado onde houve uma contaminação radioativa de extensas áreas no entorno, afetando imediatamente a saúde de cerca de cinco milhões de pessoas, sendo um milhão de crianças com menos de 15 anos. As poucas previsões sobre Fukushima estimam que a radiação possa ter chegado diretamente a 200 mil pessoas.



Fonte: <http://info.abril.com.br/noticias/tecnologias-verdes/nivel-de-radiacao-em-regiao-do-japao-preocupa-20032011-3.shl>

Figura 28 (5): Fotos do acidente nuclear em Fukushima

Segundo Marques (2011), a primeira reação da Alemanha ao acidente nuclear de Fukushima foi, em teoria, abandonar essa alternativa energética, fechando duas plantas em funcionamento e anunciar o fechamento de todas as plantas nucleares até 2030. Em reunião de emergência em Bruxelas, o governo Suíço suspendeu novas licenças, o que foi acompanhado por vários países da União Européia, que colocaram em reavaliação a carteira de suas matrizes energéticas (já que a Europa concentra a maior quantidade de usinas nucleares do planeta).

Próximo ao Japão, a China, desacelerou a construção de 28 usinas. Ocorre que Zhou e Zhang (2010) colocam que naquele país, os limitados recursos de matéria prima, o custo crescente da energia fóssil e os problemas ambientais na mineração de carvão, fazem da energia nuclear ser uma opção estratégica inevitável, mesmo consciente dos problemas da segurança dos reatores, do tratamento de resíduos nucleares, e o risco de proliferação de material nuclear.

Além disso, segundo Pereira (2001), o acesso a qualquer um desses estoques de plutônio, seja por indivíduos inescrupulosos ou seguidores de movimentos radicais da sociedade, pode

instaurar um comércio clandestino e/ou mesmo espalhar o terror em escala global, não propriamente pela energia aproveitável que o elemento encerra, mas pelo potencial destruidor que concentra.

A esse respeito, Goldemberg (2011) coloca que, independente se a causa foram eventos imprevisíveis da natureza como em Fukushima, ou apenas uma válvula que travou, como na usina americana; de qualquer modo as usinas nucleares são perigosas:

“Com ou sem desastres naturais, as usinas nucleares sempre foram perigosas. Nenhuma tecnologia é 100% segura. O acidente no Japão lembra o conto de Alice no País das Maravilhas. O espelho se estilhaçou, a segurança era ilusória. Quem trabalha com energia nuclear sabe como ela é perigosa, por sua própria natureza. Um reator precisa ser refrigerado, tem que ter água circulando dentro dele. Se, por uma falha, isso deixa de acontecer, ele derrete e temos então uma catástrofe, como aconteceu em Three Miles Island, Chenobyl e no Japão”

A questão atualmente presente nos estudos sobre a gestão energética é: se o Japão, que era um dos países mais preparados tecnologicamente para gerir plantas atômicas, experimentou a “insegurança” nuclear por causa de um evento da natureza, quais as chances de ocorrer uma catástrofe nuclear de proporções intercontinentais no caso de uma usina entrar em processo semelhante em outra parte do planeta? Tornou-se claro que a insegurança nuclear existe e, embora seja matematicamente impossível de mensurar, é probabilisticamente possível e significativa. A recomendação é de se optar pela prudência, pelo estudo, e pela avaliação das consequências ao se tratar de decisões relacionadas à geração de energia a partir de fontes nucleares.

Os aspectos ambientais

A energia nuclear não emite CO₂ para atmosfera. Aliás, essa vertente foi responsável pela “ilusão” da energia nuclear ser limpa, mesmo considerando os acidentes já ocorridos. Lovelock (2006) chega a afirmar que a energia nuclear é “a” fonte de energia capaz de atender as expectativas do ser humano.

A esse respeito Pereira (2001) alerta que “muito embora o ocorrido com o reator soviético em 1986 tenha mostrado a amplitude que um acidente nuclear pode adquirir, outras preocupações referentes a saúde ambiental do planeta se disseminavam mundialmente à época. O efeito estufa e a destruição da camada de ozônio vinham sendo responsabilizados pelas prognosticadas mudanças no clima da Terra”.

De fato, mesmo considerando a gravidade dos citados acidentes, o mundo os enxergavam apenas como acidentes locais e o aquecimento é reconhecidamente global, assim, não jogar CO₂ por si só, seria “uma boa” razão para seu uso. Na verdade, o processo produtivo da energia nuclear não libera nenhum gás do efeito estufa em quantidades apreciáveis, nem enxofre ou nitrogênio e isso não podem ser desprezados.

Para se ter uma idéia o que isso representa, um estudo da IAEA (1999) mostra que se os 436 reatores em operação no ano 1999 fossem substituídos por plantas térmicas a carvão de idêntica potência, seriam adicionados mais 8% aos 5,5 bilhões de toneladas de CO₂ na atmosfera. Pereira (2001) acrescenta que pesquisas realizadas na Alemanha e nos EUA informam que o conjunto das atividades envolvidas na geração de eletricidade por fonte nuclear emite apenas entre 0,5 a 4% do CO₂ liberado por central térmica a carvão de mesma potência.

Nessa direção, o quadro a seguir construído por Greyvenstein et al (2008) fornece a composição das emissões globais de CO₂ por setores e acrescente que a “energia nuclear atualmente só é usada na geração de eletricidade, mas poderia também desempenhar um papel significativo no setor industrial e de transporte ao fornecer calor de processo”. O uso de calor nuclear nas indústrias poderia reduzir em 25% as emissões globais de CO₂.

ORIGEM	%
Energia elétrica	33
Uso industrial	25
Transporte	24
Refinarias	13
Outras	5

Fonte: Greyvenstein et al.(2008)

Quadro 17 (5): Emissões globais de CO₂ por setor energético

Entretanto, segundo aludido autor, para tal uso toda uma logística de escolha do local de implantação da usina deveria ser feito, ou de “transporte” da energia em células de hidrogênio.

Apesar da não-liberação de poluentes na atmosfera, a energia nuclear não é limpa. Ela produz rejeitos de natureza radioativa, (que não contribuem para o efeito estufa), mas contribuem para o aumento do risco tecnológico, ambiental e humano. De todo o modo, a indústria nuclear precisa resolver pelo menos dois problemas decorrentes dos resíduos que libera: o lixo atômico e os estoques de plutônio. Pereira (2001) expõe que material radioativo e lixo nuclear estão presentes em todas as atividades da cadeia do combustível nuclear e a intensidade de radiação que um material continua a emitir para o ambiente permite classificá-lo como rejeito de alto ou baixo grau. Os rejeitos de alto grau são àqueles que emitem grandes quantidades de radiações ionizantes (iodo-128/25 minutos, do estrôncio-90/28 anos e do césio-137/30 anos). Já os rejeitos de baixo grau são originados por nuclídeos de meia-vida longa (urânio-238/4,5 milhões de anos).

Na verdade, a energia nuclear apresenta fortes impactos ambientais, não apenas em casos dos acidentes citados, mas em sua normalidade de funcionamento, onde se produz um lixo atômico que atualmente, ainda não possui tratamento eficaz. Por isso, o destino pode ser modificado e o uso da energia nuclear tem esse poder, tanto socialmente como fisicamente. A mudança deve ser gerida por quem compreende, que deve se transformar para construir imagens do planejamento energético sem a trágica figura da coisa ambientalmente incorreta, mesmo repensados de probabilidades de mudanças para o desenvolvimento sustentável de recursos energéticos.

Ora, segundo Pereira (2001) há um acúmulo de muitos materiais radioativos que deverão ser acomodado em repositórios definitivos. Esse lixo pode ser enterrado em edifícios subterrâneos que possuam escavações profundas (como na Suécia) ou em áreas de escavação em granitos de áreas tectonicamente estáveis. Fato é que um destino ao lixo precisa ser dado e isso tem custos elevadíssimos.

Assim, se diz que a energia nuclear é considerada energia limpa por conta da não emissão do CO₂ na atmosfera, pois ela realmente não contribui para o aquecimento global. Entretanto na conta ambiental muitas vezes, para explicar as racionalidades dos jogadores no desenvolvimento da ação, é “esquecido” o passivo deixado via lixo nuclear, e dessa forma, apenas a avaliação da “emissão de CO₂” é pouco significativa para se garantir uma energia limpa. Em outras palavras, a não emissão de CO₂ por si só, não é suficiente para justificar seu uso, principalmente face aos acidentes ocorridos (Three Miles Islands, em 1976; Chernobyl, dez anos depois e em Fukushima em 2011). Além disso, existem incertezas quanto ao destino do lixo atômico.

A questão econômica

O esperado baixo custo de produção também não existe, pois o custo do KW produzido via energia nuclear é um dos mais altos dentre das fontes conhecidas. Pereira (2001) mostra que no início da década de 90 o custo do KW nuclear instalado era em torno US\$2.000,00 enquanto os de termelétricas a gás natural sequer alcançam US\$1.000 por KW instalado. Quando comparada com tecnologias tradicionais, os custos em plantas nucleares demandam o dobro do capital de investimento. Por isso, em países onde o setor elétrico foi privatizado, as empresas de energia se negam a assumir usinas nucleares em seus parques geradores.

Goldemberg (2011b) coloca que os altos custos da energia nuclear estão associados a três riscos: econômicos, estratégicos e físicos que oneram o valor final do MW produzido.

a) Os riscos econômicos: Tem haver com a produção em si de eletricidade. As preocupações com a segurança dos reatores nucleares aumentam muito seu custo, assim a eletricidade produzida por eles tem dificuldades em competir com a eletricidade gerada de outras fontes como carvão, gás e hidroeletricidade. Além disso, há mais freqüentemente a interrupção do funcionamento dos reatores nucleares do que em usinas não-nucleares e atrasos na construção das usinas o que aumenta muito o seu custo de capital, devido aos juros.

b) Os riscos estratégicos: Nesse caso considera-se a questão da possibilidade de usar os produtos usados no ciclo nuclear (urânio enriquecido) ou os subprodutos formados pelo funcionamento dos reatores nucleares (plutônio), para produzir armas nucleares. O Tratado de Não Proliferação Nuclear adotado em 1967 tinha como objetivo aceitar a posse de armas nucleares apenas aos Estados Unidos, União Soviética, Inglaterra, França e China (que já haviam desenvolvido). Na prática, Índia, Paquistão, Israel reconhecidamente também já desenvolveram

armas nucleares. Além disso, há rumores desse procedimento do Iraque, África do Sul, Líbia, Irã e Coreia do Norte (afirmação do aludido autor)

c) Os riscos físicos: Consideram-se aqueles que resultam da produção e uso de grandes quantidades de radioatividade, o que é inerente ao uso de energia nuclear. Eles incluem a produção de combustível nuclear (urânio enriquecido), seu uso nos reatores nucleares, onde podem ocorrer acidentes que liberem radioatividade no meio ambiente, e na armazenagem dos resíduos altamente radioativos. Cerca de 400 reatores no mundo usa “urânio enriquecido” e a explosão nuclear (dentro ou fora dos reatores) produz uma imensa radioatividade que é ativa milhares de anos. O problema é, portanto, o de impedir que ela escape dos reatores nucleares em funcionamento e o de armazenar o “lixo nuclear” e isso tem custos.

Goldemberg (2011b) acrescenta que outras formas de energia também têm riscos, mas não na escala da energia nuclear; barragens de usinas hidroelétricas já ruíram, inundando vastas áreas e provocando mortes, mas esses foram acidentes com impactos localizados. Usinas termoelétricas que utilizam gás já foram paralisadas devido a problemas políticos relacionados com os fornecimentos (como já ocorreu na Ucrânia, quando a Rússia cortou o fornecimento de gás), mas eram mais relacionados com o preço do gás do que com problemas estratégicos.

Com energia nuclear, todos esses problemas e os riscos associados adquiriram uma seriedade muito maior. Os EUA se envolveram numa dispendiosa guerra com o Iraque devido as suspeitas de que esse país estivesse desenvolvendo armas nucleares.

Já Kessides (2010) analisa os custos e benefícios da energia nuclear em relação a investimentos em tecnologias de base da alternativa e conclui que:

- i. Os custos de geração nuclear são bastante insensíveis aos preços de petróleo, gás e carbono, pois apenas nos custos de construção da usina, (particularmente aqueles relacionados ao aço e concreto) existe uma relação com o aumento dos preços dos combustíveis fósseis. No entanto, isso em nada reflete nos custos de funcionamento da usina, pois o custo é rapidamente absorvido e uma vez incorrido, não oferece qualquer impacto no custo final;
- ii. Nenhum estudo é capaz de prever com exatidão os custos da energia nuclear no que diz respeito aos riscos relacionados à saúde do ser humano e aos impactos ambientais decorrentes das emissões radioativas de rotina operacional de uma usina, além do que podem ocorrer também em acidentes graves e por isso o lado positivo da energia nuclear (não afetar o clima do planeta) deve ser cuidadosamente avaliado.
- iii. A padronização dos reatores (sobretudo usando os de pequena dimensão) pode baixar os custos, entretanto isso não é opção para os países que não possuem grande número de usinas, ou seja, não é opção para maioria dos países.

Nessa direção também há os custos da construção dos depósitos do lixo nuclear. Os custos são altíssimos e devem ser incorporados ao custo da produção de energia. A Suécia, por exemplo, criou um sistema de “prêmio de créditos verdes” que prevê o pagamento de uma taxa pelas unidades geradoras que de alguma maneira prejudicam a natureza, como é o caso da energia nuclear. Com esse imposto verde, conseguiu construir o abrigo para seu lixo nuclear.

O SKB (*Svensk Kärnbränslehantering AB/Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company*) instalado na região de Oskarshamn, é um abrigo para todo o lixo nuclear de suas

usinas para os próximos 60 anos, que tem custo final planejado de 3 bilhões de euros e pode ser visto nas fotos a seguir.



Entrada principal

Vista em corte do depósito nuclear



Galeria de acesso

Capsula do depósito

Fonte: Pacini (2009)

Figura 29 (5): Fotos do SKB/Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company

Pacini (2009) esclarece que o peso da capsula é cerca de 20 toneladas e que o custo individual é em torno 200 mil euros. Para abrigar o lixo nuclear, a Suécia planeja construir 6700

capsulas de cobre, que serão seladas em processo de alta tecnologia de soldagem, cobertas com betonita e esquecidas por 100.000 anos.

Dessa forma, observando-se apenas a vertente “custos de produção”, a energia nuclear é uma opção de uso apenas na França, Finlândia, Japão, Coréia e outros países onde há ausência de outras fontes primárias. (LEPECKI, 2011), mas fica claro que a “exigência de sistemas de segurança mais eficientes e uma alta no preço dos seguros tendem a encarecer ainda mais a eletricidade nuclear” (COSTA, 2011).

Santos (2011) coloca que a energia nuclear, apesar de cara, sempre foi aceita por ser energias de massa. Por isso “os altos custos são tolerados e mascarados, nas palavras e ações que são geradas escondendo suas fraquezas, lacunas, e vícios, disfarçando o caos econômico da energia nuclear”.

Segundo Marques (2011) no Brasil, o acidente japonês levou a presidente pedir uma revisão do Plano Decenal de Energia, que estabelecia a conclusão de Angra Três e o investimento em outras quatro usinas semelhantes – duas no Nordeste e duas no Sul. O aludido autor, Goldemberg (2011b), Pereira (2001), BEN (2010) garantem que o Brasil pode manter sua matriz energética sem o uso de energia nuclear por algum tempo.

Inicialmente, o Brasil em sua matriz energética, nunca precisou dos MW produzidos pelas usinas de Angra. Na verdade, a implantação de uma tecnologia dessa natureza carrega em seu bojo de aspirações, muito mais que a quantidade de MW produzidos, trata-se também da questão de exercício de poder (Pagès, 2006; Portilho, 2005).

O governo militar da época de contratação das usinas de Angra contrariou as indicações técnicas do uso de urânio em natura abundante no Brasil para usar o combustível enriquecido. O propósito era capacitar o governo a dominar a tecnologia de enriquecimento do urânio (SILVA, 2005).

Santos (2011) coloca que o uso da energia nuclear (a não ser a escala de produção em massa) em nada pode ser defendido no Brasil. Por isso, segundo Marques (2011) retorna o interesse ao Brasil do conhecimento científico e energético de fontes alternativas. Sobre esse assunto o país encontra-se na situação privilegiada de poder recorrer a alternativas abundantes e mais baratas, como as usinas hidrelétrica, eólica e de biomassa.

Para piorar o argumento do uso da energia nuclear, Costa (2011) coloca que as condições de financiamento de Angra 3 são controversas, já que a Eletronuclear assumiu uma taxa de retorno para o investimento entre 8% e 10% – muito abaixo das praticadas pelo mercado, que variam de 12% a 18%. Assim, o referenciado autor afirma que os subsídios governamentais ocultos são disfarçados nas contas de energia.

Segundo o aludido autor, os custos de Angra 3 que eram de R\$ 7,2 bilhões em 2008, aumentaram para R\$ 10,4 bilhões em 2010, isso sem contar os R\$ 1,5 bilhão já empregados na construção e os US\$ 20 milhões gastos anualmente para a manutenção da usina. Desde 2008, o custo de instalação por kW desta usina subiu 44%, de R\$ 5.330/kW para R\$ 7.700/kW. Mesmo com o custo “mascarado” de R\$ 138,14/MWh anunciado pelo governo federal para citada usina é muito maior que a energia da hidrelétrica de Santo Antônio que foi negociada a uma tarifa de R\$ 79/MWh e a da hidrelétrica de Jirau, de R\$ 91/MWh (ambas no Rio Madeira).

Concluindo sobre a energia nuclear, os especialistas como Lepecki (2011); Goldemberg (2011b) e Costa (2011) afirmam que a energia nuclear é perigosa e tem custos elevados. Com Fukushima, a energia nuclear está oferecendo mais uma mostra de sua insegurança e de seu poder destrutivo. Desde o acidente de Chernobyl, na Rússia, não se via tamanha reação ao seu uso.

Sobre a inesgotabilidade, a expectativa de uso da matéria prima são 500 anos. Pereira (2001) colocou que “países que há muito tempo se mostram desfavoráveis à opção nuclear como a Bélgica, hoje apresenta 60% de sua energia proveniente de fonte fóssil, e a Suécia 46,2% ... a Alemanha 31,8%, e continuam dela depender em altíssimo grau para atender suas demandas de energia como um todo e de eletricidade mais particularmente”.

Mesmo com o acidente no Japão, na prática, nenhum país citado pode prescindir de imediato dessa forma de geração energética, inclusive na Alemanha, onde se investe pesado em parques eólicos.

Na Suécia ocorreu um fato ainda mais surpreendente: houve um plebiscito em 1980, onde mais de 80% dos votos, determinou o fechamento de todas as usinas nucleares. Ocorre que o governo anunciou naquela ocasião que não poderia atender o plebiscito, mas prometeu não abrir novas usinas (Kåberger, 2007). Ocorre que em fevereiro de 2009, por ocasião da coleta de dados do pesquisador, o governo sueco anunciou que o país necessitaria de mais energia, e, portanto precisaria construir cinco novas usinas nucleares.

Pereira (2001) questionou o porquê da posição desses países em não erradicar a energia nuclear e responde a si próprio afirmando ser absolutamente impossível em curto/médio horizonte, substituir as quantidades de energia atualmente geradas pelas fontes fósseis.

A preocupação com segurança que as instalações nucleares exigem deve ser extrema. É prudente seguir por saídas energéticas menos arriscadas. Evidenciados pelo desastre em Fukushima, Goldemberg (2011b) e Costa (2011) concluíram que nenhuma central nuclear do planeta está segura contra eventos sísmicos, tsunamis ou quaisquer outras manifestações da natureza.

No Brasil, Goldemberg (2011) afirma que a energia nuclear é dispensável. Segundo esse autor:

“esse tipo de geração deve ser a última das opções, restrita a países que não têm outra opção, como a França. Quando Angra 3 ficar pronta, a energia gerada será menor que o potencial de produção de energia do bagaço de cana, que só em São Paulo é de 2000MW. Trata-se da energia de dois reatores nucleares. Devemos apostar mais na biomassa e nas hidrelétricas, ainda há muito potencial para ser aproveitado”.

Entretanto, mesmo cara e poluente, a energia nuclear tem qualidade de tensão e frequência reconhecidas e não tem problema de escala de produção. Então, qual país industrializado está disposto a abrir mão dessa medida de confiabilidade? A energia nuclear é a alternativa de suprimento de eletricidade em grande escala.

5.3 Eólica

Um dos grandes desafios do mundo atual é a questão relativa à energia quanto ao seu aproveitamento tendo em vista que a maioria da energia utilizada no mundo é de origem não renovável, podendo ser ela de fonte mineral, atômica ou térmica.

Com a preocupação em torno das questões ambientais, iniciadas com grande pressão devido aos acidentes nucleares nos reatores de *Three Mile Island* (EUA-1979), *Chernobyl* (ex-

União Soviética-1986), e agora na cidade de Fukushima Daiichi (Japão) a busca de soluções para o fornecimento de energia elétrica impulsionaram a comunidade mundial a abrir um grande espaço para a penetração de energias renováveis, em especial a energia eólica (TERCIOTE, 2002). De fato, muitos especialistas acreditam que a energia eólica pode ajudar a satisfação das necessidades da sociedade futura sem prejudicar gerações (WELCH; VENKATESWARAN, 2009).

O desenvolvimento sustentável inclui as fontes renováveis de energia, tentando conciliar a necessidade energética da sociedade e da natureza, procurando encontrar uma fonte de energia que seja menos agressiva ao meio ambiente (TERCIOTE, 2002).

A energia eólica é a energia cinética do ar em movimento, o vento, que é provocado pelo aquecimento desigual da terra (DUARTE, 2004). Segundo o aludido autor, as características do vento são variáveis em relação ao tempo e ao espaço e sendo a velocidade a principal característica, o conhecimento de seu comportamento em um determinado local é de primordial importância para a instalação de uma turbina eólica.

Os sistemas de energia eólica caracterizam-se pela baixa produção de energia por ponto de geração, comparados a outros sistemas, como por exemplo o das hidrelétricas. Dentre as três formas de geração de energia eólica (interligado à rede, isolados e híbrido), os sistemas interligados à rede são os que possuem maior potencial, mas normalmente, a fazenda eólica gira em torno de 150 MW (TERCIOTE, 2002; WELCH; VENKATESWARAN, 2009). Uma única usina hidrelétrica, como por exemplo, a de Itaipu, é capaz de produzir 14.000 MW, ou seja, uma capacidade quase 100 vezes maior a de um parque eólico (LEÃO, 2009).

Para que se possa atingir um volume significativo de produção de energia, comparando com outras fontes como hidrelétrica, são necessárias grandes quantidades de parques eólicos distribuídos em pontos estrategicamente viáveis. De qualquer forma, a Energia Eólica melhora a economia local e gera empregos. Estudos na Escócia calculam 500 a 1500 empregos associados a cada 0,3 a 1,0 GW de potência instalada Aitken (2010).

No mundo, o desenvolvimento da energia eólica apresenta-se como uma das mais importantes e promissoras tecnologias na geração complementar de energia (TERCIOTE, 2002; WELCH; VENKATESWARAN, 2009). Vários governos estão traçando estratégias de fornecimento de energia elétrica a curto e longo prazo usando a eólica, a qual tem aumentado sua participação nos mercados.

A crescente procura pela comunidade internacional de novas fontes de energia limpa e renovável tem determinado a proliferação de Parques Eólicos, tanto que em 2006, a capacidade instalada dos Estados Unidos (EUA) cresceu mais de 26%, atingindo um total de 11.603 MW (mega watts). Em todo o mundo a capacidade eólica instalada aumentou em mais de 25%, atingindo 74.223 MW.

Em 2008, a Alemanha liderava com 20.822 MW, seguida pela Espanha (11.615 MW), EUA (11.603 MW), Índia com 6.270 MW e a Dinamarca com 3.126 MW. Os outros países somados chegaram a 1.500MW os quais incluem China, Itália, Reino Unido, Portugal e França. Quando observa-se a capacidade instalada per capita, a Dinamarca foi a líder com 576W, com cerca de duas vezes e meia a capacidade instalada dos países em segundo e terceiro lugar, a Espanha (260 W) e Alemanha (251 W). Os EUA ficaram em quinto lugar com 38W, atrás da Holanda com 95W (WELCH; VENKATESWARAN, 2009).

Entretanto existe uma nuance: em países onde não há dependência de importação de energia, geralmente ocorre um desinteresse por parte do governo e de outros players em investir no setor de energias renováveis, já em países que não são auto-suficientes e não possuem fontes de energia lucrativas, as energias renováveis são bem aceitas e recebem mais apoio (VALENTINE, 2010).

No Brasil é promissor o uso da energia eólica. O país possui enorme potencial, combinado com uma demanda crescente de eletricidade e infra-estrutura industrial sólida (GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2010). Com isso, significativos volumes de recursos estão sendo disponibilizados no país para investimentos em pesquisa e desenvolvimento na área de energia. Concessionárias de eletricidade, fundos setoriais de energia, petróleo e gás, além dos tradicionais recursos do sistema público de fomento (CNPq, FAPs, FINEP) que tem investido em projetos de P&D em energia (JANNUZZI, 2003).

O Brasil, historicamente, se baseou fortemente na geração de energia hidrelétrica, que supre 80% das necessidades de eletricidade do país. Juntos, o vento e a energia hidrelétrica trabalham bem dentro de um sistema, esta combinação é uma base ideal para o desenvolvimento em larga escala de energia eólica (Nesse caso, além de poder fornecer energia em sistemas isolados ou em sistemas interligados ao grid, a energia eólica também pode ser utilizada em sistemas híbridos, que são sistemas em que, desconectados da rede convencional, apresentam várias fontes de geração em conjunto - AWEA, 2005; VALENTINE, 2010; TERCIOTE, 2002).

Os sistemas elétricos eólicos possuem características diferenciadas dos meios tradicionais (como, por exemplo, o das hidrelétricas), pois o sistema de energia eólica tanto pode ser utilizado de forma isolada na ponta do consumo através de aerogeradores de pequeno porte ou também

pode ser interligado a grandes redes de transmissão e distribuição através de parques eólicos com aerogeradores de grande porte (este tipo de sistema é chamado de geração distribuída) (DUTRA, 2001; JANNUZZI, 2003).

O fato da energia eólica não necessariamente depender de uma grande rede para a transmissão e distribuição e de se poder utilizá-la em locais isolados gera alguns aspectos econômicos, os quais variam dependendo da região em que se está sendo aplicada, e que afetará no custo do sistema. Um dos aspectos a serem verificados na implantação de um sistema eólico é a distância do local de geração para o local de consumo, porque apesar deste sistema poder ser utilizado em locais isolados, como por exemplo em áreas rurais, deve-se ser levado em consideração o favorecimento de ventos propícios para a sua viabilidade, e nem sempre os locais apropriados para a instalação dos geradores estão próximos do local de consumo, causando custos que podem inviabilizar a implantação (TEGOU et al 2010).

Segundo Valentine (2010), a distancia do grid pode gerar projetos de energia eólica comercialmente inviáveis, criando custos associados à conexão. Nos EUA o custo do grid é em torno de US\$ 80 por metro, mas na Austrália, que possui grande potencial de energia eólica, o local propício para produção é separado dos grandes centros populacionais por grande distancia o que aumenta muito o custo de transmissão. Por outro lado, em casos onde é possível a instalação dos geradores próximos aos locais de consumo há uma grande vantagem econômica devido a não necessidade das redes de transmissão.

Entretanto, quando é possível se integrar a outras fontes de energia e conseqüentemente utilizar a infra-estrutura destas, os sistemas eólicos podem trazer vantagens econômicas. (TERCIOTE, 2002). Vários dos principais estudos realizados em 2010 sobre a integração da

energia eólica ao grid de energia elétrica apontam novas evidências do baixo custo proporcionado a este tipo de sistema (AMERICAN WIND ENERGY ASSOCIATION – AWEA, 2005).

Nos casos de sistemas híbridos, também há ganhos econômicos, como por exemplo nos sistemas eólico/diesel, onde o motor diesel garante a regularidade e estabilidade no fornecimento de energia, dispensando sistemas de armazenamento, e a implantação híbrida de aerogeradores é, neste caso, bastante compensador e recomendado (TERCIOTE, 2002).

Mesmo quando é possível gerar energia eólica perto do centro consumidor, os custos ainda são elevados se comparados com outras fontes de energia, pois envolvem inúmeras variáveis, tais como componentes tecnológicos utilizados, dentre outros (VALENTINE, 2010).

Em países como a Rússia e outros do oriente médio onde há enormes reservas de carvão, gás e petróleo existem um baixo custo destes tipos de energia, o que cria um desafio para o desenvolvimento de fontes renováveis, mesmo sabendo que os países possam possuir um potencial significativo para o desenvolvimento de energias renováveis (GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2010), mesmo assim, a energia eólica serve como atenuante para combater a dependência de importação de outros tipos de energia. Por isso há a necessidade de se intensificar estudos sobre o Retorno sobre o Investimento (ROI) e que se internalizem os custos ambientais para obter vantagem competitiva diante de outras fontes.

Kubiszewski, Cleveland e Endres (2001) apresentam um estudo em que coloca a energia eólica numa posição favorável em relação a outras formas de geração de energia com relação ao ROI (Return On Investment - ROI). Apesar de apresentar custos de produção elevados, estudos recentes sugerem que a energia eólica não é necessariamente uma tecnologia mais cara em comparação com a energia nuclear ou outras termoelétricas. Além disso, a maioria das pesquisas

indicam que, se os custos externos econômicos e ambientais associados com as várias formas de geração de eletricidade forem internalizadas, a energia eólica seria uma forma economicamente superior à produção de eletricidade, mesmo em comparação com termelétricas a carvão (VALENTINE, 2010).

Outro fator positivo da energia eólica é o aumento do mix de fontes energéticas. Ela pode ser utilizada para a geração de energia em locais isolados, principalmente onde a rede convencional de energia elétrica está afastada. Por este motivo, os grandes países estão investindo fortemente em parques eólicos de modo que a energia eólica vem conquistando um importante espaço na matriz energética mundial, aumentando assim o mix de fontes energéticas (JANNUZZI, 2003).

O aumento do mix energético através da agregação da energia eólica traz alguns benefícios para as nações que a inserem. Para o Centre for Sustainable Energy with Garrad Hassan e Partners (2007) estes benefícios podem até não serem muito contabilizados nas áreas em torno do desenvolvimento, mas podem trazer vantagens globais e nacionais, como por exemplo, os benefícios da redução das emissões de gás carbono e a segurança do abastecimento energético.

Segundo Duarte (2004), o surgimento da tecnologia do aproveitamento do vento foi uma consequência da crise energética de 1973, onde houve aumento do preço do petróleo, que levou à pesquisa e desenvolvimento dos atuais aerogeradores, capazes de produzir eletricidade a preços competitivos com relação às fontes tradicionais de energia, partindo de uma alternativa limpa e renovável.

De fato, segundo Terciote (2002) com o aprimoramento e o aumento da potência das máquinas eólicas, os custos de geração de eletricidade a partir dos ventos vêm diminuindo, possibilitando que em alguns anos se torne competitiva em locais com condições climáticas adequadas. Castro (2009) coloca que a energia eólica é vista como uma das mais promissoras fontes de energia renovável, caracterizada por uma tecnologia madura.

A energia eólica além de ser uma fonte de energia renovável pode ser utilizada para o fornecimento de eletricidade para pequenas populações, onde não existam linhas de distribuição da concessionária de energia ou como energia complementar da rede elétrica convencional, como forma de geração distribuída (TERCIOTE, 2002). Possui a vantagem nas visões de Saidur et al (2007) de ser facilmente acessível e abundante na natureza.

Os custos elevados para a produção de energia eólica vêm influenciando um avanço em investimentos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Esse trabalho vem resultando em um progresso técnico que tem reduzido os custos desta fonte de energia colocando-a em vantagem competitiva em comparação com outras fontes de energia (SNYDER; KAISER, 2009, KUBISZEWSKI; CLEVELAND; ENDRES, 2001).

Segundo aludido autor, quando comparado com a energia solar, a eólica encontra-se à frente, possuindo maturidade tecnológica e escala de produção industrial, exatamente resultado de significativos investimentos em P&D e uma política de criação de mercado através de políticas de incentivos em vários países, especialmente na Alemanha, Dinamarca, EUA, e mais recentemente na Espanha, entre outros. Através da P&D, os equipamentos eólicos tiveram grandes avanços, principalmente com o aumento do tamanho e da performance das hélices e das torres (WELCH; VENKATESWARAN, 2009).

Mesmo com tais investimentos a capacidade instalada de energia eólica no Brasil ainda é muito pequena quando comparada aos países líderes nessa geração, porém, as políticas de incentivos estão começando a produzir os primeiros resultados e espera-se um crescimento da exploração deste recurso nos próximos anos. Para dar suporte a esse crescimento, torna-se necessário a formação de recursos humanos e o desenvolvimento de pesquisas científicas de âmbito nacional com o intuito de produzir e disponibilizar informações confiáveis sobre a os recursos eólicos no território brasileiro (MARTINS; GUARNIERI; PEREIRA, 2008).

Após alguns desenvolvimentos no início da primeira metade desta década, o mercado eólico brasileiro tem crescido sensivelmente. Em 2008, 94 MW foram adicionados, e outros 264 MW em 2009, completando 606 MW em operação até o final de 2009. Durante o primeiro semestre de 2010, 180 MW foram adicionados, com cerca de 300 MW em construção. A capacidade instalada acumulada deverá chegar a mais de 900 MW até o final do ano (GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2010).

Segundo Reichmann Neto e Nunes (2009) o potencial de geração eólica no Brasil é da ordem de 143 GW (mais de 10 Itaipus), fora o potencial offshore. Sendo que deste total a região Nordeste possui uma capacidade de 75 GW, considerada uma das regiões mais bem servidas de ventos do planeta. E nesse caso, a energia eólica melhora a economia local e gera empregos. Estudos na Escócia calculam 500 a 1500 empregos associados a cada 0,3 a 1,0 GW de potência instalada Aitken (2010)

De maneira oposta, países como Austrália e Canadá oferecem vantagens sobre alguns recursos energéticos e colocam obstáculos ao desenvolvimento da energia eólica. Na Austrália e no Canadá, os governos se aproveitam das receitas provenientes de royalties sobre combustíveis

fósseis. Assim, em ambos os países existe apoio governamental às indústrias de combustíveis fósseis, apesar dos indícios de que outras tecnologias de energias alternativas podem representar soluções de geração de eletricidade mais benéficas a longo prazo.

Segundo Valentine (2010), no Japão, a tecnologia avançada de tratamento de resíduos e construção de reatores nucleares era vista como promissoras commodities exportáveis que proporcionavam dupla vantagem, a de proporcionar fluxos concentrados de energia relativamente barata e as receitas de exportação. Depois da tsunami e os ocorridos na cidade de Fukushima Daiichi, é possível que esse sentimento tenha mudado.

As fazendas eólicas *onshore* utilizam aproximadamente apenas 10 metros de diâmetro nas áreas onde são instaladas. Elas não provocam desapropriações de área e remanejamentos de pessoas, comuns nos aproveitamentos hidrelétricos. Há compatibilidade entre a produção de eletricidade a partir do vento e o uso da terra para a pecuária e a agricultura (DUARTE, 2004).

Geralmente 99% da área em que a fazenda eólica típica está construída fica fisicamente disponíveis como antes. As fundações das turbinas estão normalmente enterradas, permitindo qualquer atividade agrícola existente ser mantida até próxima a base da torre.

Assim, pode-se dizer que a energia eólica pode ser instalada em comunidades isoladas ocupando um pequeno espaço físico permitindo a continuidade de atividades entre os aerogeradores (pastagens e agriculturas). Comparando-se com outras fontes, ela requer um espaço menor para a produção de uma mesma quantidade de eletricidade, conforme representado na tabela a seguir.

Tecnologias	Terra requerida em 30 anos (m²/GWh)
Geotérmica	404
Eólica	800 – 1335
Solar Fotovoltaica	3237
Solar Termal	3561
Carvão	3642

Fonte: EWEA 2000 apud Terciote (2002)

Tabela 5 (5): Uso da terra para diferentes tecnologias de geração de eletricidade

Com essa baixa ocupação do solo, a utilização de sistemas de energia eólica pouco compromete a agricultura e a agropecuária (TERCIOTE, 2002; AWEA, 2005; TEGOU et al. 2010). Nesse caso, há a criação de oportunidades econômicas principalmente nas zonas rurais, proporcionando renda local através da construção de fazendas eólicas, geração de postos de trabalho, pagamentos de arrendamento de terras para os fazendeiros e agricultores, pagamento de imposto de renda que são revertidos para a população e a revitalização das comunidades rurais em que elas estão localizadas (AWEA, 2005).

As fazendas eólicas devem ser instaladas em áreas livres (sem obstáculos naturais) para que sejam comercialmente viáveis, sendo, dessa forma, visíveis. A reação provocada por um parque eólico é altamente subjetiva. Muitas pessoas olham a turbina eólica como um símbolo de energia limpa sempre bem-vindo, outras reagem negativamente á nova paisagem (WELCH; VENKATESWARAN, 2009; GOURVILLE, HERMAN, 2003). Por isso, os efeitos do impacto visual têm sido minimizados, principalmente, com a conscientização da população local sobre a geração de energia eólica (TERCIOTE, 2002).

Outra possibilidade para a energia eólica, onde há um crescimento significativo na última década, é na instalação de turbinas no mar (*offshore*). A tendência para o aumento da potência unitária, em conjunto com um melhor conhecimento da tecnologia das fundações das torres no

mar e as condições de vento no local, contribui para torná-la mais competitiva e assim de aproveitar essa energia em condições ambientais diferentes (CASTRO, 2009; SNYDER; KAISER, 2009).

Os parques *offshore* têm custos mais elevados que os *onshore* pois há a necessidade de viagens de pessoal técnico até as turbinas, mais tempo na realização das tarefas, além dos riscos devido à segurança. Há um aumento dos riscos proporcionados por tempestades que afetam a quantidade de tempo necessário para a manutenção e instalação dos equipamentos. Além disso, os ambientes *offshore* são corrosivos para os equipamentos elétricos e estruturais, exigindo tratamento especial para as turbinas e para as fundações e estacas que requerem mais aço (SNYDER; KAISER, 2009).

Dessa forma, Snyder e Kaiser (2009) enfatizam que os custos da energia eólica em terra (*onshore*) são competitivos com as fontes de energia convencionais, mas que os custos em mar (*offshore*) são mais caros do que qualquer tipo de eletricidade terrestre ou convencional.

Competitividade diante de outras fontes

O acentuado avanço tecnológico da energia eólica tem sido importantíssimo para se consolidá-la como uma energia viável. Este avanço vem reduzindo nos EUA os custos de 30 centavos de dólar por kWh em 1980 para uma média de 3 a 5 centavos de dólar nos dias atuais. A potência das turbinas aumentou de 55 kW em 1980 para 8 MW em 2009. Apesar da disponibilidade dessas turbinas com mais de 2 MW, o agrupamento de 100 delas é geralmente um limite superior do que é economicamente viável suportado pelas redes de transmissão. Por isso, a produção média dos parques eólicos é geralmente na faixa 150MW (WELCH; VENKATESWARAN, 2009).

A melhoria da tecnologia proporcionando maior eficiência e redução nos preços dos aerogeradores, juntamente com aumentos excessivos nos preços do petróleo e gás natural fizeram o custo da energia eólica se tornar mais competitiva, ficando perto de se tornar auto-sustentável financeiramente, sem o apoio de governos federais (WELCH & VENKATESWARAN, 2009; SAIDUR et al, 2007; TERCIOTE, 2002).

Segundo Jannuzzi (2003) existem oportunidades de melhoramentos tecnológicos que deverão levar ainda mais a reduções de custos, permitindo estabelecer metas bastante ambiciosas para instalação de sistemas de geração nos próximos 30 anos.

O aumento do tamanho das turbinas é vantajoso do ponto de vista econômico e ambiental. Em geral, para um determinado local, quanto maior for a potência unitária mais energia é produzida, e melhor aproveitada são as infraestruturas elétricas e de construção civil. Por outro lado, a redução do número de rotores em movimento diminui o impacto visual (DUARTE, 2004).

Apresenta-se em seguida a tabela DSR para a fonte eólica.

Eólica	Força Motriz	Estado	Resposta
	Distribuição de energia	Não depende de grid para regiões onde é possível a instalação do parque próximo do consumidor 1,27,29	Diminuição do custo de linhas de transmissão Custo para análise da carta dos ventos
Econômico	Arrendamento/desapropriação de terras para implantação de parques 1,2,4,7,29	Não afeta o cultivo da agricultura Não afeta a criação de animais	Maior geração de renda para as comunidades locais
	Implantação de Parques Eólicos	Alteração do sistema de emprego e renda local	

		Geração de custo elevados comparados com outras fontes de energia 15	Necessidade de estudos do Retorno sobre o Investimento (ROI) e que internalizem os custos ambientais para obter vantagem competitiva diante de outras fontes de energia 10;13;14;27 Investimento da tecnologia P&D em outras fontes de energia 5 Redução de ganhos devido problemas com as propriedades não estocástica do vento 27
		Redução de royalties para os cofres públicos gerados, principalmente, pelos combustíveis fósseis 27	Diminuição do desenvolvimento econômico da região
		Reduz a dependência de importação de outros tipos de energia 15, 27	Atração de investimentos no setor Demorado retorno de Investimento inicial (32,33)
		Aumento do Mix de produtos 1, 27	Redução de custos financeiros como taxas de importação, taxas de câmbio, dentre outros Menor dependência econômica de outros mercados Segurança Energética (proteção contra escassez) 22;26;27
		Possibilidade de integração com outras fontes de energia 7	Maior aproveitamento de infra-estrutura de outras fontes e consequente economia e redução de custos 22
	Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)	Redução dos preços dos equipamentos 1,9	Aumento da eficiência (custos, potência, tamanho das torres) 1;3;9;15;17;21;22;27 Propicia estabilidade dos preços de energia 15,26
	Implantação de Parques Eólicos offshore	Desvio nas rotas das embarcações (offshore) 13	Maiores custos com navegação Redução da procura turística na região 15
Ambiental	Uso de fonte combustível não poluidora (Vento) 7,9	Geração Limpa 4,7,13,14,22,26,30,31	Geração de créditos de Carbono 4;14;27 Não emissão de CO2 (diminuição do efeito estufa) 4;7;11;13;14;22;26;30;31 Redução na geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos (água, ar e solo) 1;7;16;17;31 Políticas de incentivo (créditos fiscais) 7, 16

		Não há dependência de combustíveis fósseis 7,27	Diminuição da preocupação com o tempo de vida do residuo 5;9;13;15;26;27;31
		Não gera desastres ambientais tais como inundações, incêndios, derramamentos de petróleo etc	Apenas dependência de condições climáticas do vento 1;2;15;17;29;30
		Não utiliza água como combustível e nem nas etapas dos processos 1,7,15	Preservação das reservas de água do planeta 1,7
		Aumento do tempo de vida de reservas não renováveis (combustíveis fósseis, água, urânio, etc) 17	Colaboração para o cumprimento de tratados internacionais tais como Rio 92, Agenda 21, etc 16;27
	Utilização de equipamentos pesados sem proteção acústicas	Ruído 1,2,3,7,31	Necessidade do gerenciamento da emissão de ruídos
	Utilização de torres altas com grandes hélices	Impacto visual 1,2,9,11,15,21,22,24,27,29	Necessidade da promoção de conscientização do benefício ambiental proporcionado
		Mudança na fauna (principalmente com a morte de aves e morcegos) 1,6,8,9,11,12,14,15,31	Acompanhamento do índice de mortes, gerando a necessidade de estudo da fauna no entorno dos parques antes da instalação 1
		Interferência eletromagnética 1	Políticas de distanciamento entre os parques eólicos e as comunidades 1,2,9
	Utilização de áreas para instalação de parques	Mudança na flora	Estudo da flora local dando maior viabilidade para áreas não florestais 1
Social	Implantação de Parques Eólicos em comunidades isoladas 1,15	Geração de emprego 1,4;7;15;18;19;21;22;26;27	Possível aumento na qualidade de vida da população 15
		Falta de Interação com comunidades locais (divulgação, planejamento participativo, etc) 3;18;20;22;24;28	Rejeição das instalações pela comunidade por falta de informações 18;19

		Desapropriação e remanejamento de pessoas 4	Mudanças culturais 15
Institucional	Choque do petróleo 2,4	pressão por produção mais limpa 7,31.32	Geração de emprego e renda local. gerenciamento ao crescimento natural.
		pressão por energia mais barata 7,31	Investimento da tecnologia P&D em outras fontes de energia 5
	Implantação de Parques Eólicos	Dificuldade de gerenciamento de vários projetos de uma mesma fonte de energia 27	Criação de políticas de incentivo à descentralização de empresas de energia 5, 32, 33
			Poucos fornecedores no Brasil 33,34
Distribuição de energia	Não depende de grid para regiões onde é possível a instalação do parque próximo do consumidor 1,27,29	Necessidade de análise de viabilidade da estrutura e de condições climáticas	

Fontes: [1] Terciote (2002); [2] Castro (2009); [3] Churro et al (2004); [4] Duarte (2004); [5] Jannuzzi (2003); [6] Telleria (2009a); [7] Aitken (2010); [8] Telleria(2009b); [9] Welch et al (2009); [10] Jacobson et al (2001); [11] Gourville (2003); [12] Ritter (2005); [13] Kubiszewski et al (2010); [14] Kunz et al (2007); [15] Snyder et al (2009); [16] Kuo (2010); [17] Wang et al (2008); [18] Aitken (2010a); [19] Aitken (2010b); [20] Breukers et al (2007); [21] Devlin (2005); [22] Centre for Sustainable Energy (2007); [23] Gross (2007); [24] Wolsink (2007); [25] Wolsink (2000); [26] Saidur et al (2010); [27] Valentine (2010); [28] Jolivet et al (2010); [29] Tegou et al (2010); [30] Ouammia et al (2010); [31] Josimović et al (2010). [32] Goldemberg(2011) [33] Entrevista Diretor Energisa. [34] entrevista ANEEL.

Tabela 6 (5): DSR Eólica

Aspectos Ambientais

O maior percentual da energia consumida no globo terrestre é proveniente do petróleo que têm forte uso nas matrizes energéticas mundiais. Esses, denominados combustíveis fósseis, provocam um grande impacto ambiental, produzindo emissões gasosas que, além de poluentes, destroem ecossistemas (DUARTE, 2004).

As energias renováveis (como a energia eólica) ao contrário dos combustíveis fósseis, podem servir eternamente aos propósitos energéticos com quase nenhum impacto ambiental. (DUARTE, 2004). De fato, a fonte eólica se mostra atrativa, tanto pelo caráter não poluente,

quanto por se apresentar como uma fonte inesgotável de energia (GOURVILLE; HERMAN, 2003).

O mais importante benefício ao meio ambiente da geração eólica é a não emissão de dióxido de carbono na atmosfera. A moderna tecnologia eólica apresenta um balanço energético extremamente favorável e as emissões de CO₂ relacionadas com a fabricação, instalação e serviços durante todo o ciclo de vida do aerogerador são “recuperados” depois de três a seis meses de fabricação (TERCIOTE, 2002; GOURVILLE; HERMAN, 2003).

A energia eólica é uma fonte de energia limpa e é capaz de estimular a redução tanto do consumo de esgotamento das reservas de combustível e as emissões de poluentes. No entanto, a disponibilidade de energia eólica é altamente dependente das condições climáticas, a penetração da energia eólica em redes de serviços públicos tradicionais pode incorrer em certas implicações de segurança (WANG; SINGH, 2008).

Segundo Duarte (2004) cada quilowatt-hora de energia elétrica gerada por uma turbina eólica compensa a emissão de: 0,5 a 1 kg de dióxido de carbono - CO₂; 7 g de óxidos sulfúricos; 7 g de óxidos de nitrogênio; 7 g de e particulados do ciclo de combustível do carvão, incluindo mineração e transporte; 100 mg de trancos de metais, como o mercúrio; 200 g de sólidos desperdiçados nos resíduos de carvão e cinza.

Além disso, a energia eólica não utiliza água como elemento motriz, nem como fluido refrigerante e não produz resíduo radioativo ou gasoso e ainda é possível utilizar a área do parque eólico como pastagens e outras atividades agrícolas (TERCIOTE, 2002).

Com o uso dessa energia no Brasil, constata-se que os projetos de energias renováveis representam 37% do total de projetos, sendo que cerca de 5% destes são provenientes da força dos ventos. Isto representa a geração de mais ou menos 3,2 milhões de créditos de carbono, ou aproximadamente 50 milhões de reais. Avaliando esses dados, observa-se que o Brasil poderá multiplicar por 5 sua emissão de créditos de carbono através das usinas eólicas, haja vista que atualmente cerca de apenas 400MW provenientes de energia eólica resultaram em créditos de carbono (MME, 2011).

Mesmo com tantas vantagens, Terciote (2002) aponta que algumas das características ambientais da energia eólica são desfavoráveis como, por exemplo: impacto visual, ruído, interferência eletromagnética, danos à fauna. Porém, algumas destas características podem ser significativamente minimizadas e até mesmo eliminadas com planejamento adequado e inovações tecnológicas.

A preocupação relativa à fauna é com os pássaros, os quais podem vir a colidir com estruturas (torres de alta tensão, mastros e janelas de edifícios) e com as turbinas eólicas, devido a dificuldade de visualização (TELLERIA, 2009; WELCH; VENKATESWARAN, 2009; GOURVILLE; HERMAN, 2003). Vários estudos foram realizados contabilizando a número de mortes de pássaros próximo das instalações de aerogeradores. Pode-se citar na Alemanha em que foi contabilizado um total de 32 pássaros mortos por turbina eólica entre os anos de 1989 e 1990. Outro estudo na Espanha, no final de 1993, em que muitas espécies de pássaros ameaçados de extinção morreram em colisões com as turbinas.

Assim, para gerenciamento das instalações de turbinas eólicas é recomendado estudos nas regiões para se verificar as rotas migratórias dos pássaros evitando-se assim a instalação de

turbinas nos locais de rota dessas espécies, pois o comportamento dos pássaros e as taxas de mortalidade tendem a ser específicos para cada espécie e também para cada lugar.

Já sobre a geração de ruídos, embora existam no mercado turbinas de baixo ruído, é inevitável a existência de um zumbido, principalmente a baixas velocidades do vento, uma vez que o ruído das altas velocidades do vento se sobrepõe ao ruído das turbinas (DUARTE, 2004).

De fato, o ruído proveniente das turbinas eólicas tem duas origens: mecânica e aerodinâmica. O ruído mecânico tem sua principal origem da caixa de engrenagem que multiplica a rotação das pás para o gerador (TERCIOTE, 2002). O ruído aerodinâmico é um fator influenciado diretamente pela velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica.

O ruído produzido pelo movimento das pás, de origem aerodinâmica, pode ser considerado perturbador em determinadas condições, nomeadamente no período noturno, para usos sensíveis, em particular de habitação, localizados na sua imediata vizinhança (CHURRO et al, 2004). O desenvolvimento tecnológico nos últimos anos promoveu um avanço significativo na diminuição dos níveis de ruído produzidos pelas turbinas eólicas (TERCIOTE, 2002).

A interferência eletromagnética ocorre porque o sinal refletido é atrasado devido a diferença entre o comprimento das ondas alterado por causa dos movimentos das pás (TERCIOTE, 2002). Assim é que falta de comunicação especializada faz com que a interação dos stakeholders participantes das fazendas eólicas e a comunidade local faz com que gere desconfiança por parte da comunidade local e isso faz com que haja diversos conflitos e a não aceitação desse tipo de energia (DEVLIN, 2005).

A natureza incontrollável e intermitente da energia eólica apresenta desafios únicos para a gestão da rede, comparados com sistemas controlados pelo operador, tais como a carvão, gás ou nuclear (Kubiszewski; Cleveland; Endres, 2001).

De qualquer forma, Goldemberg (2011) acrescenta que a tragédia nuclear no Japão (Tsunami que causou desastre nuclear em Fukushima) vai dar um impulso nos investimentos em energia renovável em todo o mundo; que a Alemanha, que anunciou o desligamento de suas usinas nucleares e já investe pesado em energia eólica e isso só tende a aumentar e sobre a energia eólica e sobre seu uso no Brasil afirma que “os ventos bons estão lá no Piauí, no Ceará, no Norte do Maranhão. E não adianta dizer que faltam boas linhas de transmissão ligando o Norte ao Sul. Todas as dificuldades técnicas para longas distâncias já foram resolvidas há trinta anos, com a hidrelétrica de Itaipu, que é muito longe. O que falta é interesse político”.

5.4 Petróleo

Segundo Costa (2000) “A indústria do petróleo é definida, segundo a legislação brasileira, como o conjunto de atividades econômicas relacionadas com a exploração, desenvolvimento, produção, refino, processamento, transporte, importação de exportação de petróleo, gás natural e outros hidrocarbonetos fluídos e seus derivados”, e o petróleo é constituído por uma complexa mistura de diferentes substâncias químicas, (200 a 300 compostos), dentre estes nitrogênio (0% a 0,5%), enxofre (0% a 6%), oxigênio (0% a 3,5%), alguns metais (principalmente níquel e vanádio) e os hidrocarbonetos (50% a 98%), sendo os principais compostos o nitrogênio, o enxofre e o oxigênio (SILVA, 2004).

Admite-se que a origem desse óleo esteja ligada à decomposição do plâncton (das águas doces ou salgadas), protozoários, celenterados e outros. Estes seres decompostos foram, ao longo de milhões de anos, se acumulando no fundo dos mares e dos lagos, sendo pressionados pelos movimentos da crosta terrestre e transformaram-se em petróleo. CEPETRO (2011)

Foi no século XIX, durante a Revolução Industrial que o uso do petróleo conheceu a maior taxa de crescimento, inicialmente como combustível para iluminação e depois nos transportes motorizados. Entretanto, nesse século a dependência do petróleo continua enorme, sendo uma fonte de energia essencial, para um grande número de países e para diversas finalidades.

Segundo o USGS (2000) existem possivelmente 130 áreas petrolíferas no mundo. As maiores são no Oriente Médio, seguidos da antiga União Soviética. Em terceiro lugar aparece a América do Sul, a América Central, e o Caribe com vinte e três áreas de exploração. Entretanto, as áreas do Oceano Atlântico começando na Bacia de Santos no sul até a Bacia Guyana-Suriname no norte apresentam grande potencial de se encontrar depósitos gigantes de petróleo e gás em terras submersas do mar em profundidades de até 4 mil m.

As áreas no norte da América do Sul como a Bacia de Maracaibo e a Bacia da Venezuela do Leste já tem produzido petróleo e gás há muito tempo. Nas áreas perto dos Andes (incluindo *Santa Cruz-Tarija, Neuquen, Magallanes, e São Jorge*), as possibilidades de se encontrar grandes depósitos de petróleo são baixas por causa da geologia.

Segundo Silva (2004) os diferentes tipos de petróleo possuem os mesmos hidrocarbonetos, mas em proporções que variam consideravelmente. Eles são responsáveis pela poluição ambiental e influenciam nas propriedades físicas como, por exemplo, na coloração

variando desde quase transparente até o negro; no odor de quase inodoro até o forte cheiro de enxofre. Assim existem quatro classes principais de hidrocarbonetos, segundo quadro a seguir:

Aromáticos	hidrocarbonetos de cadeia benzênica (insaturada). Estão presentes em todos os tipos de petróleo, embora em pequenas quantidades. Tem biodegradação lenta e são os que apresentam maior toxicidade e elementos carcinogênicos. Os que possuem dois ou mais anéis aromáticos são denominados de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), classificados como Poluentes Orgânicos Persistentes (POP). Constituem os principais produtos da combustão incompleta, sendo potencialmente perigosos e amplamente distribuídos pelo meio ambiente em misturas complexas.
Alcanos (parafinas)	hidrocarbonetos de cadeias simples e ramificadas. Compreendem a maior fração da maioria dos petróleos. São incolores, relativamente inodoros e pouco reativos. A toxicidade geralmente é baixa e são facilmente biodegradados.
Alcenos (olefinas)	hidrocarbonetos de cadeia aberta, similar aos alcanos diferindo apenas pela presença de ligação dupla entre os átomos de carbono. Geralmente estão ausentes ou aparecem em pequenas quantidades no petróleo, mas são abundantes em produtos de refino como a gasolina.
Cicloalcanos (naftas)	hidrocarbonetos de cadeias fechadas (cíclicas) e saturadas. Compreendem a segunda maior fração da maioria dos petróleos. A toxicidade é variável de acordo com a estrutura molecular e são resistentes à biodegradação.

Fonte: Silva (2004)

Quadro 18 (5): Principais classes de hidrocarbonetos

Apesar da separação da água, óleo, gás e sólidos produzidos ocorrer em estações ou na própria unidade de produção, é necessário o processamento e refino da mistura desses hidrocarbonetos, para a obtenção dos componentes que serão utilizados nas mais diversas aplicações (combustíveis, lubrificantes, plásticos, fertilizantes, medicamentos, tintas, tecidos, etc). CEPETRO (2011). Assim os produtos finais das estações e refinarias são (gás natural, gás

residual, GLP, gasolina, nafta, querosene, lubrificantes, resíduos pesados e outros destilados) que são comercializados com as distribuidoras, que na sua forma original ou aditivada, oferecerão ao consumidor final.

A seguir apresenta-se a tabela DSR para a fonte petróleo.

Petróleo	Força Motriz	Estado	Resposta
Econômico	O aumento do preço do petróleo	Uso da reserva de combustíveis não renováveis (6,17,18,22)	O aumento dos preços do petróleo causou abandono de vários pequenos campos devido à inviabilidade econômica das condições operacionais (8)
	Anuncio da crise do petróleo - Fim do Petróleo 2030 (15)	Uso das Reservas de combustíveis não renováveis (13)	A era do petróleo abundante e de baixo custo aparentemente está no fim. (2,4,5,6,13,26,28) Alta dos preços do combustível líquido (4,5,6,13,15,18)
	Aumento da demanda e o fortalecimento da política ambiental (17,18,22)	Alerta sobre segurança energética (2,4,6,9,10,13,14,15,18,10,21,22,24,26)	Necessidade de implantar outras energias, independentes de custos (2,4,9,10,13,15,17,18,10,22)
	Investimento em construções em refinarias (4,14,18,28)		Busca da redução da dependência de importação (2,6,14,15,21,22)
			Ineficiência na transformação (4,6,24)
	Melhorar a qualidade dos derivados adicionando valor à produção de petróleo do Brasil (redução de exportações do óleo ácido pesados) (14)		
Ambiental	Prospecção e uso do Petróleo (1,2,3,5,6,22,23,24,26,28)	As especificações de destilados e gasolina estão cada vez mais rigorosas; regulamentação ambiental para eliminar resíduos corretamente. (1,28)	As refinarias têm que reduzir a produção de resíduos pesados e produzir combustíveis mais limpos. Ao mesmo tempo, eles precisam diminuir o consumo de combustíveis fósseis e emissões de CO ₂ (7,28)
		Emissão de CO ₂ (1,2,3,6,7,17,18,20,24,28)	Necessidade de redução dos gases do efeito estufa (1,2,3,6,7,17,18,20,24,28)
	Injeção de CO ₂ para a recuperação de óleo pesado(3,27)	Necessidade de redução (1,2,3,6,7,17,18,20,24,28)	A União Européia introduziu um <i>Emissions Trading Scheme</i> (EU ETS) para as emissões de CO ₂ do setor de energia e indústrias de

			energia intensiva, são obrigados a apresentar as licenças de emissão (1,6)
	Substituição da água no processo de perfuração de poços. (1) Re-utilização da água produzida no processo de tratamento de fluidos(1)	Re-utilização da Água (1,3)	Diminuição da contaminação da água.(1,3)
	O aumento dos preços do petróleo causou abandono de vários pequenos campos devido à inviabilidade econômica das condições operacionais (8)	Uso da reserva de combustíveis não renováveis	Perigo de contaminação do entorno (1,8,27)
	Melhoria de óleo pesado de recuperação por injeção de CO ₂ (3)	Reserva de combustíveis não renováveis (15,20,21,22)	Maior utilização das reservas (3,15,20,21,22,24)
	Desastre ambiental (28,34,35,36,37,38)	Derramamento de 5,3 milhões de litros de óleo em 2000. Plataforma afundada. (4,11,28,34,35,36,37,38)	Mudanças Gerenciais (1) Aumento de investimento em meio ambientes (1)
	Perfuração de poços offshore (4,5,12,35,36,37,38)	Alterações ambientais (1,2,3,6,7,17,18,20,24,27,28,34,35,37,38)	Aumento das concentrações de elementos em sedimentos do fundo oceânico, As maiores concentrações são de Al, Ba, Mn e Zn (12)
	Esforço global para mitigar as alterações climáticas (1,6,7)	Mudanças climáticas (1,2,3,6,7,17,18,20,24,27,28,35,37)	Tentativa de diminuir significativamente a oferta/consumo petróleo em longo prazo (15,22)
Social	Desastre – derramamento de milhões de litros de óleo. Plataforma afundada. (11,17,34,35,36,37,38)	Interação com comunidades locais (23,27,34)	Aumento de divulgações, patrocínio, planos sociais para valorização da imagem. (11)
	Problemas com o trabalhador (34,35,36,37)	Na prospecção em terra (34)	Ataques de animais ao trabalhador , Ataques de bandidos em estações remotas, perigo de acidentes automobilísticos Troca de turnos retirando

			convívio da família (34,36)
		Na prospecção offshore (34,35,36,37,38)	Riscos de incêndios, Troca de turnos retirando convívio da família (34,35,36)
	Produção descentralizada das reservas de petróleo convencionais no mundo. (13,18,23,27,35)	Universalização da energia (18,23)	Atendimento de maior público (13,23)
Institucional	Decisão política de fortalecimento das políticas ambientais (1,18)	Estabelecimento de políticas públicas (6,7,23)	Transição para os de energia alternativa, medidas do lado da demanda (1,13)
	Por causa da emissão de CO ₂ (6)	Necessidade de redução (1,2,3,6,7,17,18,20,24,27,28)	A União Europeia introduziu um Emissions Trading Scheme (EU ETS) para as emissões de CO ₂ do setor de energia e indústrias de energia intensiva, são obrigados a apresentar as licenças de emissão. Também países isoladamente buscam políticas de redução (6,17)
			Projeto de lei (Waxman-Markey) de aumentar o preço do CO ₂ (2)
	Possibilidade de Geração descentralizada (7,13)	Implantação de pequenas unidades geradoras (7,18)	Política visando a universalização da energia (6,13)
		Possibilidade de co-geração (19)	Política de co-geração com outras fontes energéticas (19)
	Anuncio da crise do petróleo (13)	Uso das Reservas de combustíveis não renováveis (13,21,22,23,24)	Necessidade de regulação ambiental do setor (28) Incremento de política mundial para descoberta e uso de fontes renováveis de energia (1,2,3,6,7,11,17,19,24,26)
Desenvolver um processo eficiente de energia para a operação da planta offshore. (4,5,36,37,38)	Utilização apenas de gás como energia para a operação da planta offshore para separação do petróleo. (4,5,26)	Investimento em tecnologia P&D (4,27,36)	

Fontes: [1] Campos, et.al. (2005). [2] Morrow et.al. (2010). [3] Emadi, et.al. (2011). [4] Oliveira Junior e Van Hombeeck (1997). [5] Miura et.al. (2006). [6] Holmgren e Sternhufvud (2008). [7] Szklo et.al. (2007). [8] Babadagli (2007) [9] Szklo, et. al. (2008) [10] Colley, et. al. (2009) [11] Lins, et.al. (2008) [12] Rezende et.al. (2002) [13] Owen et.al. (2010) [14] Tavares et.al. (2006) [15] Kjærstad e Johnsson (2009) [16] Greene et.al. (2006) [17] Mazandarani et al. (2011) [18] Leung (2010) [19] Chacartegui et al. (2008) [20] Khorshidi et al. (2011) [21] Nakawiro, et al. (2008) [22] Ong, et al. (2011) [23] Alotaibi (2011). [24] Asif, (2009) [25] Szklo et.al. (2005) [26] Kiani e Pourfakhraei (2010) [27] Lior (2008) [28] Costa (2000)

[29] Silva (2004) [30] USGS (2000) [31] Cepetro (2011) [32] Chaise ((2011^a) [33] Chaise (2011b) [34] Barbosa et.al. (2009) [35] Rodrigueiro e Souza (2007) [36] Freitas et.al. (2001) [37] Coutinho (2001) [38] Ferraço Junior e Ferraz (2004).

Tabela 7 (5): DSR Petróleo

Aspectos Econômicos

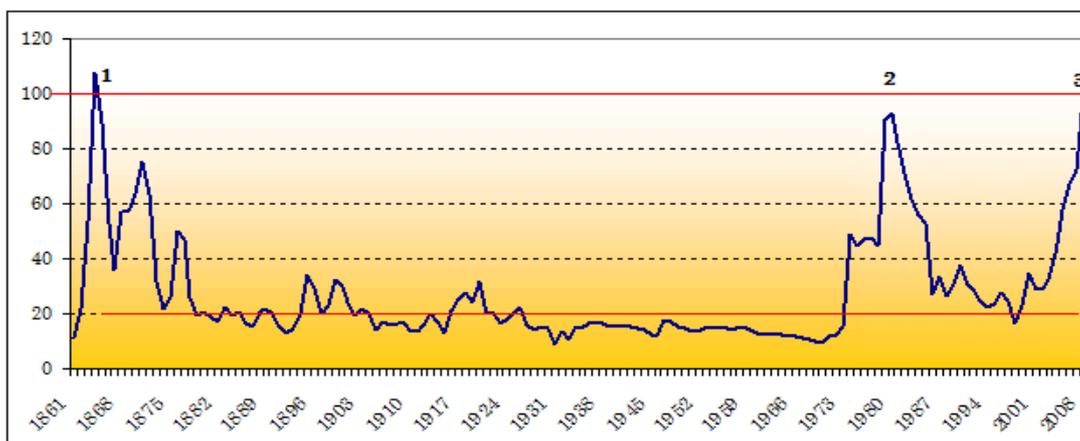
Os países da OPEP anunciaram nos anos 70, durante a chamada “crise do petróleo”, uma estimativa de apenas mais 30 anos de prospecção, assim o preço do petróleo dispara. Quarenta anos depois, não se sabe ao certo quanto são as reservas mundiais de petróleo, mas há um estudo de Kjärstad e Johnsson (2009) buscando várias fontes incluindo as Nações Unidas, World Energy Outlook, e outros organismos internacionais onde apontam para 2030 a previsão de uma brusca redução na oferta. De qualquer forma os citados autores se protegem dizendo que apesar dos cuidados que tomaram, obviamente existe uma falta de transparência na indústria petrolífera que os impediram de realizar uma análise acurada da produção futura e da capacidade de abastecimento.

Segundo Chaise (2011) o preço do barril do petróleo influi num conjunto de decisões em escala mundial que implicam em mais pesquisa e desenvolvimento do uso de novas fontes, reestruturações dos transportes, da indústria, da matriz energética e elétrica, enfim, o petróleo ainda é um pólo decisor.

O aludido autor coloca que existem explicações econômicas para cada pico de crescimento ou declínio do preço do petróleo, conforme descrito a seguir:

- ✓ 1864 – 1882 (Queda): Substituição do Petróleo por óleo de baleia para a iluminação
- ✓ 1882 – 1973 (Estabilidade)
- ✓ 1970 – 1982 (Crescimento): Queda de 10% da oferta na produção pelos países da OPEP

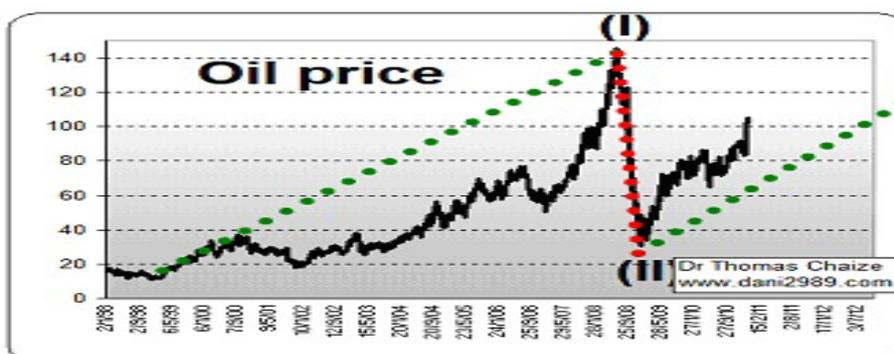
- ✓ 1982 – 2001 (Queda): Aumento da oferta por outros países; substituição do uso do petróleo por outra fonte combustível.
- ✓ 2001 – 2008 (Crescimento): Segundo o autor, esse foi um período de especulação.



Fonte: Chaise (2011a)

Gráfico 1 (5): Evolução do Preço do Petróleo (1861-2008)

Chaise confirma essa fase de especulação apresentando o gráfico – tendência apenas de 1998 para 2011, como pode ser observado a seguir, houve uma queda abrupta do preço entre julho e dezembro de 2008.



Fonte: Chaise (2011b)

Gráfico 2 (5): Evolução do Preço do Petróleo

Assim, o preço do petróleo entrará em curso de aumento, explicado pela diminuição da oferta, até sua extinção por volta de 2030 (KJÄRSTAD; JOHNSON, 2009).

Até isso ocorrer, diversos países dependem de seu uso. Mazandarani et.al.(2011) mostram que o crescimento econômico no Iran depende da eletricidade e assim o consumo cresceu onze vezes nos últimos 30 anos. Dessa forma, o país tem investido na construção de muitas usinas térmicas tendo como principal combustível os derivados do petróleo, aumentando o nível de poluentes no ar.

Trabalho semelhante foi o de Alotaibi (2011) no Kuwait, onde o consumo de petróleo, principal fonte do país de energia, também está aumentando ano a ano. Além do clima severo, do rápido crescimento econômico e da existência de matéria prima abundante, há outros aspectos que colaboram para a concentração do uso do petróleo. Se esta situação continuar, o país será obrigado a aumentar a produção ou reduzir a exportação. Isso causará problemas ambientais e/ou sociais, já que a venda do petróleo é fonte de renda.

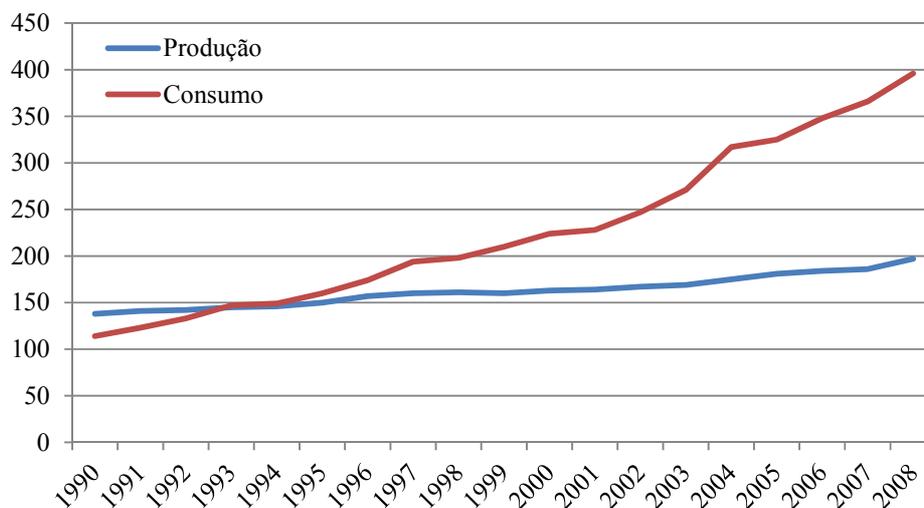
Sobre a China, Leung (2010) argumenta que durante as últimas duas décadas, a demanda de petróleo cresceu sobremaneira. De 1978 a 1990 cresceu apenas 25%, entretanto, no ano 2008 já apresentava um crescimento de 400%, havendo atingido o uso de 396 milhões de toneladas, fazendo daquele país, o segundo maior usuário de petróleo do mundo. Sua dependência da importação (critério para a segurança energética que é a garantia do fornecimento regular de energia para o consumo quer industrial, quer para o consumo doméstico) subiu de 7,5% para 50,0%. O quadro a seguir mostra essa evolução.

Ano	Produção	Consumo	Importação	Exportação	Balço Imp/Exp	Dependencia %
1990	138	114	7	31	-23	-20
1991	141	123	12	29	-17	-14
1992	142	133	21	28	-7	-6
1993	145	147	36	25	11	8
1994	146	149	29	23	5	3
1995	150	160	36	24	12	8
1996	157	174	45	27	18	10
1997	160	194	67	28	40	21
1998	161	198	57	24	34	17
1999	160	210	64	16	48	23
2000	163	224	97	21	75	33
2001	164	228	91	20	71	31
2002	167	247	102	21	81	32
2003	169	271	131	25	106	39
2004	175	317	172	22	150	47
2005	181	325	171	29	142	43
2006	184	348	194	26	168	48
2007	186	366	211	27	184	50
2008	197	396	-	-	197	50

Fonte: Leung (2010)

Tabela 8 (5): O aumento da dependencia do petróleo na China

Ora, com os dados apresentados por Leung(2010) é fácil construir o gráfico a seguir e inferir que a taxa média de crescimento da produção de petróleo na China nos últimos dezoitos anos foi de 3,2% aa, enquanto o crescimento do consumo foi de 15,6% aa., um déficit considerável.



Fonte: Leung (2010)

Gráfico 3 (5): Produção e Consumo de Petróleo na China

Com esses dados, Leung(2010) afirma que, mesmo inconveniente (por ser poluente), a única forma de atender à demanda plenamente é através do petróleo e com quantidade volumosa importação. Acrescenta ainda que para aquele país, não há nenhum substituto eficiente e economicamente viável substituindo o uso da gasolina, diesel e o querosene de aviação para o transporte.

Aspectos Ambientais

O principal problema da utilização do petróleo como fonte energética é a emissão de CO₂. (Campos, et.al. 2005;. Morrow et.al. 2010; Holmgren; Sternhufvud, 2008. Szklo et.al. 2007; Mazandarani et al. 2011; Khorshidi et al. 2011; Costa,2000). Esse é um problema que é provocado localmente, mas atinge todos os países, pois a emissão de gases polui toda atmosfera.

O crescimento econômico no Iran comentado por Mazandarani et.al.(2011) mostram que aquele país em 2009, emitiu no ambiente cerca de 120 Mtons de CO₂ e que com a nova matriz

energética, as emissões de CO₂ vão aumentar 1,6 vezes e se permanecesse a antiga matriz, aumentaria 2,1 vezes.

Aspectos Sociais

Os aspectos sociais do uso do petróleo são incontáveis. Vão desde acidentes ecológicos que alteram a fauna e flora e a interação desses com o ser humano, afetam a forma de trabalho, bem como a geração de conflitos e guerras.

Rodrigueiro e Souza (2007) citando Shiva coloca que onde há petróleo, há conflitos. “Não importa em que medida a aparência de uma guerra de culturas apareça vinculada às invasões do Afeganistão e Iraque, por que a realidade era, e é que se trata de guerras pelo petróleo”, além disso, relaciona uma lista de acidentes com o setor petrolífero, sumarizados no quadro a seguir:

Local	Conseqüências
Alasca, 1989, Exxon Valdez	41 milhões de litros de petróleo atingindo áreas virgens e biologicamente ricas
Rio de Janeiro, 2000, Reduc Petrobrás	1 milhão e 290 mil litros de óleo derramados na Baía da Guanabara, prejudicando imensamente todas as espécies de peixes, plantas, aves e também os trabalhadores que retiravam seu sustento e de sua família de dentro do mar
Equador, 2001, Jéssica	720 mil litros de óleo diesel espalhados em uma área de 1 mil e duzentos quilômetros quadrados, inclusive atingindo o arquipélago de Galápagos, reconhecido como patrimônio natural da humanidade, santuário ecológico, lugar de espécimes únicas.
Galícia, 2002, Prestige	52 mil toneladas de óleo nas praias da Galícia, na Espanha e em ilhas do Oceano Atlântico – desastre ecológico ainda não contabilizado

Fonte: Rodrigueiro e Souza (2007)
Quadro 19 (5): Acidentes no setor do petróleo

Além disso, há acidentes com mortes humanas. Freitas et.al (2001) coloca que os acidentes como o da Plataforma de Enchova em 1984, bem como o da Plataforma de Piper Alpha (no Mar do Norte, em 1988), o qual resultou no óbito de 165 dos 228 trabalhadores simbolizam o

grande potencial de perigo que existe nas plataformas de petróleo” e exigem que seriedade nas causas relacionadas à saúde do trabalhador.

O afundamento da plataforma de extração de petróleo P36 em 15/3/2001 é outro exemplo de acidente envolvendo o social, ambiental e econômico. Foi o segundo maior acidente da história da Petrobras que funcionou apenas dez meses e apresentou um cenário de explosões, morte de onze petroleiros e afundamento no mar com grande risco ambiental (chances de vazamento de 1,5 milhões de litros de combustível) e principalmente financeiro na medida em que a plataforma tinha custado mais de um bilhão de reais. (COUTINHO, 2001; FERRAÇO JUNIOR; FERRAZ, 2004).

Como já pode ser percebido, a exploração e produção de petróleo podem ocorrer tanto em terra como em campos marítimos e há outros aspectos sociais envolvidos. Segundo Barbosa (2009) embora não existam grandes diferenças no que se refere à natureza do trabalho dos que operam em terra ou em mar, é significativo o fato de que as várias atividades dos operadores plataformistas – tais como manutenção preventiva, trabalhos de reparo e operações de levantamento de cargas - se conjuguem com as múltiplas partes do sistema tecnológico, conforme o quadro a seguir:

Natureza do serviço em terra	Exigem
Como os campos petrolíferos terrestres normalmente são isolados	Cuidados com assaltantes, com acidentes automobilísticos e com situações adversas, como ataques de animais, picadas de insetos e peçonhentos. Além disso, ficam sujeitos ao clima, aumentando o desgaste físico. As condições de ruídos elevados concorrem para tornar as condições de trabalho desagradáveis.

Natureza do serviço no mar	Exigem
Precisam funcionar com certo grau de autonomia	Conjunto de ações coordenadas para manter os serviços de alimentação e alojamento da tripulação embarcada, bem como o fornecimento de água, energia, transportes (barcos ou helicópteros), serviços médicos e de comunicação, entre outros
	Confinada em alto mar, a tripulação convive sempre com as possibilidades de mau tempo e com o risco de não poder ser evacuada com segurança em casos de acidente
	Turno Ininterrupto de Revezamento (TIR). O pessoal cumpre jornada diária de oito horas e carga semanal de 33,6 horas. Na prática, o revezamento ocorre: após 7 dias confinados + 7 dias de folga; em seguida, ficam mais 7 dias confinados + 14 dias de folga. Em geral, a turma que trabalhou a semana durante a noite, na semana seguinte trabalhará durante o dia
Altamente arriscada	Lidam com vapores inflamáveis (que podem produzir incêndio e/ou explosão); com o manuseio de produtos químicos tóxicos e com uma variedade de máquinas e equipamentos que podem causar acidentes pessoais (ocasionando lesões ou mortes), danos ambientais (como poluição por derramamento de óleo) e prejuízos empresariais (por quebra de equipamentos, perdas e desperdício de produção), por isso, o tipo de mão-de-obra é superespecializada.

Fonte: Elaborado a partir de Barbosa (2009); Freitas (2001)

Quadro 20 (5): Condições de trabalho do operador do setor petrolífero

O trabalho em turno noturno e em regimes alternados é altamente prejudicial para a saúde física, psíquica e social do trabalhador. Do ponto de vista físico, os principais prejuízos se referem aos distúrbios de sono, gastrointestinais e cardiovasculares. Do ponto de vista psicossocial, os prejuízos se refletem diretamente na vida social e familiar.

De um modo geral, os trabalhadores que cumprem esses expedientes têm sérias dificuldades de participar de atividades culturais, esportivas e de lazer fora do seu ambiente de

trabalho. Também sentem dificuldade de acompanhar a dinâmica funcional do lar, de modo que, em muitos casos, embora sejam os principais provedores financeiros da família, como é o caso dos petroleiros, nem sempre conseguem participar ativamente no lar ou fazer valer suas decisões.

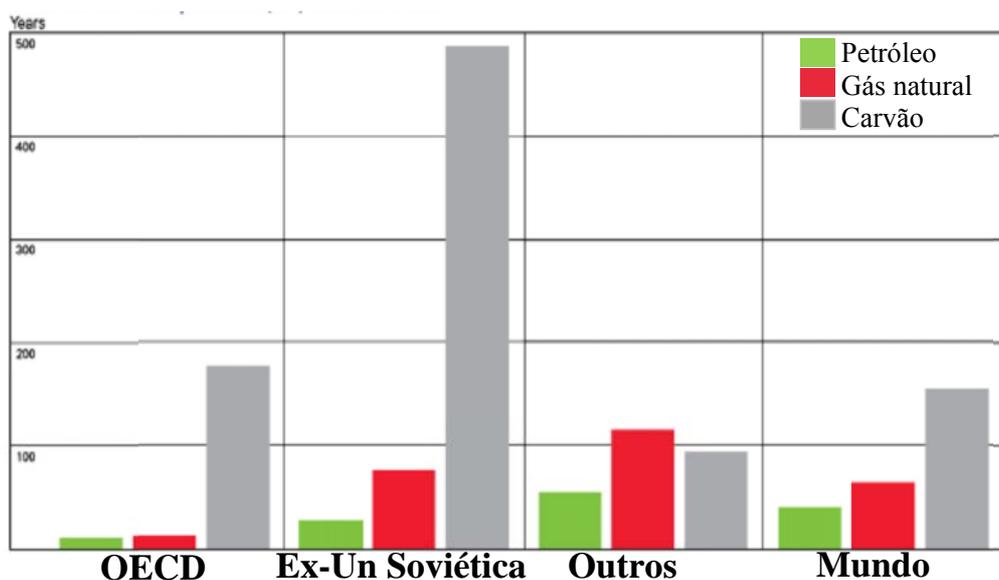
Aspectos Institucionais

O aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera torna necessária a criação de políticas para combater a emissão. Em direção contrária as usinas térmicas são fontes de emissoras de CO₂. Além dos altos custos naturais de prospecção, o uso do petróleo deveria adicionar os custos de estudos e implantação de medidas mitigadoras de emissão de gases. Assim, os dois principais problemas do uso do petróleo (custos e poluição ambiental) associados a sua possível escassez, a dinâmica das commodities do preço do barril e a complexidade do controle de produção, criam uma preocupação de ordem mundial, com intuito de sua substituição.

Nessa direção, Kjærstad e Johnsson (2009) alertam que a capacidade de analisar e traçar prognósticos sobre o setor do petróleo se tornará mais difícil no futuro, pois esse será cada vez mais proveniente de países com pouca transparência. O mundo será cada vez mais dependente do Oriente Médio e da Rússia, não só para o fornecimento de petróleo, mas também para o fornecimento de gás, que, em grande medida, serão utilizados para alimentação e geração de calor.

De fato, a pesquisa de Kiani e Pourfakhraei (2010) feita apenas no Iran, mostra que haverá um aumento da exportação gás desse país, que se tornará maior exportador do que a Rússia, atingindo entre 500 e 620 milhões m³ e receitas próximas de US\$ 500 bilhões até 2025.

Apesar do estudo (já comentado) de Kjærstad e Johnsson (2009) apontando para 2030 a redução na oferta, um fenômeno interessante global comentado Lior(2008) é que apesar do aumento do consumo de combustíveis fósseis, as quantidades de reservas provadas também aumentam com o tempo. Assim a relação recursos/produção (R/P) manteve-se praticamente constante ao longo de décadas, (R/P = 40 para petróleo, 60 para gás e 150 para o carvão).



Fonte: Kjærstad e Johnsson (2009)
Gráfico 4 (5): Relação Reservas/Produção

Segundo Nakawiro (2008) os países devem ter o cuidado de não ficarem dependentes de uma única fonte energética; matrizes energéticas dependentes demais de um só combustível são frágeis. Nestas circunstâncias, uma política responsável deve buscar aumentar a segurança energética, que deve ser orientada para a promoção de medidas de eficiência energética, com redução da demanda e combinação do uso de recursos de combustíveis não fósseis, como fontes de energia renováveis. Enquanto não seja possível a substituição ou combinação do uso, países trabalham de forma a amenizar os efeitos, como no artigo de Khorshidi (2011) que analisa um, entre vários métodos que estão sendo desenvolvidos para capturar o CO₂ das centrais energéticas.

Foi por isso que no trabalho de Mazandarani et.al.(2011) foi mostrado que, mesmo possuindo petróleo em abundancia, o Iran planejou mudar a composição da matriz energética nacional, com visão de 20 anos (2006-2025). O Governo pretende alterar a estrutura das indústrias geradoras a uma maior variedade de fontes e menor uso dos combustíveis fósseis. Os resultados dos cinco anos passados mostraram que o consumo de gás natural aumentou em 47% e o diesel em 50% (ambos ainda derivados do petróleo).

De qualquer forma, mesmo apresentando transformação ineficiente (Silva, 2005) poluente, Chacartegui (2008) coloca que o petróleo possibilita a geração descentralizada de energia/eletricidade, assim pode ajudar a eletrificação de lugares remotos, bem como ajudar na geração combinada de fontes, co-geração de utilização, por exemplo, gerando calor e eletricidade. Essa fonte é relativamente barata (nos EUA e China-Ong et al (2011)) e disponível em certos países (Oriente Médio, Iran- Mazandarani et.al.,2011; Malásia-Ong et al, 2011) e assim sempre terá papel significativo como principal fonte na matriz energética (Ong, 2011).

Finalmente, Asif (2009) afirma que, atualmente, a produção de energia no mundo mais de 60% ainda é fóssil e assim esse combustível influi sobremaneira em todos os aspectos, quer sociais, ambientais, econômicos e, sobretudo nos institucionais determinando ajustes nas matrizes energéticas em todos os países.

5.5 Etanol

O BNDES e CGEE (2008, p.25) conceituam “biomassa” como sendo, “recursos naturais que dispõem de bioenergia e que podem ser processados para fornecer formas bioenergéticas mais elaboradas e adequadas para o uso final”.

De acordo com este conceito o Etanol caracteriza-se como sendo um bicomcombustível renovável, o qual utiliza a bioenergia contida nas diversas matérias orgânicas, que pode ser derivado de diversas culturas agrícolas. Assim, bioenergia é toda e qualquer forma de energia associada a formas de energia química acumulada mediante processos fotossintéticos recentes.

O bioetanol pode ser produzido de matérias-primas cruas que contém açúcares fermentáveis como: cana-de-açúcar e beterraba, as quais são ricas em sacarose, e também de alguns polissacarídeos. (Cardona, Sánchez – 2007.p.2)

Nesta perspectiva, sabe-se que o Etanol, ou álcool etílico é uma substância classificada como álcool, devido à presença de um grupo hidroxila (-OH) ligado a carbono saturado e alifático, cuja fórmula molecular é C_2H_6O , podendo ser utilizado puro ou misturado com gasolina e etanol anídrico em motores de combustão interna gerando energia cinética e/ou energia elétrica.

De acordo com Khatiwada (2009) o bioetanol vem sendo o bicomcombustível líquido mais utilizado no setor de transportes e seu uso está crescendo rapidamente, tanto nos países em desenvolvimento quanto nos desenvolvidos, pois estão interessados na produção e uso do etanol em automóveis ou como alternativa ao uso dos derivados de petróleo na bioeletricidade.

A seguir apresenta-se a tabela DSR para a fonte etanol.

Etanol	Força Motriz	Estado	Resposta
Econômico	Plantação da cana-de-açúcar	Alteração do sistema de emprego e renda local (4)	Necessidade de reorganização do sistema de emprego e renda local (comércio e serviços) (4) Impacto na matriz agrícola alimentar (1) Ocupação de terra fértil para o plantio de grãos vs ocupação de terra para a produção de etanol. (1,2) Regiões com melhores condições de clima e topografia para o cultivo da cana marginalizam outras culturas agrícolas; aumento do desemprego decorrente da mecanização da colheita e do plantio; necessidade de redução da

		<p>intensificação da jornada de trabalho devido à utilização da tecnologia (2)</p> <p>O cultivo de culturas de temporada curta (soja, adubo verde e amendoim) no período de ociosidade da terra para o plantio da cana devido à temporada de chuvas; Baseada em experiências de expansão de regiões a lógica e a dinâmica do mercado, tendência a cana-de-açúcar e suas atividades econômicas a uma monopolização do uso da terra, mudando a dinâmica do mercado, onde pequenas propriedades tendem a se fundir para criar propriedades maiores e de produção em maior escala. (3)</p>
	Alteração do meio rural por causa da monocultura (3)	<p>Organização do meio rural (plantação e colheita).</p> <p>Organização da logística com vista ao deslocamento e trabalho do bóia-fria.</p> <p>Construção de silos para armazenagem</p> <p>Crescimento da demanda por etanol aumenta o número de unidades produtoras, otimização em automação industrial e na gestão técnica (agrícola e industrial), aumento da produtividade de 1975-2000 em 33% de ton de açúcar por hectare. (1)</p>
Transformação da cana-de-açúcar em etanol	<p>Implantação de usinas de transformação A necessidade de uma melhor utilização da terra serviu de força motriz para o desenvolvimento e implantação de tecnologias no processo produtivo (1)</p> <p>O etanol brasileiro é reconhecido internacionalmente por possuir baixo custo de produção, onde sua viabilidade não depende de subsídios. (7)</p>	<p>Custos com construção de usinas de transformação. (maquinário)</p> <p>Organização de logística para o recebimento e processamento da cana.</p> <p>Alto custo de produção (quando comparado a hidreletricidade) porém o custo de produção da cana é composto por número de componentes como: o preparo do solo, a colheita e transporte até a usina de etanol, etapas essas que vem sendo melhoradas ao longo dos anos e possibilitando a redução dos custos totais ao longo do tempo. (6)</p> <p>Rápido retorno de capital</p> <p>A cana possibilita um potencial para a instalação de “biorefinarias” devido ao custo relativamente baixo da biomassa, por possuir um mix interessante por sacarose (1)</p> <p>O etanol brasileiro consegue baixos custos de</p>

			produção quando levado em consideração, a curva de aprendizagem, pelo fato de o país vir adquirindo o desenvolvimento da tecnologia ao longo dos anos para o aumento da escala produtiva. (5)
	Transporte da cana-de-açúcar ou etanol	Possibilidade do uso meio rodoviário, ferroviário ou dutoviário. No Brasil apenas o meio rodoviário	Alto custo de transporte Consumo direto de combustíveis fósseis utilizados pelos transportes nas mais diversas etapas do processo, o que encarece o transporte. (7) Os custos logísticos da cana-de-açúcar tendem a transformar o entorno das instalações industriais em monoculturas intensivas, favorecendo a formação de clusters industriais. Onde as regiões com clima e topografias favoráveis, com mercado de fornecimento e infra-estrutura adequada serão atrativas para diversos investidores (5) Necessidade de utilização de transportes terrestres para destinar a matéria prima até a usina. (1)
	Queima do etanol ou bagaço da cana	Uso na termelétrica ou no transporte Maior parte da energia elétrica gerada é representada pelo uso do bagaço da cana que corresponde a 75% da energia gerada e utilizada dentro da usina para o processo produtivo, sendo os outros 25% vendidos aos GRID. (16).	Baixa eficiência na produção de eletricidade Falta escala de produção Anteriormente o bagaço da cana era queimado em caldeiras de baixa pressão (21 bar) o que o tornava ineficiente, mas atualmente, já estão sendo substituído por caldeiras da alta pressão, mais eficientes com até 80 bar. (7)
Ambiental	Plantação da cana-de-açúcar	Produção limpa	Não emissão de CO ₂ , pois a planta absorve o gás no crescimento. Apesar da queima para o corte manual da cana, o CO ₂ é absorvido na fotossíntese de crescimento da planta. (1, 7)
		Uso do solo	Não há possibilidade de combinação entre culturas diversas ao mesmo tempo, porém é possível cultivo de culturas de curta temporada (soja, adubo verde e amendoim) no período de

		<p>ociosidade da terra para o plantio da cana devido à temporada de chuvas. (3)</p> <p>Há deterioração do solo (8).</p> <p>Utilização dos resíduos de palha para a proteção do solo contra a erosão, conservando a matéria orgânica e a umidade. (14)</p> <p>Impacto na matriz agrícola alimentar. A ocupação de terra fértil para cultivo de cana com o objetivo de produção de etanol impacta na agricultura de subsistência, ocasionado uma possível crise alimentar, seja pelos preços do etanol comparados aos do petróleo ou aos próprios alimentos (9, 21, 21.1)</p> <p>A expansão do cultivo da cana tem reduzido as áreas de pastos. (7)</p> <p>Perigo do uso de agrotóxicos</p>
	Uso das águas	<p>Adequação para irrigação</p> <p>Necessidade de redução do uso de água nos processos de conversão. (10)</p> <p>Algumas regiões não precisam de sistemas de irrigação. (4)</p>
Transformação da cana-de-açúcar em etanol	Gestão dos resíduos Riscos de contaminação do solo e dos recursos hídricos pelo uso de fertilizantes, defensivos agrícolas e pela disposição inadequada do vinhoto. (5)	<p>Uso dos resíduos como adubo (vinhoto). A reutilização de resíduos como a palha, o bagaço e o vinhoto dentro do processo produtivo ajudam também a reduzir o consumo de fertilizantes e agrotóxicos</p> <p>Uso na co-geração de energia da palha e bagaço</p> <p>Uso dos resíduos de segunda geração para a produção de etanol. (5)</p> <p>Vazamento involuntário de líquido.</p> <p>O fluxo de águas residuais, principalmente a vinhaça, e substâncias inorgânicas similares aos fertilizantes e agrotóxicos que podem causar danos ao solo e a água. (10)</p> <p>Reutilização da água nos processos industriais, inclusive no agrícola com a fertirrigação com o vinhoto. (4)</p> <p>A remoção de partículas suspensas, o tratamento aeróbico e anaeróbico e a reciclagem são maneiras de reduzir os poluentes orgânicos em águas residuais. (8)</p>

			<p>Cuidados operacionais com as partículas sólidas. Re-utilização dos resíduos favorece a possibilidade de redução de produtos químicos em algumas etapas do processo evitando que os poluentes do processo sejam alocados de forma errada e poluam os efluentes. (12)</p> <p>Monitoração do lençol freático.</p> <p>Risco de incêndios</p>
	Transporte da cana-de-açúcar ou etanol	Meio rodoviário	A utilização de caminhões, carros e máquinas que funcionam à diesel ou gasolina, dentro do processo produtivo, as quais emitem CO ² na atmosfera. (1,4)
	Queima do etanol	Efeito estufa	<p>A etapa de colheita manual que queima a cana para a facilitação da colheita no processo produtivo atenua a emissão de CO² com a fotossíntese durante o crescimento da cana. (4)</p> <p>Menor teor de enxofre que os fósseis.</p> <p>Monitoramento da emissão.</p> <p>Precipitação química dos metais dissolvidos.</p> <p>Elevação da temperatura da água</p> <p>Uso de catalisadores</p>
		Cuidado com a área	<p>Risco de incêndios. (devido à queima para a colheita manual que pode atingir também a rede elétrica, ferrovias, rodovias e reservas florestais). (4)</p> <p>Monitoramento da fauna e flora no entorno. (4)</p>
Social	<p>Plantação da cana-de-açúcar</p> <p>O setor agrícola que mais emprega pessoas, principalmente e na etapa agrícola. (10)</p>	<p>Alteração do sistema de emprego e renda local (4)</p> <p>A etapa agrícola do processo produtivo do etanol é o que mais emprega em número de pessoas, porém a maioria em condições insalubres envolvendo até crianças. (5)</p>	<p>Reorganização do campo rural (agricultura e pecuária).</p> <p>Mudança dos postos de trabalho decorrentes a novas tecnologias aplicadas e a distribuição de renda; análise da utilização de territórios propícios ao cultivo de culturas para a alimentação humana (4)</p> <p>Condições de trabalho sub-humana, utilizando até de trabalho infantil e incentivando o pagamento por produtividade o que expõe o trabalhador a condições climáticas de sol e chuva. (2,5)</p> <p>Acompanhamento da mudança cultural.</p> <p>Inserção de mão de obra semi-escrava indígena, ou dos pequenos produtores que foram</p>

		<p>sufocados pela produção em larga escala de cana e outras monoculturas, diminuição da expectativa de vida útil para o trabalho em 10 anos. (5)</p> <p>A expansão da produção de cana tem levado a uma transformação do cerrado brasileiro em áreas de pastagens. (7)</p> <p>Migração de trabalhadores de outros Estados, devido à falta de oportunidades de emprego. (9)</p>
Transformação da cana-de-açúcar em etanol	Implantação das usinas	<p>Criação de emprego e renda nas usinas de transformação.</p> <p>A necessidade de treinamento aos operários operadores das colheitadeiras mecânicas entre outras novas tecnologias implantadas no processo produtivo. (5,9)</p> <p>Cheiro irritante.</p> <p>Plantação de cinturão verde para absorção de ondas sonoras.</p>
	Efluentes sanitários	<p>Devem ser tratados evitando disseminação de doenças.</p>
Transporte da cana-de-açúcar ou etanol	Incremento no trânsito	<p>Criação de emprego e renda no transporte</p> <p>Transtorno no trânsito local</p> <p>Acidentes envolvendo transporte de bóias-fria.</p>
Queima do etanol	Saúde	<p>CO = problemas respiratórios, problemas cardiovasculares (longos tempos de exposição: aumento do volume do baço, sangramentos, náuseas, diarreia, pneumonia e amnésia)</p> <p>PM = problemas respiratórios, irritação nos olhos e doenças cardiovasculares</p> <p>NO² = problemas respiratórios</p> <p>O³ = irritação nos olhos, Problemas respiratórios (reação de inflamação do sistema respiratório)</p> <p>Pb= efeitos tóxicos acumulativos (anemia, destruição do tecido cerebral)</p> <p>S0² = problemas respiratórios, irritação nos olhos e problemas cardiovasculares. (4)</p> <p>Excesso de trabalho em más condições de clima em busca da produtividade. (2)</p> <p>Irritação nos olhos e garganta</p>

			<p>Intoxicação</p> <p>Cheiro irritante. Liberação de forte odor no período de fermentação e destilação do caldo da cana para produção de álcool. (13)</p>
Institucional I	Decisão política pelo uso do etanol	Estabelecimento de políticas públicas	<p>Possibilita a Geração de emprego e renda dependendo da área cultivada de até 8 pessoas por hora. (17)</p> <p>Política de assentamento rural (educação, saúde, saneamento).</p> <p>Expansão do cultivo em decorrência da demanda o que força uma necessidade de aplicação de políticas públicas para o controle da expansão. (15)</p> <p>Necessidade de acordos com IBAMA</p> <p>Estabelecimento de política de compra do etanol. Necessidade de regulamentos que contemplem toda gama dos possíveis impactos ambientais, impactos cumulativos. (4)</p> <p>Diretivas internacionais para a venda de etanol na EU como a Diretiva de energias renováveis e a diretiva relativa a qualidade dos combustíveis, que exige que cada estado membro deve assegurar a participação de “energias provenientes de fontes renováveis” em todas as formas de transportes em 2020, seja pelo menos 10% do valor de consumo final de energia nos transportes nesse Estado Membro. (10).</p>
		Acréscimo de demanda nos serviços públicos (15)	<p>Acréscimo na capacidade da prestação de serviço público.</p> <p>Planejamento regional.</p> <p>Estabelecimento de plano para uso das rodovias locais evitando horário de pico.</p>
		Facilita a descentralização da energia	<p>Facilita a geração em áreas remotas. Expansão do cultivo e do beneficiamento da cana para a produção de etanol em países que conseguem se adaptar a cultura. (14)</p> <p>Possibilita a independência de importação dos derivados de petróleo, sendo também uma oportunidade para o desenvolvimento regional. (15)</p> <p>Aumenta a universalização de energia. A energia excedente produzida pode ser vendida</p>

			ao GRID. (1)
--	--	--	--------------

Fontes: Elaborado pelo autor a partir de (1) Luo et.al.(2009); (2) Sparovekt et.al.(2007); (3) Macedo (4) *GOLDEMBERG* et.al.(2007); (5) Rodrigues (2006); (6) Junjinger et.al.(2009); (7) Walter et.al.(2010); (8) Smeets et.al.(2006); (9) Bastos (2007); (10) Gallardo et.al.(2010); (11) Goldemberg et.al.(2004); (12) Vivian et.al.(2007); (13) Langowski (2008); (14) Nguyen et.al.(2009); (15) Silveira et.al.(2010); (16) Pellegrini (2010) (17) Silalertruksa et.al.(2010).

Tabela 9 (5): DSR Eólica

Aspectos Ambientais

Uma das grandes oportunidades para reduzir emissões de CO₂ fóssil envolve uma melhoria da eficiência com que a energia é utilizada e fazendo uma troca combustível para fontes alternativas de energia. (BERNDES – 2010). Nesse caso:

1) O Brasil possui, a partir da bioeletricidade e dos bicombustíveis, uma alternativa para reduzir as emissões de CO₂ e gases de efeito estufa (GEE) na camada de ozônio. Os altos níveis de emissões, causados pela queima dos combustíveis fósseis são considerados como sendo um dos maiores contribuintes para o aquecimento global. (DIAS; VAUGHAN; RYKIEL – 2005)

2) Os biocombustíveis disponibilizam uma alternativa viável para auxiliar a redução da pobreza, tendo o governo o papel de apoiar o desenvolvimento de agências para a produção de biocombustíveis em pequena escala fornecendo assim energia limpa e acessível. (WYMAN, 2010)

3) O Brasil possui diversas vantagens diante da produção de etanol a base de cana de açúcar pois o país apresenta condições favoráveis de terra e clima, experiência a longo prazo e tecnologia existente, estando atrelados a um constante crescimento do mercado doméstico, porém Walter et al. (2010) reforça que as diversas vantagens comparativas só poderão ser reforçadas se a sustentabilidade da produção brasileira for mais amplamente reconhecida.

Goldemberg (2008) também coloca que o principal aspecto positivo do etanol é usá-lo como alternativa aos combustíveis fósseis, diminuindo assim os resíduos compostos de chumbo da gasolina expelidos na natureza e as emissões de gases do efeito estufa, disponibilizando à sociedade um ar mais saudável e uma redução no número de doenças respiratórias.

No entanto o cultivo da cana possui práticas consideradas danosas ao meio ambiente, como a queima da cana para a colheita, a utilização de pesticidas e fertilizantes e demais produtos químicos, além da compactação e erosão do solo, emissão de CO₂ proveniente do uso de diesel nos caminhões e máquinas envolvidos no processo.

O cultivo da cana se caracteriza como sendo uma monocultura e de fato, no plantio (primeira etapa do processo agrícola da produção de etanol), se faz uso de fertilizantes, herbicidas, combustíveis fósseis e demais tipos de agrotóxicos que visam manter a fertilidade do solo e afastar possíveis pragas que venham a comprometer a qualidade da cultura.

Durante o processo de cultivo de cana e produção do etanol, poluições das águas e dos solos podem ser causadas por poluentes orgânicos (vinhaça) ou causados por agrotóxicos, fertilizantes e substâncias inorgânicas. (GALARDO; BOND – 2010).

Neste contexto se faz necessário uma alocação cuidadosa ou reutilização dos resíduos dentro do processo produtivo, visando minimizar o impacto ambiental e agregar valor ao processo. Com o avanço da tecnologia e a maturidade do setor é possível utilizar o bagaço de cana após o processamento, para gerar vapor e eletricidade. (Smeets et al. – 2008).

A utilização de resíduos líquidos tem sido aplicada na irrigação como fertilizante, pois se trata de aplicar os resíduos ricos em nutrientes no canavial. (Smeets et AL – 2008). Essa

fertirrigação é uma alternativa ambientalmente viável, visando fechar mais uma etapa do ciclo do processo, evitando assim o lançamento de mais um resíduo ao meio ambiente.

Outra vertente a ser analisada é a prática da queima da cana que é considerada a principal responsável pelo baixo desempenho ambiental das usinas, Essa prática deteriora e degrada o solo levando a uma possível perda de fertilidade (Borrero -2003). A queima facilita o corte manual, afastando também possíveis animais peçonhentos, no entanto, é responsável por diversos danos ambientais. Zuurbier e Vooren (2009) mostram que essa queima é responsável pela liberação de carbono, perda de biodiversidade, poluição do ar, das águas e erosão e compactação do solo.

No entanto Goldemberg, Guardabasi (2008) tratam que o uso do etanol á base de cana não resulta em emissão líquida significativa de gases nocivos ao efeito estufa, a razão para isto é que o CO₂ da queima de etanol são reabsorvidos pela fotossíntese durante o crescimento da cana na temporada seguinte.

Apesar do exposto, o volume de terra voltada para a produção de biocombustíveis, é percebida como fator limitante da produção de produtos agrícolas para a alimentação humana.

Atualmente, a quantidade de terra dedicada às culturas energéticas de biocombustíveis é apenas 0,19% da área terrestre do mundo e apenas 0,5% das terras agrícolas globais (Vinterbäck – 2009). No Brasil, são utilizadas 2,5 milhões de hectares (5% da terra cultivada) para produção de biocombustíveis, com uma taxa de produção de etanol de 6,200 há/1, principalmente a partir da cana. (FRAITURE; GIORDANO; LIAO - 2008)

Um aumento de apenas 10% na eficiência da produção de biomassa por meio da irrigação, adubação, e / ou melhoria da gestão através do cultivo de terras ociosas, criaria uma energia

equivalente à demanda total de energia global atual. (Vinterbäck, 2009), demonstrando assim que o impacto na matriz alimentar ainda não caracteriza uma preocupação que venha causar fortes impactos

De acordo com Borrero (2003) em algumas áreas se utiliza de 80% da terra para o cultivo de cana e os 20% para a restauração do canavial, havendo em alguns casos o cultivo de outras culturas. O cultivo integrado da cana com culturas alimentar fibras e bioenergia podem atenuar os efeitos de deslocamento e melhorar o uso produtivo da terra (Berndes et al – 2010).

Algumas pesquisas relatam que a expansão da cana tem causado o deslocamento das pastagens e de outras culturas (temporárias), mas não confirmam a hipótese de desmatamento induzido (Walter et al -2010). Além de questões do uso do solo, da matriz alimentar, das queimadas, da utilização dos resíduos no processo produtivo, da emissão de CO₂ na atmosfera, da substituição de combustíveis fósseis pelo etanol, se discute também a utilização da água na produção. A partir de projeções na produção de biocombustíveis de 2010 a 2017, estima-se que cerca de 1% de toda a água retirada para a irrigação será utilizada para a produção de bioetanol, proveniente principalmente da produção que possui como base a cana e o milho. (Faure, 2009)

Abre-se assim a discussão diante do uso da água dentro das diversas etapas de produção, pois em algumas regiões do planeta a água é um recurso escasso e bastante variável ao longo do ano (Slater, 2007).

Aspectos Econômicos

O processo produtivo do etanol brasileiro faz parte de um processo bastante maduro, o qual inclui fatores tecnológicos, geográficos e comerciais. O incentivo a sua produção despontou

a partir da década de 70, e desde então o país vem conseguindo resultados favoráveis a manutenção do setor.

Compeán and Karen (2004) relatam a necessidade de os países em desenvolvimento intensificarem suas alternativas aos combustíveis fósseis visto que o petróleo tem preço elevado e existe uma perspectiva de diminuição da oferta, podendo causar desigualdades regionais, tensões políticas e desentendimentos econômicos.

Segundo Goldemberg (2007) o etanol é um dos tipos de energia sustentável, que possibilita minimizar a dependência da importação de óleo proveniente de áreas politicamente instáveis. O etanol é um dos combustíveis que possibilitam a independência sustentável diante do uso do óleo ao Brasil

De acordo com Rodrigues e Ortiz (2006) ações governamentais que adicionam de 20% a 25% de etanol em volume na gasolina, variação dependente de condições de mercado, redução de taxaço sobre o combustível, redução do IPI para automóveis movidos a etanol e oferta de linhas de crédito subsidiando o setor sucroalcooleiro, possibilitando uma redução nos custos de produção.

Pode-se identificar diversas diferenças tecnológicas para a produção do etanol e colheita da cana, entre as regiões no Brasil. A região Sul/Sudeste é relativamente mecanizada enquanto as da área norte/nordeste utilizam tecnologias de trabalho intensivo. (COMPEÁN; POLESKE, 2010).

As vantagens e desvantagens da mecanização da colheita são diversas, apresentadas no quadro a seguir.

Vantagens	Desvantagens
Diminuição da ocorrência das más condições de trabalho associados a colheita manual da cana	Diminuição do emprego (uma única máquina desemprega 80 trabalhadores)
Diminuição dos custos da colheita	Altos custos de investimentos. A pressão para aumentar a velocidade de trabalho do restante da colheita manual
Aumento da disponibilidade de lixo-de-cana utilizados na geração de eletricidade	Aumento das emissões do uso de diesel nas máquinas colhedoras
Diminuição das emissões da queima da cana	Aumento da ocorrência de pestes e doenças → possível aumento do uso de agrotóxicos e/ou redução do rendimento
Redução dos talos de cana queimada. Aumento da disponibilidade do lixo de cana, diminuindo do risco de erosão do solo, bem como redução do crescimento de plantas daninhas, provenientes de resíduos deixados no solo.	

Fonte: Adaptado de Smeets et al. 2008

Quadro 21 (5): Sobre a conversão da colheita manual para a colheita mecanizada

O quadro esclarece que, a implantação de colhedoras possibilita uma vantagem produtiva e aparentemente uma vantagem ambiental, pois a mecanização exclui a queimada auxiliando na diminuição das emissões de gases poluentes, mantém as características do solo e na re-utiliza dos resíduos, no entanto desemprega 80 pessoas a cada máquina implantada, aumentando assim o desemprego de uma população que vive a margem da sociedade, com dificuldades de inserção em outro tipo de atividade.

Aspectos Sociais

Para a execução de qualquer processo produtivo se faz necessária a participação do ser humano, o agente participador mais importante, por ser o responsável pela produção e consumo de quase tudo que é produzido no mundo. Com isso se faz necessário considerar as questões

sociais relacionadas à produção de etanol dentre outros biocombustíveis, levado em consideração fatos como: emprego, renda, educação, segurança, saúde, qualidade de vida, condições de trabalho.

Uma pesquisa realizada por Schafell e La Rovere (2010) apresenta uma lista de questões sociais relacionadas aos biocombustíveis, aplicável ao etanol.

- Problemas com a geração de emprego e renda
- Preocupação com o êxodo (manter as pessoas nas áreas rurais)
- Segurança alimentar e a competição por comida;
- Questões de direitos humanos, direitos trabalhistas e condições de trabalho
- Direitos de uso da terra
- Trabalho infantil
- Assistência técnica e extensão rural
- Treinamento e Capacitação
- Transparência
- Engajamento das partes interessadas

As questões apresentadas acima enfatizam o aspecto social como um dos aspectos relevantes ao desenvolvimento de processos produtivos sustentáveis e a necessidade de atenção do aspecto social na produção dos biocombustíveis, o qual em muitos momentos explora o trabalhador.

É fato que a maioria da mão-de-obra envolvida na produção sucroalcooleira é proveniente

do Nordeste brasileiro, que saem de sua terra e muitas vezes deixam sua família em busca de oportunidades de emprego e renda.

Tem-se conhecimento a partir da história do Brasil que desde primórdios a monocultura da cana-de-açúcar, dificilmente ofereceu boas condições de trabalho. Segundo Rodrigues e Roriz (2006) o trabalho não remunerado e resquícios do trabalho escravo ainda são comuns em regiões sem alternativas de ocupação. Os autores relatam que a remuneração dos cortadores de cana é pelo regime de produtividade, onde em função de um melhor desempenho os trabalhadores acabam envolvendo suas mulheres e crianças como força de trabalho complementar, sendo desprivilegiados de qualquer garantia e direitos.

Em decorrência da meta da produtividade é que surgem também as doenças. De acordo com Novaes (2007) incidências de trabalhadores com câimbras, febres convulsivas, cortes de facão e até de infartos, são constantes nos hospitais ao redor das grandes cidades produtoras nos períodos de safra. Além dessas, algumas doenças estão relacionadas à emissão dos gases da queima na etapa da colheita, conforme no quadro a seguir:

GASES	DOENÇAS
CO (monóxido de carbono)	Problemas respiratórios, problemas cardiovasculares (longos tempos de exposição: aumento do volume do baço, sangramentos, náuseas, diarreia, pneumonia e amnésia)
PM	Problemas respiratórios, irritação nos olhos e doenças cardiovasculares
NO ₂ (dióxido de nitrogênio)	Problemas respiratórios Irritação nos olhos
O ₃ (ozônio)	Problemas respiratórios (inflamação do sistema respiratório)
Pb (Chumbo)	Efeitos tóxicos acumulativos (anemia, destruição do tecido cerebral)
SO ₂ (dióxido de enxofre)	Problemas respiratórios, irritação nos olhos e problemas cardiovasculares

Fonte: Goldemberg et al. (2008)

Quadro 22 (5): Sobre a conversão da colheita manual para a colheita mecanizada

As doenças decorrentes pela inalação dos gases não são exclusivas dos trabalhadores, pois

as mesmas podem se estender a população circunvizinha.

De acordo com Martinelli e Filoso (2008) além da exploração e deterioração dos recursos naturais a indústria sucroalcooleira explora os trabalhadores envolvidos em seu processo produtivo em benefício próprio, no entanto sem dar nenhum retorno significativo para a sociedade brasileira em termos de investimentos em educação, saúde e infra-estrutura.

Aspectos Institucionais

Devido ao revelo natural, o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo (baseada na hidreletricidade), quando comparado a outros países (BEN, 2010), mas isso ocorre não apenas pela geografia privilegiada, há também diversas ações desenvolvidas estabelecendo prioridades noutras áreas para diversificação das fontes energéticas como no caso da produção do etanol.

A produção açucareira no Brasil foi implantada no período de colonização a partir das capitânicas hereditárias, pois o País apresentava características favoráveis de clima e topografia ao cultivo, tornando-se, no período colonial o açúcar de cana um grande sucesso no mercado europeu. Em meados do ano de 1550 o país já se torna o maior produtor de açúcar mundial.

Ao longo dos anos a agroindústria açucareira obteve oscilações entre sucessos e crises. Dentre as crises a do ano de 1929 foi marcada, pela decisão do governo brasileiro de adotar uma política de proteção a agroindústria canavieira criando assim o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) o qual era responsável pela centralização das operações e era a única organização autorizada a comprar açúcar no mercado doméstico e a estabelecer contratos de exportação.

Com isso, a partir do século XX o álcool passa a ser usado como combustível alternativo, diante da primeira grande crise do petróleo ocorrida em 1973. Nessa perspectiva o governo brasileiro idealizou

três programas: a substituição do diesel, do óleo combustível e da gasolina por outras fontes de energia.

Segundo Goldemberg et al. (2004) a criação do PROALCOOL em 1975 foi a providência mais importante do governo brasileiro, programa este que tinha como propósito reduzir as importações de óleo cru a partir da produção de etanol a base de cana-de-açúcar. A partir do Proálcool o Álcool anídrico desponta-se como uma alternativa de enriquecimento da matriz energética brasileira, sendo assim, uma fonte a mais para o fornecimento de combustível para automóveis, a qual segundo com Moret et al. (2009) é caracterizado como sendo um combustível renovável e sustentável.

Vieira et al (BNDES, 2008) expõe que a partir da extinção do IAA em 1990, com a desregulamentando assim o setor, uma série de fusões e aquisições ocorreram por empresas internacionais, acarretando em um maior desenvolvimento tecnológico do setor, baseado na necessidade de redução de custos.

Com a notável necessidade de se diversificar a matriz energética brasileira o governo federal, no ano de 2002, desenvolveu o PROINFA regido pela Lei 10.438/2002 que institui objetivos para aumentar no Sistema elétrico Interligado Nacional a participação da energia elétrica concebida a partir de fontes como: eólica, PCH (pequenas bacias hidrográficas) e biomassa (ex: bagaço e palha da cana).

De fato, a produção do etanol cresce no Brasil. O Balanço Energético Nacional (2010) apresenta em no ano 2009 o montante de 1.608.053 m³ contra 1.167.128 m³ do ano anterior, verificando-se um aumento de 37,8% no biocombustível disponibilizado no mercado interno.

O aumento do montante produzido no decorrer dos anos apresenta o crescimento da demanda do mercado pelos biocombustíveis, sendo difundido através da popularização do uso dos do etanol e o biodiesel apresentando a importância da bioenergia.

Apesar de o Brasil possuir uma matriz energética com dominância hidráulica, surge à necessidade de expandir a base de diversificação das fontes energéticas brasileiras, com isso a cana de açúcar assume seu total potencial energético de energia primária para oferecer ao mundo uma fonte limpa de energia limpa e renovável, que produz biocombustível e bioeletricidade. (ÚNICA - 2008). Assim como os biocombustíveis, a bioeletricidade pode ser derivada de fontes diferentes como: solar, eólica, geotérmica, hidrotermal, hidrotermal e biocombustíveis. (Tan, Keat, Mohamed – 2008)

A tabela a seguir apresenta um resumo do consumo final energético das principais fontes energéticas no Brasil, demonstrando suas respectivas taxas de crescimento, no que se refere ao consumo final das principais fontes energéticas.

Discriminação	2010	2014	2019	Variação % a.a 2010/2019
Bagaço de cana (mil t)	155.948	195.524	251.770	6,5
Etanol (mil m ³)	28.966	39.026	52.384	8,7
Biodiesel (mil m ³)	2.506	3.155	4.194	9,8
Derivados de Petróleo (mil m ³)	99.988	1116.005	141.407	3,8
Óleo diesel	45.107	57.365	76.579	6,0
Gasolina	19.525	16.275	15.511	-2,1
Outros derivados de Petróleo	14.741	16.605	17.921	2,4

Fonte: EPE – 2011

Tabela 10 (5): Consumo final energético das principais fontes energéticas

Os dados acima representam o crescimento das fontes energéticas renováveis no Brasil e os resultados mostram uma previsão da evolução da participação dos biocombustíveis, com crescimento médio anual de 8,7 e 9,8. Projeta-se para 2030 uma situação em que quatro fontes serão necessárias para satisfazer 77% do consumo brasileiro: além de petróleo e energia hidráulica, cana-de-açúcar e gás natural — com redução da importância relativa da lenha. (TOMALSQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007)

Segundo Schaeffer et al. (2008) a bioenergia vem se tornando cada vez mais importante no setor energético brasileiro, não só para a produção de biocombustíveis líquidos, mas também para a geração de eletricidade. Essa importância se dá a partir da popularização dos biocombustíveis e da inserção de políticas públicas incentivadoras ao uso de fontes renováveis de energia.

Segundo Silalertruksa e Gheewala (2009) o BEL por olhar para o ciclo total do combustível é usado para mensurar a eficiência energética e eficácia na redução de recursos que utilizam combustíveis fósseis, servindo para aferição do uso do etanol. De acordo com Papong, Malakul (2010) a Análise do Ciclo de Vida ACV é amplamente conhecida por ser uma técnica eficaz de forma aprofundada e justa de avaliar os impactos ambientais do produto ou processo e pode ser adequadamente aplicado para avaliar os combustíveis alternativos.

Entretanto a utilização do ACV e BEL se fazem necessários pois segundo Silalertruksa, Gheewala (2009) a eficiência energética e a performance ambiental da bioeletricidade dependem de vários fatores, como as práticas de agricultura, tecnologias e operações industriais aplicadas, cultivo e resíduos.

A bioeletricidade advinda da cana-de-açúcar é proveniente da queima do bagaço e da palha da cana, os quais são resíduos naturais do processo, que retornam à cadeia produtiva agregando maior valor a matéria-prima. A energia elétrica é gerada utilizando-se do bagaço queimado em caldeiras de vapor, sendo utilizado em turbinas de força para a geração de energia elétrica, e o vapor de escape é utilizado no processo de aquecimento necessário para a moagem, destilação e desidratação. (Silveira, Khatiwada - 2009). De acordo com o que Goldemberg (2000) já vem relatando a algum tempo a energia co-gerada proveniente do bagaço da cana pode ser utilizada para gerar eletricidade e potência mecânica para os motores da usina.

Em 2008 cerca de 30 usinas negociaram 544MW médios para a venda da bioeletricidade, gerada a partir do bagaço da cana gerando um faturamento anual de US\$ 389,6 milhões, onde a bioeletricidade apresenta um potencial de suprir 15% de toda a demanda de eletricidade do país até o final da década. (SOUZA; MACEDO, 2010).

Demonstrando assim, o potencial da bioenergia para o desenvolvimento da matriz energética brasileira. No entanto, um ponto importante para a produção de biocombustíveis é a produção combinada de eletricidade e de materiais, podendo a energia elétrica se torna um produto tão importante quanto o etanol e o açúcar. (WALTER; ENSINAS, 2010).

5.6 Biodiesel

O óleo vegetal foi usado pela primeira vez no mundo como combustível em 1900 (POUSA, *et al.* 2007), todavia, os combustíveis fósseis se tornaram dominantes no mercado energético mundial devido a logística de distribuição bem arquitetada pela OPEP, fácil estocamento e a uma política de uso.

Entretanto, com (i) o aumento do consumo, (ii) o avanço da conscientização verde e os acordos internacionais combatendo efeito estufa e (iii) o possível esgotamento das reservas mundiais, os estoques de petróleo aparentemente começaram a apresentar déficit de suprimento, abrindo assim um novo eixo de mercado para as fontes energia alternativa, sobretudo a partir da reutilização dos óleos vegetais puros, como o uso dos triglicerídeos e ácidos graxos para produção de biocombustíveis, entre os anos de 1930-40 (POUSA, *et al.*, 2007).

A partir da década de 70 ocorreram várias crises internacionais do petróleo que elevaram os preços a patamares bem superiores do que no início do século XX, e aumenta ainda mais a preocupação com o meio ambiente, devido qualidade do ar nas grandes cidades e as mudanças

climáticas, criando assim uma necessidade de diversificar a matriz energética de vários países. Neste ambiente de mudanças, os biocombustíveis despontam como a melhor alternativa por ser produzido a partir de matérias-primas renováveis e com menores impactos ambientais comparados aos combustíveis fósseis (JANULIS, 2003).

O biodiesel é definido como qualquer tipo de biocombustível derivado de material biológico, que passa por uma reação química entre óleos vegetais ou gordura animal, e o álcool (podendo ser ou não catalítico), para se tornar assim um mono- alquil éster formado por uma cadeia longa de ácidos graxos (AHMAD, *et al.*, 2010). A equação a seguir é um exemplo para produção de biodiesel a partir de grãos de soja:

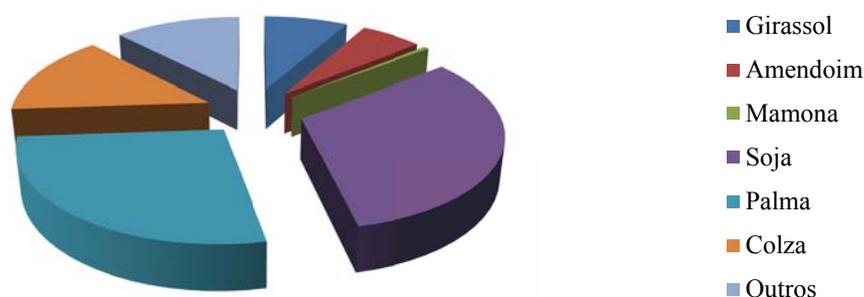


Fonte: Kenneth R. Szulczyk, *et al.*, 2010.

Uma das reações químicas mais utilizadas na produção do biodiesel é a transesterificação, que consiste na reação entre moléculas de triglicerídeos e álcool (exemplo: metanol) na presença de um catalisador caustico (ex.: hidróxido de potássio) para formar o glicerol e mono- alquil éster de ácidos graxos (WEN; TIEN TSAI, *et al.*, 2005).

Basicamente transesterificação é a transformação das moléculas de triglicérides que são grandes e com várias ramificações, em óleos e gorduras orgânicas com pequenas moléculas de cadeia linear (PHALAKORNKULE, *et al.*, 2008). A eficiência desse processo depende da composição do óleo, dos ácidos graxos e do tipo de catalisador como o álcool, além de outros fatores a se observar tais como percentual de água presente na amostra, taxa de agitação e temperatura (SHARMA, *et al.*, 2008).

Existe uma grande diversidade de matérias-primas utilizadas na produção do biodiesel, tais como: colza, óleo de soja, óleo de palmeira, margarida, pinhão manso, óleo de salmão, mahua, óleo de jojoba, sementes de tabaco, manga do mar, restos de óleo de cozinha e gorduras animais como sebo bovino, graxa de porco e microalgas (AHMAD, *et al.*, 2010) e no Brasil a mamona (MACHADO, 2006). Os principais produtos cultivados no mundo para a produção do biodiesel são apresentados a seguir:



Fonte: www.oilworld.biz

Figura 30 (5): Produção Mundial de Oleaginosas 2003

Os Estados Unidos da América (EUA), a Comunidade Européia, a Malásia e a Indonésia já são auto-dependentes quanto a produção de óleos comestíveis, sendo que, para produção de biodiesel, nos EUA são utilizados sobretudo o milho e a soja; na Comunidade Européia a colza; na Malásia e na Indonésia o coco e na Índia a *jatropha* e laranja, (SHARMA, *et al.*, 2008).

De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), a produção global de biodiesel cresceu 295% entre os anos de 2000 e 2005, tendendo a ter a demanda ampliada em substituição aos combustíveis fósseis. Em 2004 apenas 1% do biodiesel era empregado no transporte público, todavia com o crescimento do mercado de carros híbridos esse percentual já aumentou.

É um mercado promissor, inclusive para os países periféricos e em desenvolvimento, tanto que em 2005, a União Européia respondia por 3.8 bilhões de litros de biodiesel, volume equivalente a 85% da produção mundial, porém com a entrada dos novos players nesse setor, ocorreu uma redução da participação européia, por não ter tanta diversidade de matérias primas. (AHMAD, *et al.*, 2010).

Dois anos mais tarde, em 2007, a Europa produzia 10 bilhões de litros, porém o biodiesel produzido nos EUA totalizava também 10 bilhões de litros. Apenas a Alemanha era responsável por 42% da produção européia. Também alguns países do oriente como a Tailândia possuem matéria-prima abundante para produção de biodiesel, principalmente por coco, palmeira, gordura animal e resíduos do óleo de cozinhar (PHALAKORNKULE, *et al.*, 2008).

A tabela a seguir nos apresenta o potencial absoluto de produção de biodiesel para vários países: Malásia, Indonésia, Argentina, Estados Unidos, Brasil, Holanda, Alemanha, Filipinas, Bélgica e Espanha.

Top 10 countries in terms of absolute biodiesel potential

Rank	Country	Volume potential (L)	Production (\$/L) ^a
1	Malaysia	14,540,000,000	\$0.53
2	Indonesia	7,595,000,000	\$0.49
3	Argentina	5,255,000,000	\$0.62
4	USA	3,212,000,000	\$0.70
5	Brazil	2,567,000,000	\$0.62
6	Netherlands	2,496,000,000	\$0.75
7	Germany	2,024,000,000	\$0.79
8	Philippines	1,234,000,000	\$0.53
9	Belgium	1,213,000,000	\$0.78
10	Spain	1,073,000,000	\$1.71

Fonte: Sharma, *et. al.*, (2008).

Tabela 11 (5): Potencial absoluto dos 10 países maiores produtores de biodiesel

Como podemos observar o país com maior potencial de produção é a Malásia, acompanhada de Indonésia e Argentina, esses potenciais são influenciados pelos aspectos climáticos como precipitações chuvosas, temperatura, altura em relação ao mar e solo.

No Brasil, o interesse inicial por energia renovável se deu nos anos 40, através da utilização do óleo de babaçu, do coco-da-bahia, de hidrocarbonetos, sementes de mamona e algodão. Hoje em dia, o Brasil é o segundo maior produtor de biodiesel do mundo, baseando sua matriz de produção na soja na região centro-oeste, na mamona no nordeste e na palmeira cultivada na Amazônia (POUSA, *et al.*, 2007).

A produção de biodiesel tende somente a aumentar no Brasil, devido às diversas condições favoráveis ao desenvolvimento desse combustível no nosso país, tais quais: disponibilidade de área agrícolas, clima tropical, biodiversidade abundante, recursos hídricos, indústria agrícola estável e grande market doméstico pelo uso de biocombustíveis (via Governo Federal e Petrobrás), que ressaltam a grande capacidade de fornecimento existente no território brasileiro (GARCEZ, *et al.*, 2007).

A seguir apresenta-se a tabela DSR para a fonte biodiesel.

Biodiesel	Força Motriz	Estado	Resposta
Econômico	Plantação da oleaginosa	Alteração do sistema de emprego e renda local	Necessidade de reorganização do sistema de emprego e renda local (comercio e serviços) Impacto na matriz agrícola alimentar Crescimento da economia local (1,6,9, 10,16)
		Alteração do meio rural	Apoio à captação de sementes (organização de sementeiras ou política de distribuição). Organização do meio rural (plantação e colheita). Reorganização do sistema de gestão em associativismo ou cooperativismo.

			Construção de silos para armazenagem. (3)
	Transformação da Oleaginosa em óleo biodiesel	Implantação de unidades de transformação	Custos com construção de mini-usinas de transformação. (maquinário) Organização de logística para captação e manipulação da semente. Alto custo de produção (quando comparado a hidreletricidade). Rápido retorno de capital
	Transporte da oleaginosa ou biodiesel	Uso meio rodoviário, ferroviário ou dutoviário.	No Brasil apenas o meio rodoviário Alto custo de transporte Diminuição da dependência do petróleo estrangeiro (1,8,10, 11, 16,17, 21) Portabilidade (1,6,7,9,5,10) Diminuição na dependência de combustíveis fósseis (8,9, 11, 17, 21) Redução do desempenho veicular (6,9,11) Flutuações no preço do biodiesel (10)
		Não depende de grid	Alto custo de transporte (3)
	Queima do biodiesel	Uso na termelétrica ou no transporte	Baixa eficiência na produção de eletricidade Falta escala de produção Baixo desempenho em climas frios(1,3,9)
Ambiental	Plantação da oleaginosa	Produção limpa	Emissão de CO2 (atenuado pela etapa de plantação). Renovabilidade (3,6,9,5,14, 16) Restauração dos nutrientes (3)
		Uso do solo	Dependendo da oleaginosa, há possibilidade de combinação entre culturas diversas. Restauração de terras estéreis (4) Não há deterioração do solo. Impacto na matriz agrícola alimentar. Perigo do uso de agrotóxicos. Necessidade de grandes áreas agrícolas (1)
		Uso das águas	Adequação para irrigação
	Transformação da Oleaginosa em óleo biodiesel	Gestão dos resíduos	Uso dos resíduos como adubo Dependendo da oleaginosa, uso na co-geração de energia. Biodegradável e pouco tóxico(1, 11) Uso de resíduos como adubo (1,10) Produção de glicerol (7) Oxidação, desenvolvimento microbiológico (4, 9,10) Aproveitamento do bagaço na produção do biogás (3) Perigo vazamento involuntário de líquido e contaminação de afluentes. Necessidade monitoração do lençol freático. Poeira/partículas fugitivas e ruído

			Risco de incêndios Cuidados operacionais com as partículas sólidas
	Transporte da oleaginosa ou biodiesel	Meio rodoviário	Queima de combustível com emissão de CO2 Ampliação da vida útil dos motores (1,9,6,17) Uso no transporte Internacional (3)
	Queima do biodiesel	Efeito estufa	Menor emissão de gases do efeito estufa (1,6,9,18,5,10, 11, 16, 17,21) Participação na chuva ácida. Diminuição da emissão de foligem, enxofre, hidrocarbonetos e partículas em suspensão (8,6, 11, 17, 21) Não possui sub-produtos cancerígenos (8) Emissão de O2 (9) Aumenta a emissão de NOx (6,9, 11, 17, 21) Monitoramento da emissão. Implantação de florestas. Precipitação química dos metais dissolvidos. Elevação da temperatura da água
		Cuidado com a área	Risco de incêndios. Monitoramento da fauna e flora no entorno.
Social	Plantação da oleaginosa	Alteração do sistema de emprego e renda local	Reorganização do campo rural (agricultura e pecuária) com desenvolvimento da agricultura familiar (4, 8,10, 11,16) Acompanhamento da mudança cultural. Formação de cooperativas. Impacto na matriz agrícola alimentar (competição)(1, 11, 21) Uso de terras poluídas (4)
	Transformação da Oleaginosa em óleo biodiesel	Implantação das mini-usinas	Criação de emprego e renda nas mini-usinas de transformação Necessidade de treinamento Estrutura social e segurança da fonte (6) Cheiro irritante Plantação de cinturão verde para absorção de ondas sonoras.
		Efluentes sanitários	Devem ser tratados evitando disseminação de doenças
	Transporte da oleaginosa ou biodiesel	Incremento no trânsito	Criação de emprego e renda no transporte Transtorno no trânsito local Estabilidade na oferta energética (5,6)
	Queima do biodiesel	Saúde	Problemas respiratórios Irritação nos olhos e garganta Menor ponto de inflamação que o diesel (9,10) Intoxicação Cheiro irritante
Institucional	Decisão política	Estabelecimento	Geração de emprego e renda local.

pelo uso do biodiesel	de políticas públicas	Política de assentamento rural (educação, saúde, saneamento). Necessidade de acordos com IBAMA Estabelecimento de política de compra do biodiesel (Incentivos fiscais) (4, 5,6) Regulamentação ambiental (4, 5) Regulamentação dos combustíveis (5,8,9) Subsídio (5,8, 9) Financiamento e empréstimos (5) Política de Preço Mínimo (4, 8) Preço competitivo, qualidade e suprimento (4, 6,16)
	Acréscimo de demanda nos serviços públicos	Acréscimo na capacidade da prestação de serviço público (4,6) Planejamento regional (4, 8) Estabelecimento de plano para uso das rodovias locais evitando horário de pico.
	Facilita a descentralização da energia	Facilita a geração em áreas remotas Aumenta a universalização de energia Desregulamentação energética (5) Facilita a geração em áreas remotas (4, 6,8,10, 14,16)

Fontes: Elaborado pelo autor a partir de [1] Ahmad, A.L.(2010); [2] Janulis (2003); [3] Kamahara et.al (2010); [4] Huang et.al (2011); [5] Tsai et.al (2005); [6] Tica et.al (2010); [7] Sharma e Shingh (2008); [8] Pousa et.al (2007); [9] Szulczyk (2010); [10] Phakornkule et.al (2008); [11] Demirbas (2007); [12] Enweremadu e Rutto (2010); [13] Atadashi. et.al. (2010); [14] Demibas e Demirbas (2010); [15] Jayed et.al (2009); [16] Garcez et.al (2007); [17] Qi et.al (2009); [18] Kiss et.al (2009); [19] Wardle (2011);[20] Sharma e Jain (2010); [21] Hu et.al (2007). Quando na tabela acima a não houver citação referenciada, a fonte foi Goldemberg e Lucon (2008).

Tabela 12 (5): DSR Biodiesel

Aspectos Econômicos

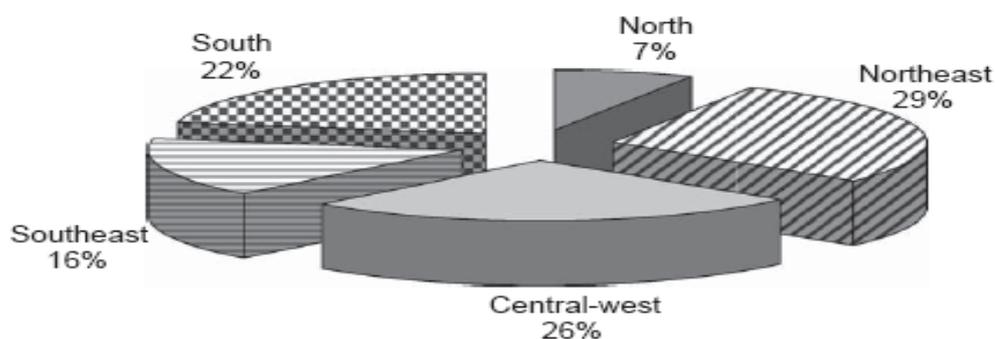
Em relação às respostas econômicas, na etapa de plantação da oleaginosa para produção de biodiesel (força motriz), nota-se uma alteração do sistema de emprego e renda (estado) e uma alteração do meio rural (estado).

A alteração do sistema de emprego e renda em uma região produtora é observada, na maioria dos casos, a partir de um crescimento da economia local, pois a utilização de materias-

primas agrícolas impulsiona o desenvolvimento do mercado agrícola local, além de promover a inclusão social dos agricultores familiares em um sistema produtivo (GARCEZ, *et al.*, 2007).

É o caso de um estudo realizado em uma pequena comunidade na Tailândia, onde foi observado que a substituição da importação de diesel, pela produção do biodiesel, incentivando a economia local com o crescimento do comércio e do emprego (PHALAKORNKULE, *et al.*, 2008).

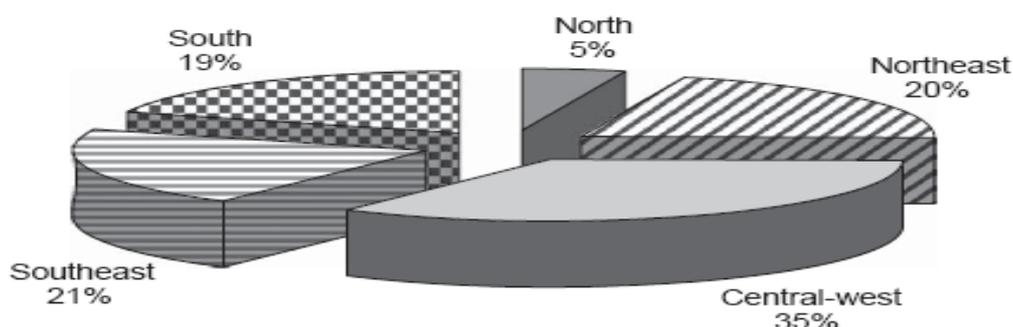
No Brasil, a adoção de políticas de incentivo a produção acarretou um crescimento da oferta de matérias-primas na região nordeste, com cerca 29% do total de biodiesel produzido no país entre 2005 e 2008, como mostra a figura a seguir:



Fonte: Garcez, *et al.*, (2008)

Figura 31 (5): Porcentagem de biodiesel adquirido pela ANP entre 2005-2008

Em 2008 houve uma expansão na fronteira agrícola para a região centro-oeste o que fez essa região suplantar a produção nordestina. A figura 31 mostra a liberação concebida pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para produção de biodiesel, a qual se pode observar que a região com maior área de concessão autorizada pela ANP foi o centro-oeste.



Fonte: Garcez, *et al.*, (2008).

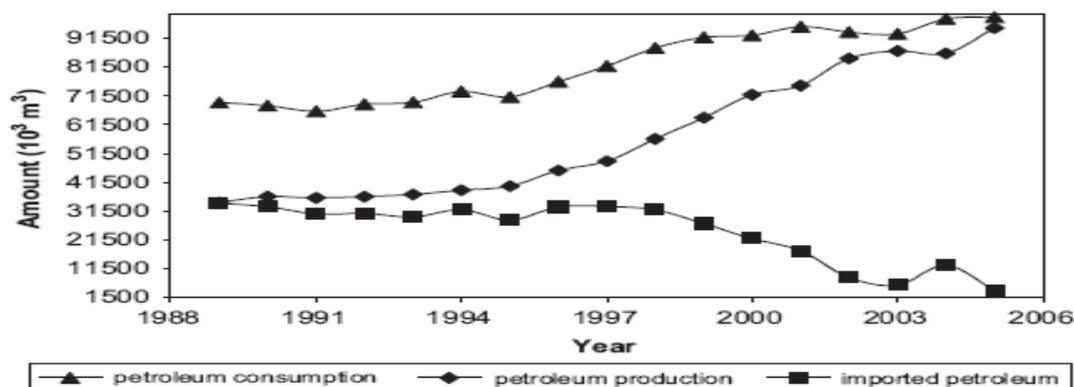
Figura 32 (5): Brasil: Porcentagem do volume a ser produzido de biodiesel por região.

Já na etapa de transformação de oleaginosa em óleo biodiesel (força motriz), o investimento em tecnologia (estado) gera uma diminuição da dependência do petróleo estrangeiro, portabilidade no uso de motores, diminuição da dependência de combustíveis fósseis, diminuindo as flutuações no preço do biodiesel, entretanto existe a redução do desempenho veicular.

A crise internacional do petróleo, ocorrida entre 1970-90, juntamente com o esgotamento das fontes de energia não- renováveis provocou a busca mundial por novas fontes capazes de diminuir a dependência do petróleo estrangeiro (Pousa, *et. al.*, 2007), aumentando a segurança financeira e energética internacional (Phalakornkule, *et. al.*, 2008) sendo o biodiesel apresentado como uma das soluções ao problema.

Em resposta a essas crises, foram criados alguns programas de incentivo ao desenvolvimento de combustíveis alternativos no Brasil, tais quais: Pró-Alcool em 1980, o qual regulamentou o uso do etanol hidratado como combustível e do etanol anídrico para ser misturado com a gasolina; Pró-Óleo também em 1980, com o objetivo de produzir óleos vegetais como carburantes; Probiodiesel em 2002, com o objetivo de realizar a etanolise de óleos vegetais (POUSA, *et al.*, 2007).

Apesar do empenho do governo brasileiro na criação dos programas, o Brasil ainda dependeu da importação de petróleo estrangeiro até 2006, como mostra a gráfico a seguir:



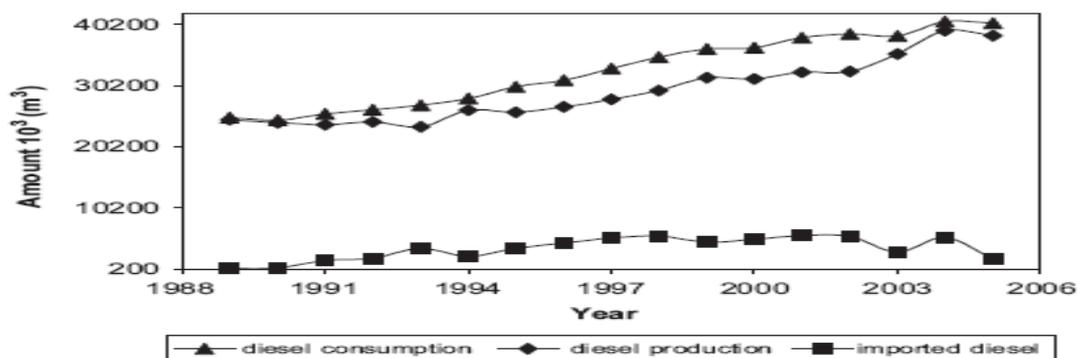
Fonte: Pousa, *et al.*, (2007).

Gráfico 5 (5) Consumo, produção e importação de petróleo no Brasil.

Outros países também almejam a redução da dependência do petróleo estrangeiro, entre eles a Tailândia que em 2006, através do Ministério da Energia estabeleceu uma política de incentivo para aumentar a autodependência energética, através de incentivos a produção de oleaginosas em pequenas comunidades e a inserção destas dentro da cadeia produtiva em escala industrial, a fim de introduzir o B5 (combustível formado a partir da combinação de 95% de diesel comum e 5% de biodiesel), com o objetivo principal de substituir a utilização do diesel comum (de origem fóssil) por biodiesel nos motores agrícolas (PHALAKORNKULE, *et al.*, 2008).

De um modo mais geral, a utilização de biodiesel pode diminuir a dependência de combustíveis fósseis, controlando o aumento do preço desses combustíveis (Szulczyk, *et al.*, 2010). Este é um fator preponderante para o desenvolvimento do biodiesel: A estabilização dos preços, que ainda são bastante influenciados pelo barril do petróleo, pois a elevação do nível de preços dessa *commodity* no mercado internacional amplia a demanda por biodiesel, por registrar preços mais convidativos para o mercado consumidor.

Na verdade, o Brasil ainda depende da importação de grande parte do diesel utilizado pela população (cerca de 80% para transporte e consumo público), como mostra a gráfico a seguir:



Fonte: Pousa, *et al.*, (2007).

Gráfico 6 (5) Consumo, produção e importação de diesel no Brasil.

Como podemos observar a trajetória da produção brasileira ainda não é capaz de abastecer totalmente o mercado interno, a qual essa diferença é sancionada com a importação, sobretudo dos países vizinhos como a Venezuela e as Guianas.

Quanto ao consumo energético, estudos feitos na China mostraram que o biodiesel baseado em soja consome 76% menos de energia do que o diesel comum e que as etapas com maior peso neste percentual é na conversão e no cultivo da soja, no caso do biodiesel; e as etapas de extração e refinamento, no caso do diesel fóssil (ZHIYUAN HU, *et al.*, 2007).

Um fator que pesa positivamente na análise do biodiesel é sua portabilidade em uso de motores, ou seja, pode ser misturado com diesel comum sem que ocorra nenhuma alteração mecânica, podendo ser utilizado como fonte de energia para ônibus, caminhões de coleta de lixo e máquinas agrícolas, por exemplo (WEN-TIEN TSAI, *et al.*, 2005).

Todavia umas das desvantagens do biodiesel, é que ele reduz o desempenho veicular, pois gera menos energia do que o diesel comum durante a combustão. Uma das unidades utilizadas para medir energia é a lower heating value- LHV, a qual indica a quantidade de energia gerada a partir da combustão em automóveis.

O biodiesel apresenta 93.4% da LHV do diesel, isto quer dizer que o biodiesel tem menos poder de combustão do que o diesel comum, o que reduz o torque mecânico, a aceleração e as milhas por litro nos veículos. Porém o fato é que, nos dias atuais, há uma predominância no aumento da oferta do petróleo, já que este tende a esgotar-se, o que impulsiona mais ainda o interesse pelo biodiesel (SZULCZYK, *et al.*, 2010).

Os gases do efeito estufa (GEE), também tem um grande impacto sobre o preço do biodiesel, pois os bicomcombustíveis são afetados pelo comércio dos créditos de carbono. Uma valorização desses créditos implica num maior interesse e produção do biodiesel. Szulczyk, *et al.* (2010) afirmam que essa valorização, a indústria elétrica intensifica a geração a partir da co-insineração (combustão de dois tipos de materiais ao mesmo tempo) de resíduos agrícolas, madeira, carvão, salgueiro e , provavelmente, essa indústria seria uma forte competidora pelos créditos, visto que as matérias-primas citadas apresentam menor custo de processamento do que as matérias-primas do biodiesel.

No que remete a queima e utilização do biodiesel (força motriz) em climas frios, observou-se que esta fonte energética apresenta baixo desempenho, já que suas propriedades relacionadas com o clima frio (*cold properties*) são ruins quando comparadas ao diesel comum (AHMAD, *et al.*, 2010). Essas propriedades estão relacionadas com dois parâmetros: ponto de nebulização (*cloud point*), o qual consiste na temperatura em que o combustível forma uma cera e

acaba entupindo o filtro; e o ponto de pobreza (*pour point*), que é a temperatura que o combustível se torna um gel, impedindo o seu próprio fluxo (SZULCZYK, *et al.*, 2010).

O Biodiesel apresenta altos pontos de nebulização e de pobreza, bem maiores do que o do diesel comum, como mostra a tabela 13(5):

Characteristics	Units	Diesel fuel #2	Soybean oil biodiesel	Tallow biodiesel
Cetane number	100%	40 to 52	45 to 56.9	58.8 to 70
Flash point	°C	60 to 72	131	117
Cloud point	°C	-15 to 5	-3 to 3	12 to 16
Pour point	°C	-35 to 15	-7 to 19	6 to 13
Higher heating value	BTU/Gal.	138,700	130,995	129,022
Lower heating value	BTU/Gal.	128,700	120,201	-

Fonte: Szulczyk, *et al.*, 2010.

Tabela 13 (5): Propriedades do biodiesel e do diesel comum

Assim, à medida que a temperatura cai (no inverno, por exemplo), a utilização do biodiesel torna-se menos viável, percebendo-se, então, que o desempenho do biodiesel dependerá das condições ambientais específicas de cada região.

Aspectos Ambientais

Em relação às respostas ambientais, na etapa de plantação da oleaginosa para produção de biodiesel, nota-se, primeiramente, a necessidade do uso de grandes áreas agrícolas para algumas matérias-primas, tais quais: Colza, óleo de soja, óleo de palmeira e margarida. Alguns países da Ásia tropical, inclusive, retiraram alguns hectares de suas florestas para expansão das plantações de oleaginosas, causando desequilíbrios ecológicos (AHMAD, *et al.*, 2010).

Outro aspecto importante é a renovabilidade do solo associada à restauração de nutrientes, o que pode ajudar ao país produtor a minimizar os custos energéticos, a recuperar solos poluídos ou degradados e a tornar-se auto-suficiente em relação a energia (GARCEZ, *et al.*, 2008).

Uma fonte de energia renovável é aquela que prove os recursos naturais e naturalmente os renova. Essas condições que se encaixam perfeitamente com o biodiesel, já que este é obtido principalmente por oleaginosas, as quais representam um recurso natural e se renovam naturalmente, pois os subprodutos gerados no processo a partir de oleaginosas e de microalgas, há grande quantidade de subprodutos, como proteínas, carboidratos, biopolímeros e resíduos de biomassa que podem ser empregados na agricultura como fertilizantes ou na alimentação animal (AHMAD, et al., 2010), ou seja, retornam ao solo em forma de adubo orgânico não interferindo diretamente no ciclo de vida natural das plantas..

Além disso, os subprodutos (restos) obtidos da produção do biodiesel a partir do pinhão manso, óleo de salmão, *mahua* (árvore tropical encontrada no norte da Índia e do planalto central e as florestas), óleo de jojoba, sementes de tabaco, manga do mar, restos de óleo de cozinha e gorduras animais, podem ser usados em outras reações, sendo capazes de gerar calor e energia.

Os resíduos da água gerados no sistema produtivo podem ainda ser reciclados a partir da adição de sulfato de alumínio, carbonato de cálcio e fontes de nitrogênio, seguido de um processo anaeróbico (Phalakornkule, et al., 2008), sem contar que o biodiesel não contém subprodutos cancerígenos como os encontrados no diesel comum.

Um dos pontos negativos do biodiesel enquanto combustível veicular é que os sedimentos depositado no tanque de combustível encurtam a vida útil do filtro veicular, promovendo a sua corrosão e se tornando um ambiente propício para o desenvolvimento de microbios, além de desgastar as juntas e vedações do motor (SZULCZYK, et al., 2010).

Os citados autores alegam que o desenvolvimento desse biocombustível tem sido estimulado pela preocupação pública e governamental a respeito do aquecimento global, pelo fato

de que as oleaginosas utilizadas como matéria-prima para sua produção são responsáveis por emissões limpas, com gases residuais como o oxigênio, o qual associado com combustíveis fósseis, diminui a emissão de gases do efeito estufa (GEE), como os hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO), partículas em suspensão (PM), o mercúrio e dióxido de enxofre.

A tabela 3 mostra a quantidade de alguns dos GEE em toneladas que é reciclada a cada 1000 galões de biodiesel baseado em soja. Por exemplo, cada galão de biodiesel baseado em soja, recicla cerca de 78.5% de dióxido de carbono, sendo o restante provindo de combustíveis fósseis.

Greenhouse gas emissions for 1000 gallons of soy-biodiesel.

GHG	Amount (metric tons)	GHG efficiency (%)
Carbon dioxide	-22.8629	78.5
Methane	-0.00021	2.57
Nitrous oxide	-0.00024	66.1
Total	-	77.9

Fonte: Szulczyk, *et al.* (2010).

Tabela 14 (5): Emissões de gases para 1000 galões de biodiesel baseado em soja.

A tabela 4 a seguir expõe a comparação entre as emissões do diesel (CD) comum e do biodiesel (SB) baseado em soja, mostrando que o biodiesel tem melhor característica de degradação, 31% menos hidrocarbonetos que o CD, 44% menos monóxido de carbono, 36% menos partículas em suspensão, 29% menos óxidos de enxofre e 67% menos CO₂.

Source-to-wheel emissions for CD and SB (g/MJ)

Fuel type	HC	CO	PM	NO _x	SO _x	CO ₂
CD	0.041	0.427	0.053	0.371	0.125	91.365
SB	0.028	0.240	0.034	0.663	0.089	29.749

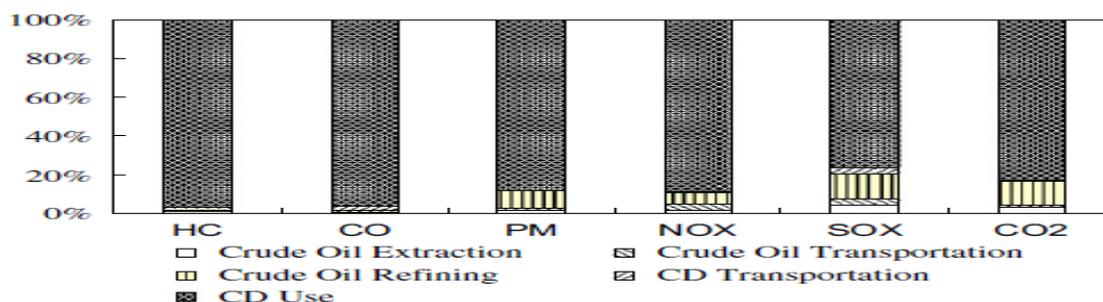
Fonte: Zhiyan Hu, *et al.* (2007).

Tabela 15 (5): Comparação da emissão de gases poluentes entre diesel comum e biodiesel

Nesse caso a única desvantagem é na quantidade de NO_x (óxidos de nitrogênio) emitida pelo biodiesel que é 67% maior do que a produzida pelo diesel comum. Porém existem diversas

maneiras de se reduzir a emissão de NO_x , como através de técnicas de injeção avançadas ou com a utilização de aditivos especiais de alteração de NO_x .

O gráfico 3 apresenta as proporções das emissões de HC, CO, PM, NO_x , SO_x e CO_2 em cada estágio do ciclo de produção do diesel comum e do biodiesel.



Fonte: Zhiyuan Hu, *et al.*, 2007.

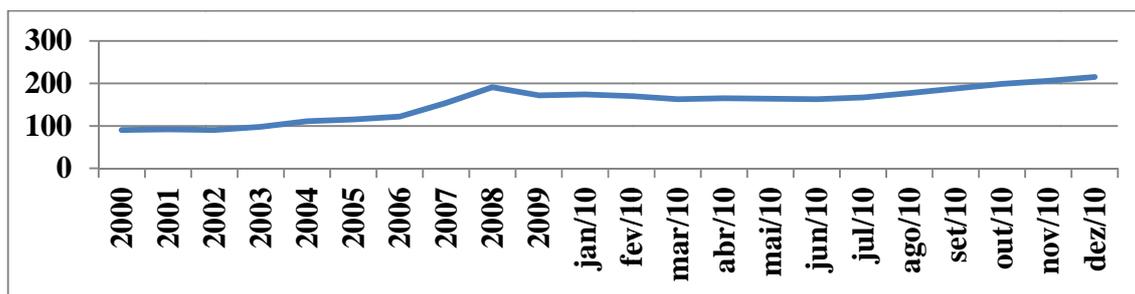
Gráfico 7 (5) Proporcão da emissão de poluentes

A figura mostra que o cultivo de soja, a conversão da oleaginosa em biodiesel e a combustão de biodiesel são as fases de maior emissão de partículas em suspensão; e também o cultivo e a conversão da oleaginosa em biodiesel responsáveis pela emissão de CO_2 e SO_x (ZHIYUAN HU, *et al.*, 2007).

Aspectos Sociais

Em relação aos impactos sociais, na etapa de plantação da oleaginosa, o biodiesel tem interferido na matriz agrícola alimentar, causando o desenvolvimento da agricultura familiar, ajudando a restaurar terras poluídas. Segundo a FAO (Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas) nos últimos anos os alimentos tem registrado flutuações em seus preços mais em geral com tendências decrescentes. Como pode ser observado abaixo:

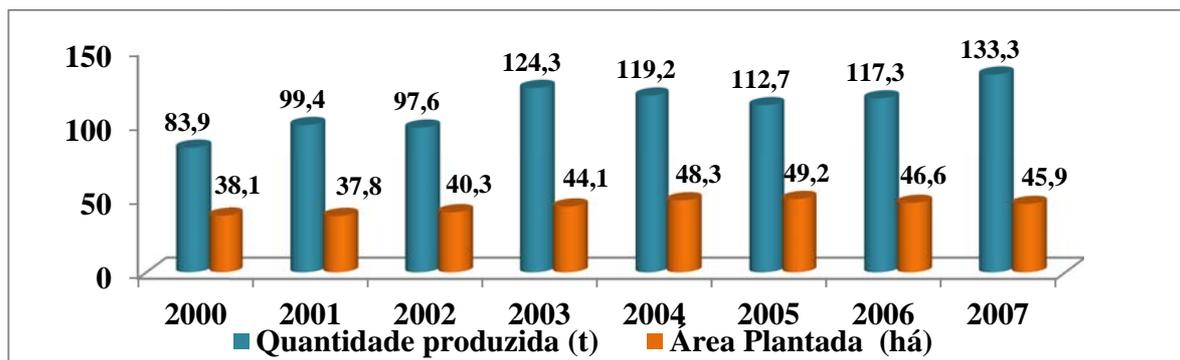
Gráfico 4: Índice dos preços dos alimentos



Fonte: www.fao.org

Gráfico 8 (5) Índice dos preços dos alimentos.

A redução nos preços dos alimentos foi possível devido a ganhos de produtividade e avanços técnicos incorporados nas culturas. Um exemplo dessa situação foi no Brasil que desde 1990 teve um acréscimo de 131% na produção de grãos e um aumento de apenas 16,1% na área plantada (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010), como apresentado no Gráfico 9(5):



Fonte: www.ibge.gov.br

Gráfico 9 (5) Produção e área plantada de cereais, leguminosas e oleaginosas- Brasil

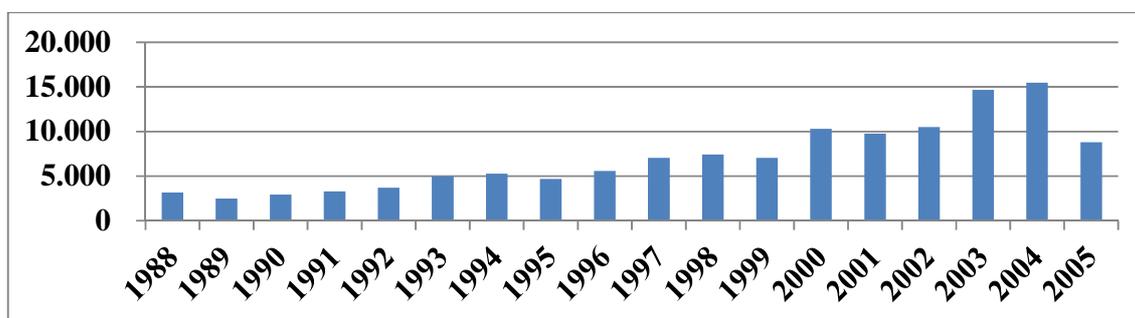
Como se pode observar de 2000 a 2007 a área plantada foi pouco ampliada, não acompanhando assim a evolução da produtividade que alcançou em 2007, a marca de 133,3 toneladas por hectare.

A demanda crescente por fonte de origem renovável fez aumentar as discussões a cerca da produção de energia e alimentos. Atualmente no Brasil a única fonte de oleaginosa capaz de atender prontamente as necessidades energéticas é a soja, porém esta, além de poder ser utilizada

como fonte energética, também pode ser aplicada na produção de alimentos, sobretudo em ração para animais como aves, bovinos e suínos. Em nível mundial, a competição entre empresa alimentícia e energética tem se dado principalmente por Colza, óleo de soja, óleo de palmeira (*palm oil*) e margarida.

Com o crescimento da população os países cada vez mais se encontram em uma situação de conflito entre essas duas aplicações dos bioenergéticos. Existem então como desafio: a ocupação de terras agricultáveis que o biodiesel tem a enfrentar, uma dialética entre plantar alimentos ou “energia”. Todos dois competem por insumos agrícolas, água e boas localizações das culturas. Assim ocorre uma pressão sobre os preços dos alimentos, pois grande parte desses produtos que são cotados a preços internacionais e um aumento no nível de preços podem acarretar um desabastecimento de alimentos em algumas regiões, já que se torna mais interessante destinar a produção ao fornecimento de energia.

De acordo Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) o Brasil importa quase 60% do total de fertilizantes consumidos no país, destinado principalmente para o setor agropecuário e de agricultura intensiva, como no caso da soja e cana-de-açúcar. Podemos analisar a evolução de 1988 à 2005 no gráfico, a seguir:



Fonte: www.anda.org.br

Gráfico 10 (5) Importação de fertilizantes – Brasil (1988-2005).

Podemos ver que em grande parte do período avaliado houve uma demanda crescente por fertilizantes, todavia do total desse insumo apenas 11% é produzido em território nacional, peso esse que sobre cai principalmente no pequeno agricultor, foco principal dos programas agroenergéticos do país.

Como se pode observar a dicotomia existente entre alimentos e energia não é de simples substituição de uma finalidade por outra. Porém a produção de alimentos (devido à introdução de técnicas de manejo) tende a crescer, sem que haja ampliação das áreas agrícolas. O grande desafio então não é a produção de alimentos e energia, e sim o meio pela qual esta se dá, através de uma distribuição de renda mais isonômica.

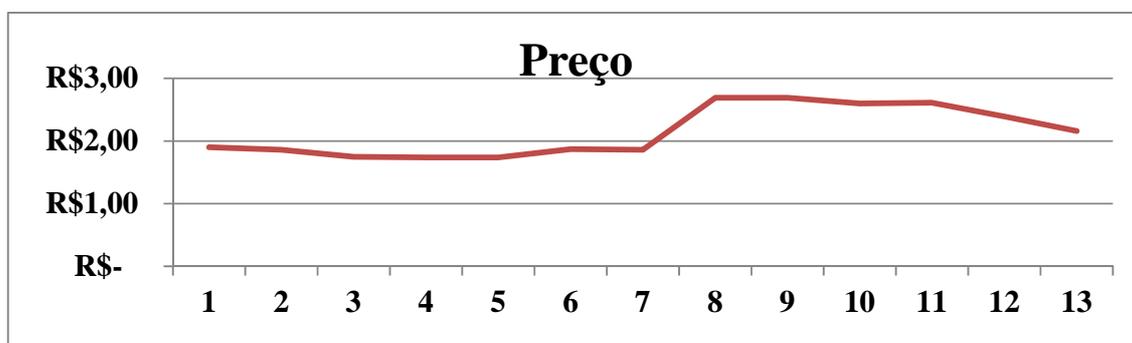
Mas há outros problemas. Na China, o biodiesel que ajuda a diminuir a dependência de importação de petróleo, diminuir a poluição e amenizar o aquecimento global, entretanto o biodiesel baseado em soja tem custo de produção muito caro e a demanda para o uso como óleo alimentar é muito grande, utilizados pela empresa alimentícia, forte na cultura chinesa, fazendo com que o país ainda tenha que importar parte da soja utilizada.

No que remete à agricultura familiar a produção do biodiesel trás grandes vantagens sociais, através do fomento da economia regional. Os bioenergéticos têm períodos de colheitas bem distribuídos durante o ano auxiliando assim as pequenas unidades produtivas com colheitas constantes, fazendo parte de um sistema produtivo mais dinâmico e com demanda constante.

Existem diversas culturas que podem ser usadas na produção dos bioenergéticos, o que as diferencia apenas é o percentual de óleo vegetal que as compõem. O Brasil é o segundo maior

produtor de grãos de soja, mas também produz mamona no nordeste na região do semi-árido e a palmeira na Amazônia, o que gera um considerável desenvolvimento dessas regiões.

Quando se insere uma cultura adaptada as características climáticas e as adversidades naturais de uma região, o agricultor tem menos dispêndio para a manutenção da lavoura bem como a redução dos custos de produção. Podendo assim alcançar melhores preços no mercado mundial. No Brasil essa situação não poderia ser diferente, o valor recebido pela produção alcança níveis consideráveis, como apresentado no gráfico 7:



Fonte: www.anp.gov.br

Gráfico 11 (5) Preço médio mensal arrematado nos leilões de biodiesel em 2009.

O gráfico acima apresenta o preço médio dos leilões de biodiesel realizado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) durante o ano de 2009, como podemos observar o preço oscilou entre R\$ 1,90 e R\$ 2,16 o litro. A demanda pelos bioenergéticos tende a aumentar devido ao aquecimento global, bem como a busca pela redução da dependência do petróleo que afeta principalmente os países não produtores desse combustível. A tendência dos bioenergéticos é ampliar sua oferta no mercado mundial, pois se tem descoberto novas aplicações além da atividade fim que é a energia veicular.

Outra utilidade em que os bioenergéticos é que eles vêm sendo empregados com êxito nas pequenas propriedades rurais é na recuperação de solos poluídos e pobres em matéria orgânica.

Com o aumento das atividades industriais e do uso de defensivos agrícolas em todo o mundo as áreas contaminadas por poluentes vêm aumentando, sobretudo nas regiões menos desenvolvidas que geralmente usam técnicas rudimentares de produção.

Com esse panorama, o uso da biotecnologia vem sendo cada vez mais aplicado principalmente em duas correntes a fitorremediação e a biorremediação. Essas técnicas tratam da modificação genética de plantas e microorganismos capazes de absorver os poluentes para assim eliminá-los ou os transformar em uma composição mais branda que não agrida o meio ambiente.

Em 2005, uma experiência bem sucedida foi empregada pelo governo de Taiwan, através do seu Conselho de Agricultura (COA), neste projeto foi selecionado 90 hectares de terras poluídas, e posteriormente dividido em três lotes cada qual cultivada com um tipo de oleaginosa (girassol, colza e soja). Neste projeto foi constatado que aqueles solos que estavam ociosos por não poder produzir gêneros alimentícios tiveram uma redução considerável nos metais pesados com a produção de oleaginosas para a produção de biodiesel (YUN-HSUN HUANG, 2008).

Também vem sendo empregado as oleaginosas na entressafra dos produtos, assim quando é feita uma colheita o produtor semeia a terra com essas plantas para que assim o solo recupere os seus nutrientes e vitalidade. A aplicação dos bioenergéticos tem alcançado bons resultados uma vez que além de utilizar terras consideradas ociosas para o Estado, vem provendo o seu papel social perante a sociedade por proporcionar uma renda para os agricultores, além de os incorporarem dentro de uma demanda crescente por energias renováveis.

Aspectos Institucionais

O uso do biodiesel necessita de políticas públicas apropriadas, uma vez que os custos de produção ainda são mais altos que os derivados de petróleo. Entre as políticas econômicas que um governo pode adotar podemos segregá-las em duas ações: Política Fiscal e Política Monetária.

A primeira é composta de um conjunto de ações sobre o orçamento e seus componentes, medidas estas que podem ser contracionistas, ou seja, ocorre uma redução nos gastos públicos ou um aumento da carga tributária, ou ainda uma combinação de ambos. Já a medida expansionista há um aumento na oferta de moeda através do aumento dos gastos públicos (elevação da oferta de moeda) ou a redução dos impostos.

A política monetária é a atuação de autoridades monetárias sobre a quantidade ofertada de moeda em circulação, de crédito e das taxas de juros controlando assim a liquidez do sistema econômico. Dentro das ações de política fiscal encontramos os incentivos fiscais que podem ser desde uma isenção parcial de impostos até a sua totalidade, estas ações facilitam o aporte de capitais em um determinado setor da economia, bem como o aquecimento econômico do respectivo mercado ofertante.

Taiwan, uma ilha, país localizado no leste asiático, possui uma pequena porção territorial e desta forma tem alta dependência externa de fontes energéticas, principalmente do petróleo. Com a finalidade de mudar esse cenário de dependência o governo instaurou uma política de incentivos fiscais de forma a ampliar o consumo do biodiesel em detrimento do petróleo.

Em 2001 foi promulgada a “Lei do Petróleo” visando a ampliação da oferta e do consumo dos bioenergéticos através de uma isenção fiscal que reduziu significativamente o preço do litro bem como a adoção por parte da frota veicular pública desse combustível. Além disso, aplicou

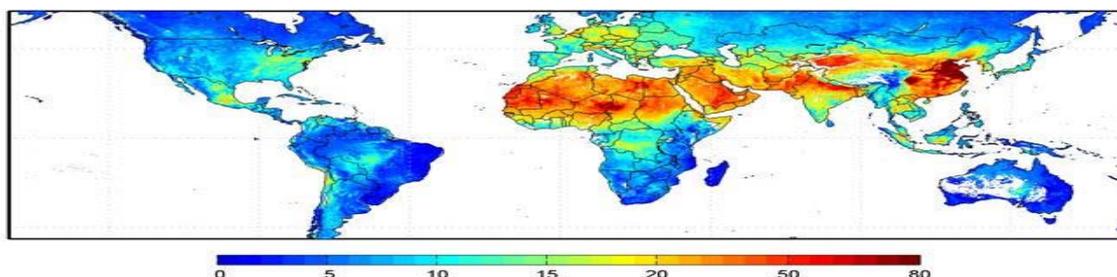
políticas de tributação diferenciada segundo a matéria-prima utilizada na produção, a região produtora ou o tipo de fornecedor, quer seja, agricultura familiar ou o agronegócio.

O governo de Taiwan não atuou apenas no biocombustível: a fim de financiar a substituição a frota de veículos e equipamentos autorizou a redução em dois anos de vida útil desses bens, com o objetivo de substituir estes por máquinas mais eficientes e que usassem o biodiesel. Outra medida foi a elaboração do Estatuto de Modernização Industrial (EMI) em 1990 (revista em 2003), que buscou a regulamentação do setor de empréstimos e financiamento para o setor de biodiesel no país bem como regulamentar alguns setores demandantes como o serviço público. Também foi criado um fundo de desenvolvimento para empréstimos a juros baixos com a finalidade de combater a emissão dos gases do efeito estufa (TSAI,2005).

Desta forma, pode-se aferir que uma política econômica bem sucedida é capaz de direcionar de forma eficiente a matriz energética de um país bem como a sua sustentabilidade. Uma desoneração tributária pode ocasionar um ganho de competitividade no setor produtivo além de elevar a renda do produtor que se sente incentivado a ampliar a produção e a busca um melhoramento tecnológico. Por outro lado, com o advento da revolução industrial e o aumento do consumo dos recursos naturais, cada vez mais países tem imposto leis com o objetivo de combater o desperdício e a melhoria da qualidade de vida das grandes cidades.

Ao passar dos anos as notícias de desastres ambientais como secas mais duradoras ou então chuvas excessivas tem se tornado mais freqüente. Diante deste cenário a regulação ambiental vem se tornando mais presente nas políticas governamentais além de incentivar a produção de energia renovável. Os bioenergéticos têm papel importante em um ambiente dinâmico de causa e conseqüência, através de um mecanismo mais democrático de obtenção

energética. Podemos observar a seguir como a poluição está distribuída pelo mundo e quais áreas estão mais suscetíveis as suas influências:



Fonte: www.nasa.gov

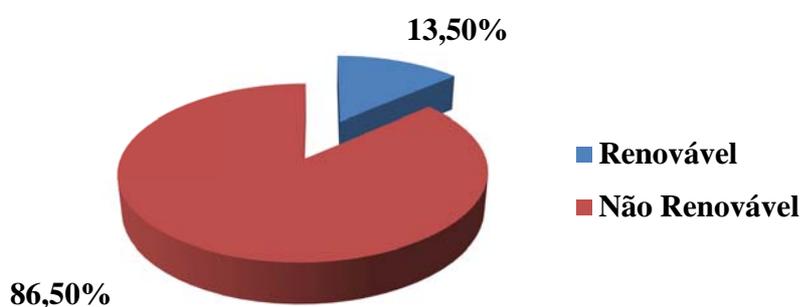
Figura 33 (5): Poluição no mundo.

Como se observa os países que se encontram com o azul mais escuro são aqueles que indicam menor grau de poluição, porém vale destacar que a rede de controle da poluição do ar não está completa, sobretudo nos países em desenvolvimento desta forma esse mapeamento em algumas regiões foi baseado em estimativas. Uma região que vale destacar é o norte do Saara que vem sofrendo com elevados níveis de poluição trazidos pelos ventos.

O biodiesel pode contribuir para melhoria da qualidade de vida da população que vem sofrendo com a poluição do ar, principalmente nas grandes cidades. O governo de Taiwan elaborou a Lei de Controle de poluição do Ar (APCA) em maio 1975 com alterações em junho de 2002, que atua sobre duas vertentes: a primeira diz respeito a emissão de poluentes por veículos automotores, já a segunda remete a composição do diesel e gasolina consumidos no país, que devem ter um índice máximo de liberação dos gases do efeito estufa (TSAI,2005).

Essa regulamentação de gases poluentes emitidos teve como finalidade prevenir e controlar a poluição do ar, salvaguardando a saúde pública, reduzindo a deterioração do ar e aumentando a qualidade do ambiente.

Assim, com a participação cada vez maior dos biocombustíveis, sobretudo do biodiesel o mercado precisa se tornar mais competitivo, exigindo assim uma regulamentação mais eficiente e adaptada a realidade de cada país. Mas vale o alerta que a participação de combustíveis renováveis no mundo ainda é pequeno comparado com o setor não renovável, situação esta que reflete em sua regulamentação sobretudo nos países em desenvolvimento. Como podemos observar no gráfico 6, a atual participação desses duas vertentes no mercado energético mundial.



Fonte: www.iea.org

Figura 34 (5): Percentual de energia renovável no mundo.

Segundo estimativas da International Energy Agency apenas 13,5% da energia produzida no mundo é de origem renovável, o que demonstra o grande potencial de crescimento nesse setor. Na China, por exemplo, o China National Standards (SNC) instituto de metrologia do país, está discutindo os parâmetros que o biodiesel deve obedecer para ser mais amplamente empregada no país, medida essa que incentiva a criação de políticas públicas ligadas ao setor (TSAI,2005).

Assim, a partir da análise dos impactos econômicos, ambientais e sociais causados pelo biodiesel, apresentados anteriormente, pode-se inferir que o biodiesel é uma fonte de energia sustentável, já que, apesar de seu alto custo de produção, reduz a poluição ambiental e traz desenvolvimento social para região produtora. Apesar disso, o biodiesel ainda não pode ser

considerado auto-sustentável, pois em vários países, como no Brasil, ainda é preciso que haja incentivos fiscais para garantir a produção e compra do biodiesel.

Por isso, diversas medidas precisam ser tomadas para que haja uma redução do custo de produção e melhoramento de suas propriedades, afim de que o biodiesel possa vir a substituir completamente o diesel comum, já que, se a demanda de energia continuar a crescer do modo que cresce hoje, em 45 anos as reservas de petróleo se esgotará, sendo que estima-se que em 2030 o mundo precisará de 60% a mais de energia do que utiliza hoje (AHMAD, *et al.*, 2010). Se ou quando as reservas de combustíveis fósseis se esgotaram, a introdução de tecnologias que forem capazes de substituí-lo ganharão importância.

Podem-se citar algumas das medidas a serem tomadas para reduzir-se o custo de produção e melhorar suas propriedades: aumentar a capacidade de geração de energia durante a combustão do biodiesel para que se possa melhorar a eficiência dos motores; melhorar das propriedades relacionadas com o clima frio (diminuição dos pontos de pobreza e de nebulação), com o intuito de tornar viável sua utilização em baixas temperaturas; buscar novas matérias-primas com maior quantidade e produtividade de óleo vegetal puro a ser utilizado na produção de biodiesel; desenvolver métodos de proteção anti-oxidação e anti-microbiológico, com intuito de aumentar a vida útil dos motores; diminuição da emissão de NOx, por ser um gás de difícil captação.

Na plantação, os custos de produção podem ser reduzidos com o uso de tecnologias agrícolas mais eficientes, aumento da produtividade da colza, substituição da secagem de sementes pela preservação das mesmas, e substituindo dos fertilizantes minerais por biofertilizantes a fim de se reduzir a energia gasta nas etapas de plantação e extração do óleo vegetal utilizados na produção de biodiesel.

Assim o biodiesel vem apresentando características econômicas e de viabilidade de produção, todavia ainda necessita de pesquisas mais contundentes para seu maior aproveitamento, bem como alterações em sua composição para uso em climas frios. Neste ambiente os agroenergéticos, em destaque o biodiesel apresenta melhores condições de aplicação em matrizes energéticas pouco diversificadas, além de ser um meio de inclusão social, gerando desenvolvimento para países com poucos recursos naturais.

5.7 Avaliação das tabelas DSR – ANOVA

Na ocasião da entrevista com os especialistas houve seis variáveis (apresentadas a seguir) que deixavam os entrevistados duvidosos onde eles requeriam mais explicações, muitas vezes não satisfeitas plenamente. Nessa direção, o caminho trilhado pelos respondentes sempre era de responder com um percentual de importância baixo demais (5 variáveis que tiveram média 4,90 e despad 12,65) ou alto demais (uma variável que teve média 97,79 e despad 7,11).

Quando da reunião dos dados para análise, em discussão foi entendido o por quê daquelas variáveis não servirem para avaliar a sustentabilidade da fonte: Todas faziam parte do grupo que foi gerado a partir da teoria da agência e não dos fractais. Elas são variáveis explicativas e não agem na direção de medir algo. Por esse motivo, continuaram no MA, porém essas apenas são acionadas quando houver a necessidade de explicar alguma decisão sobre fontes, que não tenham a lógica da sustentabilidade como pilar principal. São elas:

EXPLICATIVAS	Há a necessidade de gerar energia
	Existe a possibilidade de ação em benefício próprio ou de alguém
	Existe conflito entre Agência e Empresas
	Existe possibilidade do uso de política partidária
	Não há acesso as informações
	Há possibilidade de escolha deliberada

Essas variáveis explicam decisões independentemente da sustentabilidade, por exemplo, quando uma localidade está sem energia, todos respondem que “Há necessidade de gerar energia” e isso tem que ser atendido. Nesse sentido, uma fala interessante foi de um superintendente da ANEEL que mostrou-se indignado com uma cidade do Estado do Amazonas que não tinha energia e disse que a ANEEL iria colocar, “custe o que custar” (se referindo ao não atendimento das questões ambientais e sociais).

Um dos deputados disse: “não tem essa estória de conflito entre agência e empresas... isso é normal, a ANEEL resolve” quer dizer, o respondente não estava preocupado como resolver, por quais parâmetros, mas quem resolver.

Quanto as demais variáveis, serão usados três testes estatísticos:

- Análise de Variância, dentro do teste “Experimento em Blocos Casualizados”
- Análise de Correspondência
- Teste de Kruskal-Wallis (teste H)

A análise de variância descrito por Vieira (2006) permitirá estabelecer que houve uma quantidade de informação em cada fonte e em cada dimensão equitativa, ou seja, o pesquisador não “carregou” desequilibradamente as informações. Em outras palavras, O teste de blocos casualizados verifica se o pesquisador provocou em alguma linha ou coluna com mais dados que outra e testa a independência das linhas e das colunas. Segundo a citada autora, a grande vantagem dos experimentos em blocos é permitir o uso de material heterogêneo de maneira equitativa. Os blocos controlam uma causa de variação.

No caso, essa tabela para o teste Anova (a seguir) foi preenchida com a quantidade de autores que dizem alguma informação sobre cada variável, ou seja, efetiva e fornece suporte estatístico para a triangulação dos dados nos blocos social, ambiental, econômico e institucional. O teste anova foi feito através do minitab 16.

Tabelas DSR		Nuclear	Hidro	Eólica	Petróleo	Etanol	Biodiesel	TOTAL
SOCIAIS	Existe possibilidade de catástrofe	10	2	9	14	0	0	35
	Provoca aumento de doenças (tipo Malária)	9	4	0	1	2	5	21
	Provoca deslocamento da população	0	10	1	3	0	0	14
	Provoca perda da cidadania	1	6	1	0	3	0	11
AMBIENTAIS	Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	9	8	9	11	3	15	55
	Causa mudança climática	0	2	1	10	1	1	15
	Causa fim de espécies (fauna e flora)	0	4	9	15	2	1	31
	Gera de Lixo/Expurgos	11	8	7	1	2	4	33
	Provoca diminuição florestas ou meio rural	6	15	10	0	5	5	41
	Provoca inundações	0	7	0	0	0	1	8
	Impossibilidade de irrigação	0	1	0	0	2	2	5
ECONOMICOS	Há altos custos de produção	8	5	8	7	5	5	38
	Há alto custo de implantação	6	3	5	7	5	6	32
	Há custo de reparos do meio-ambiente	3	10	5	7	5	0	30
	Há demorado retorno de capital	2	4	5	0	1	0	12
	Há gastos públicos decorrente da fonte	7	9	5	5	1	4	31
	Há custos de deslocamento da população	0	10	5	0	0	0	15
	Há diminuição da economia local (tipo pesca)	4	9	12	4	4	5	38
INSTITUCIONAIS	Há ineficiência da transformação energética	2	2	5	3	1	3	16
	Há necessidade de incentivos	5	7	6	5	3	3	29
	Não existência de matéria prima	4	8	8	4	3	3	30
	Reduzida escala de produção	4	2	5	2	3	5	21
	Não há fornecedores nacionais	3	1	2	0	2	3	11
Soma		94	137	118	99	53	71	572

Tabela 16 (5): Número de autores que fazem referencia à variável.

Blocos (dimensões)	Tratamentos (fontes)						TOTAL
	TABELAS DSR	Nuclear	Hidro	Eólica	Petróleo	Etanol	
Sociais	20	22	11	18	5	5	81
Ambientais	26	45	36	37	15	29	188
Econômicos	30	50	45	30	21	20	196
Institucionais	18	20	26	14	12	17	107
TOTAL	94	137	118	99	53	71	572

Tabela 17 (5): Tabela de Contingência para Cálculo ANOVA

O cálculo é feito com 1 grau de liberdade a menos na coluna e na linha. Os graus de liberdade do resíduo são os graus de liberdade total menos os da linha e os da coluna. Com isso é possível calcular os valores da soma dos quadrados totais, dos tratamentos (fontes) e dos blocos (dimensões), para achar o valor de F. Se F calculado for menor que o da tabela, significa dizer que os tratamentos são independentes entre si bem como os blocos

Graus de liberdade de tratamentos	6-1	5
Graus de liberdade de Blocos	4-1	3
Graus de liberdade do total	6X4-1	23
Graus de liberdade do resíduo	23-5-3	15
Valor de C	$C=572^2/(6 \times 4)$	13632,67
Soma de quadrados totais	$SQT = (20^2+22^2+11^2+...+99^2+53^2+71^2)-13632,67=3373,33$	3373,33
Soma dos quadrados dos tratamentos*	$SQT_r = [(94^2+137^2+118^2+99^2+53^2+71^2)/4]-13632,67$	1162,33
Soma de quadrados de blocos**	$SQB=[(81+188+196+107)/6]-13632,67$	1662,33
Soma do quadrados dos resíduos***	$SQR=3373,33-1162,33-1662,33$	548,66
Quadrado Médio de tratamentos (fontes)	$QMT_r=1162,33/5$	232,47
Quadrado médio de blocos (dimensões)	$QMB=1662,33/3$	554,11
Quadrado médio de resíduos	$QMR=548,66/15$	36,58
Valor de F para fontes	$F=232,47/36,58$	6,3554
Valor de F dimensões	$F= 554,11/36,58$	15,14

(*) variabilidade devida às fontes

(**) variabilidade devida à heterogenidade das variáveis (sociais, ambientais, econômicas e institucionais)

(***) variabilidade própria do experimento (desses dados)

Tabela 18 (5): Cálculo ANOVA (Cálculo F)

Análise de variância dos dados das tabelas DSR:

Causas de variação	GL	SQ	QM	F _{calculado}	F _{crítico}
Fontes	5	1162,33	232,47	6,36	4,56
Variáveis (Soc, Amb,Econ,Inst)	3	1662,33	554,11	15,14	5,42
Resíduo	15	548,66	36,58		
Total	23				

Tabela 19 (5): Cálculo ANOVA (Comparação F)

Ao nível dos tratamentos (fontes), na tabela F, ao nível de significância de 1% e com 5 e 15 graus de liberdade, encontra-se $F_{\text{crítico}}=4,56$. Logo, $F_{\text{calculado}}=6,3554$ é significativo ao nível de 1%. Podemos, portanto concluir que, em média, as análises das fontes nas tabelas DSR demonstram valores estatísticos diferentes, com confiança estatística de 99%, ou seja, as fontes têm o mesmo peso de informações e são independentes umas das outras.

Ao nível dos blocos (dimensões), na tabela F, ao nível de significância de 1% e com 3 e 15 graus de liberdade, encontra-se $F_{\text{crítico}}=5,42$. Logo, $F_{\text{calculado}}=15,14$ é significativo ao nível de 1%. Podemos, portanto concluir que, em média, as análises das fontes em blocos Sociais, Ambientais, Econômicos e Institucionais demonstram valores estatísticos diferentes, com confiança estatística de 99%, ou seja, as dimensões têm o mesmo peso de informações e são independentes umas das outras.

Sobre esse teste, Vieira (2006) alerta que, a rigor, o experimento em blocos se adéqua perfeitamente quando o pesquisador quer testar diferentes tratamentos (no caso as fontes) em

blocos (dimensões), e como os $F_{\text{calculados}}$ foram bem maiores que o F da tabela, o estudo das fontes em dimensões foi adequado.

Com o teste F , pode-se concluir que as fontes entre si (colunas) e as dimensões entre si (linhas) apresentam comportamento independente, o que para análise entre colunas parece ser constatação estatística do óbvio. O funcionamento e as características de fonte energética têm comportamento independente de outra fonte. Mas esse teste não responde se há conexão entre a linha (fonte) e a coluna(dimensões).

Nesse caso, segundo a aludida autora, o experimento indicado seria a análise de correspondência entre tratamento versus blocos, nesse caso, fontes versus as dimensões Sociais, Ambientais, Econômicos e Institucionais, ou seja, é possível verificar se a resposta dos tratamentos (fontes) interage (dependem) do tipo de bloco (dimensão).

5.8 Análise de Correspondência das tabelas DSR

Czermainski (2004) coloca que Análise de correspondência (AC) é uma técnica de análise exploratória de dados adequada para analisar tabelas de múltiplas entradas, levando em conta algumas medidas de correspondência entre linhas e colunas com dados categóricos.

Além da AC mostrar se existe relação de dependência das variáveis dispostas em linhas e colunas, mostra a distância da separação entre elas, ou seja, como linhas e colunas estão relacionadas. Embora seja considerada uma técnica descritiva e exploratória, a AC simplifica dados complexos e produz análises exaustivas de informações que suportam conclusões a respeito das mesmas.

A análise de correspondência pode ser considerada como um caso especial da análise de componentes principais (CP), porém dirigida a dados categóricos organizados em tabelas de contingência e não a dados contínuos. O problema é análogo a encontrar o maior componente principal de um conjunto de I observações e J variáveis, com modificações devido à ponderação das observações e à métrica ponderada.. (CZERMAINSKI, 2004)

Gonçalves (2009) afirma que a Análise de Correspondência é um método para determinação de um sistema de associação entre os elementos de dois ou mais conjuntos, buscando explicar a estrutura de associação dos fatores em questão. “Assim, são construídos gráficos com as componentes principais das linhas e das colunas permitindo a visualização da relação entre os conjuntos, onde a proximidade dos pontos referentes à linha e a coluna indicam associação e o distanciamento uma não associação”.

Nesse caso, a matriz possui 4 linhas e 6 colunas.

		C1	C2	C3	C4	C5	C6
		Nuclear	Hidro	Eólica	Petróleo	Etanol	Biodiesel
L1	Sociais	20	22	11	18	5	5
L2	Ambientais	26	45	36	37	15	29
L3	Econômicos	30	50	45	30	21	20
L4	Institucionais	18	20	26	14	12	17

Tabela 20 (5): Tabela de contingência por linhas e colunas

Czermainski (2004) e Gonçalves (2009) colocam que essa tabela pode gerar uma tabela de frequências relativas, onde cada valor pode ser transformado como $P=1/n$ (sendo neste caso $n=572$), assim, cria-se uma tabela que pode ser chamada de matriz de correspondência, a saber:

	Nuclear	Hidro	Eólica	Petróleo	Etanol	Biodiesel	Subtotal
Sociais	0.035	0.038	0.019	0.031	0.009	0.009	0.142
Ambientais	0.045	0.079	0.063	0.065	0.026	0.051	0.329
Econômicos	0.052	0.087	0.079	0.052	0.037	0.035	0.343
Institucionais	0.031	0.035	0.045	0.024	0.021	0.030	0.187
Subtotal	0.164	0.240	0.206	0.173	0.093	0.124	1

Tabela 21 (5): Cálculo da Matriz de Correspondência

A Matriz Correspondência será:

$$P_{4 \times 6} = \begin{vmatrix} 0.035 & 0.038 & 0.019 & 0.031 & 0.009 & 0.009 \\ 0.045 & 0.079 & 0.063 & 0.065 & 0.026 & 0.051 \\ 0.052 & 0.087 & 0.079 & 0.052 & 0.037 & 0.035 \\ 0.031 & 0.035 & 0.045 & 0.024 & 0.021 & 0.030 \end{vmatrix}$$

É possível calcular a distância que existe entre o p_{ij} esperado e o p_{ij} real através da fórmula: $p_{ij}' = p_{ij} - (n_{ij}/n_i * n_{ji}/n_j)$. Caso os valores dessa matriz sejam grandes, há forte evidência que existe dependência entre linhas e colunas, ou entre linhas, ou entre colunas, ou seja, há algum tipo de acoplamento dos dados, e assim, é possível eliminar a linha ou coluna acoplada.

Os termos dessa diferença representam uma comparação da proporção observada no interior de cada casela da tabela, com aquela esperada sob um modelo no qual, a princípio, as variáveis “fontes” e “dimensões” são independentes. Após o cálculo,

A Matriz Correspondência das diferenças:

$$P'_{4 \times 6} = \begin{vmatrix} 0.01169 & 0.00454 & -0.00998 & 0.00696 & -0.00438 & -0.00884 \\ -0.00856 & -0.00005 & -0.00487 & 0.00780 & -0.00423 & 0.00990 \\ -0.00386 & 0.00534 & 0.00798 & -0.00686 & 0.00496 & -0.00757 \\ 0.00874 & 0.08741 & 0.06469 & 0.01049 & -0.07343 & -0.03322 \end{vmatrix}$$

O maior valor absoluto encontrado foi o $p_{4,2} = 0,087$, significando que há uma chance estatística de apenas 8,7% de acoplamento dos dados Hidrelétrica X Institucional, o que é insignificante. Esse teste evidenciaria possível acoplamento de valores se $p_{ij} > 0,7$ ao nível de 95%. De modo, é possível afirmar que não existe nenhum tipo de acoplamento entre linhas e colunas, portanto: **Não há dependência entre linhas (dimensões) e colunas (fontes), ou seja, todas as variáveis são independentes.**

Assim, o fator importante a ser destacado é que cada uma dessas matrizes representam proporcionalmente um peso relativo aos dados originais, sendo que as distâncias entre os perfis linha/coluna aos seus respectivos centróides³ que são calculadas pela métrica qui-quadrado, da seguinte forma:

$$X^2 = \sum_{(i,j)} (n_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij}$$

Gonçalves (2009) coloca que um valor alto do qui-quadrado indica que, geometricamente, existe uma diferença significativa entre linhas e colunas e seus respectivos centróides, esse fato comprova, mais uma vez, que as variáveis são independentes.

O gráfico do teste é mostrado a seguir (para o cálculo do qui-quadrado e plotagem dos resultados da análise de correspondência foi usado a ferramenta estatística R)

³ os centróides são a média ponderada dos perfis linha e coluna e representa o centro de gravidade da matriz original de dados

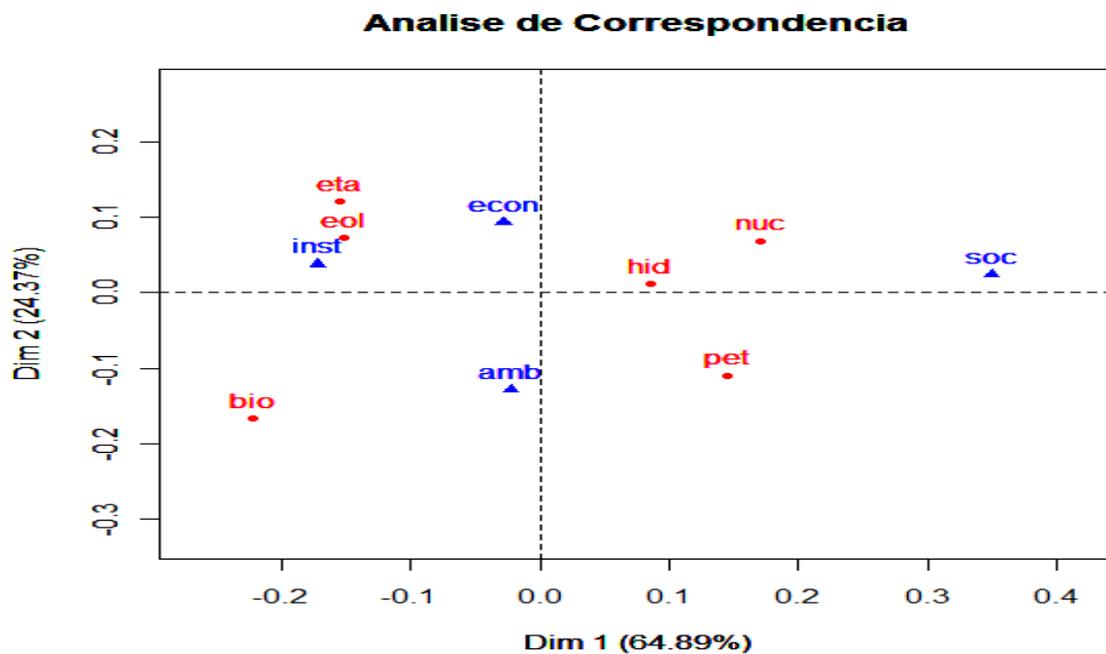


Gráfico 12 (5) Plotagem das distancias entre fontes e dimensões

```

> energia_val
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,] 20 26 30 18
[2,] 22 45 50 20
[3,] 11 36 45 26
[4,] 18 37 30 14
[5,]  5 15 21 12
[6,]  5 29 20 17

> chisq.test(energia_val)
Pearson's Chi-squared test

data: energia_val
X-squared = 20.5267, df = 15, p-value = 0.1026

```

O valor do qui-quadrado foi 20,5 e o p-value=0,1026 indicando que o teste é significativo com 90% de confiança, validando o que já havia sido apresentado: As variáveis são independentes entre si (entre fontes, entre dimensões e entre fontes e dimensões)

Sobre o gráfico 12 (5) é importante colocar que com esse tipo de plotagem é possível afirmar se há ou não acoplamento entre linhas e colunas visualmente, que não foi o caso (pois se houvesse acoplamento, os pontos deveriam aparecer praticamente colados um aos outros), porém

essa plotagem permite fazer algumas considerações, que vão construindo a idéia sobre a sustentabilidade:

- a) As fontes etanol e eólica (colunas) têm aproximação entre si e com a dimensão (linha) institucional, ou seja, possivelmente essas fontes tenham nível de sustentabilidade parecido e possivelmente são mais influenciadas pelas questões institucionais;
- b) As fontes Hidrelétrica, Petróleo e Nuclear estão relativamente próximas entre si (e afastadas das demais fontes) e estão no centro das dimensões dos fractais (ambiental, social e econômico) e afastadas da institucional, ou seja, as três fontes devem possuir nível de sustentabilidade parecidos e bem diferentes das demais fontes, e os pontos centrados e afastados do institucional mostram que essas fontes não dependem muito de questões institucionais para seu uso.
- c) O biodiesel é a fonte mais afastada e as dimensões mais próximas dela são institucional e ambiental, ou seja, de todas as fontes analisadas, é possível que ela seja a mais influenciada por questões institucionais e ambientais. Quanto essa possível dependência das questões institucionais parece claro ocorrer quando ela adota uma política de plantação baseada na agricultura familiar que tem toda uma intervenção governamental para funcionamento.
- d) A dimensão social está afastada de todas as fontes e dimensões, o que possivelmente quer dizer que as questões sociais na prática são as que menos influem na contabilização do nível de sustentabilidade.

Concluindo: A análise de variância garante que não houve vício no preenchimento das tabelas DSR, ou seja, todas as fontes e dimensões foram tratadas de maneira semelhante e a análise de correspondência garante que as fontes e dimensões são independentes entre si e cruzados.

Dessa forma, se tem a confiança que a triangulação dos dados funcionou e é possível passar para próxima etapa que é a apresentação dos setores elétricos do Brasil e da Suécia e o preenchimento da tabela para análise de sustentabilidade das fontes energéticas.

6 A Gestão de Setores Elétricos

O objetivo desse capítulo é levantar dados teóricos e dos setores elétricos do Brasil e da Suécia para servirem como elementos de análises na contextualização territorial do modelo de análise.

6.1 Análises de Setores Elétricos Estatais e Sob Égide Privada

Depois de preencher e comentar as tabelas DSR de cada fonte de energia possibilitando a análise geral, sem envolver ainda o contexto territorial, é preciso entender alguns parâmetros ligados às políticas públicas para completar a análise da sustentabilidade.

Muitas vezes, as decisões e a forma de organização do setor não obedecem a critérios sociais, ambientais e/ou econômicos, mas institucionais, quando há contratos pré-estabelecidos. Em se tratando de setores elétricos, a maioria das vezes, o governo representando o povo (visão social) ou a população (visão jurídica) contrata empresas para desenvolver a prestação do serviço elétrico.

O modelo de gerenciamento e a política pública afetam toda dinâmica da matriz elétrica. A primeira grande diferença está no tipo de arranjo adotado: Existem basicamente duas formas de arranjos, que diferem entre si: Arranjo Estatal e Arranjo Setor Privado, a saber:

Arranjo Estatal: *Como no Brasil até 1995, Suécia até 1990 e como é na França atual*

Gestão Pública	Força Motriz	Estado	Resposta
Econômico	Investimento estatal (Quase sem investimento privado)	Visão de revenda sem lucro	Baixo Investimento
			Baixa produtividade da mão de obra
			Tarifação por custo
Ambiental	A gestão ajuda a cuidar do meio-ambiente	Facilidade inserção fontes limpas	Facilidade de implantar políticas de inserção das fontes sustentáveis
Social	A gestão é para o povo	Uso da energia de forma social	Facilidade de implantar tarifa social, onde uma classe de consumo subsidia outra menos favorecida
		Funcionários especialistas	Excesso de funcionários
Institucional	Verticalização	Mascaramento de eficiência ao longo da cadeia	Perdas ao longo da cadeia
		Centralização das decisões	Melhor integração da gestão das águas
	Dificuldade novos <i>players</i>	Administração por decretos e resoluções	Ineficiência gerencial

Fonte: Elaborado a partir de Silva (2005)

Tabela 22 (6): DSR com considerações da gestão Estatal do setor elétrico

Arranjo Setor Privado: Como na Suécia, Brasil, Inglaterra atuais

Gestão Regulada	Força Motriz	Estado	Resposta
Econômico	Investimento estatal e privado	Visão do lucro	Maior Investimento
			Cobrança de produtividade da mão de obra
	Diferentes objetivos	Diferentes aceites de riscos	Problema de Agência
Ambiental	A gestão Socio-ambiental com visão de beneficiamento próprio	Dificuldade de inserção fontes limpas	Necessidade de políticas para inserção das fontes sustentáveis
Social	A gestão para empresa contratada	Distribuição da energia com vistas de lucro	Dificuldade de implantar tarifa social, onde uma classe de consumo subsidia outra menos favorecida
		Gestão de pessoal	Diminuição drástica da quantidade de trabalhadores
Institucional	Des-Verticalização	Busca de eficiência ao longo da cadeia	Em teoria, maior qualidade e produtividade
		Descentralização das decisões	Dificuldade na gestão das águas e na transferência de energia
	Necessidade de regulação	Regulamentação por decretos e resoluções	Processos licitatórios para acesso ao mercado
		Criação de agencias reguladoras	Possibilidade de novos <i>players</i>

Fonte: Elaborado a partir de Silva (2005)

Tabela 23 (6): DSR com considerações da gestão privada do setor elétrico

6.2 Considerações sobre o Setor Elétrico do Brasil

A institucionalização do setor elétrico do Brasil (SEB) iniciou-se na década 30. O setor que começou através da iniciativa privada, foi comprado na década de 60 pelo governo brasileiro através de desapropriação e compra das empresas; e na década de 90 tentou privatizá-lo inteiramente, copiando o modelo do setor elétrico inglês.

Desde a década de 30 havia discussão sobre a melhor forma de gestão administrativa, se pública ou privada. Já ocorriam algumas iniciativas particulares, mesmo antes das medidas governamentais oficiais surgirem. Por exemplo, no interior de Pernambuco, o cidadão Delmiro Gouveia implantara, já naquela época, uma pequena usina hidrelétrica para a geração para consumo próprio, servindo a uma fábrica têxtil de sua propriedade e parte da cidade que atualmente leva seu nome (um marco na energia brasileira). Outras medidas no Sul do Brasil também foram efetuadas no comando privado da geração e distribuição da energia elétrica.

Assim, a partir de 1934, o Brasil descobre sua grande capacidade hidráulica e o governo entendeu ser este setor estratégico para o país, e segundo a visão da época, não seria conveniente deixar o controle das águas e da energia sob égide privada. Então, o governo começa a regular o setor, implantando normas e leis, criando empresas para o efetivo controle, enfim trouxe para si, a gestão.

Com isso, o país retirava a gestão do SEB da iniciativa privada e colocava todo setor sobre égide estatal. Gerencia o sistema elétrico até o início da década de 90, onde a partir de 1995, começam as ações governamentais para devolver o SEB ao capital privado que estava “sucateado, sem investimentos e sem capacidade de reação” (Silva, 2005).

Sem se ater aos detalhes, o esquema abaixo fornece uma representação sobre o que aconteceu ao setor do início do século até os dias atuais.

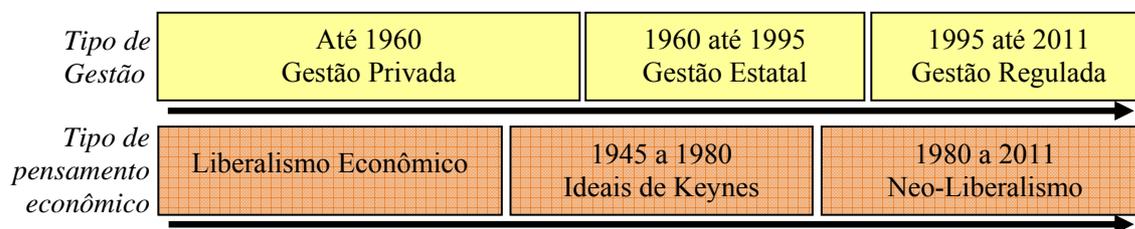


Figura 35 (6): Cronologia da gestão do SEB.

O quadro a seguir, apresenta parte do histórico do setor elétrico. Constata-se que as principais ações desenvolvidas até 1985, tinham uma tendência sempre de deixar a gestão do SEB nas mãos do governo.

1934	Getulio Vargas promulga o Código de águas: é criado o CNAEE (Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica), que assegura ao poder público o controle das concessionárias
1957	É criada, pelo presidente J. Kubitschek, a Central Elétrica de Furnas S.A. com a missão de construir a hidrelétrica de Furnas, que evitaria o colapso energético da região Sudeste do país.
1960	Em 22 de julho, a lei nº 3.782 cria o Ministério das Minas e Energia.
1961	Cria-se a Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras), para coordenar técnica, financeira e administrativamente o SEB. A data é tida como o início da trajetória de estatização do setor, antes fragmentado, com várias empresas privadas atuando nos Estados.
1965	O Presidente Castelo Branco inaugura a hidrelétrica de Furnas e em 7 de dezembro, a lei nº 4.904 cria o DNAE (Dep. Nacional de Águas e Energia).
1968	É criado o DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica) em 31 dezembro.
1979	A Eletrobrás adquire o controle da Light S.A., depois de 80 anos sob controle estrangeiro. O governo paga U\$\$ 380 milhões e assume um passivo de quase U\$\$ 1 bilhão.
1984	Entra em operação a primeira das 18 unidades geradoras de Itaipu.
1985	A Usina Termonuclear Angra 1 é inaugurada e os MME e da Industria e Comércio criam o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica).

Fonte: Adaptado de Silva(2005)

Quadro 23 (6): Histórico do SEB 1934/1985

A partir do início da década de 90, há uma mudança na tendência de gestão. Pode-se verificar no quadro a seguir, que as ações governamentais buscavam devolver à iniciativa privada, o controle das empresas elétricas, ficando o Estado como regulador do mercado.

1989	O quadro de 73 se inverte: apenas 26% dos recursos são destinados a investimentos e 74% ao serviço da dívida. Há inversão contábil: Os investimentos são considerados como despesas, e em seguida, são proibidas. Na prática, as receitas do SEB serviram para pagamento dos juros da dívida externa.
1990	A lei 8.031 cria o Programa Nacional de Desestatização – PND.
1992	As empresas do grupo Eletrobrás são incluídas no PND.
1993	Em 4 de março, é aprovada a Lei Eliseu Resende (8.631/93), que inaugura um conjunto de mudanças no setor: geradoras e distribuidoras passam a fixar sua tarifa em função dos custos de serviços.
1995	O presidente sanciona a Lei de Concessões Públicas, abrindo à iniciativa privada a exploração de serviços de energia elétrica. As concessionárias privadas representavam 1% da capacidade instalada. Em julho, a Escelsa é privatizada.
1996	O governo contrata a consultoria Coopers & Lybrand para propor um modelo de sistema elétrico; Em dezembro, é criada a ANEEL, para regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia; A Light e a CERJ são privatizadas.
1997	Em 18 de agosto, é registrado um pico do consumo. O sistema fica com reservas de apenas 3,9%. É criado o MAE (Mercado Atacadista de Energia), que funciona como uma espécie de bolsa de valores do setor, da qual participam geradora e revendedoras de energia. Nove estatais são privatizadas: a COELBA; a CEDA; a CEEE; a CPFL; a ENERSUL; a CEMAT; a ENERGIPE e a CONSERN.
1998	É criado o ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), que passou a controlar a transmissão de energia no país. Em fevereiro, a Light e a CERJ são multadas pela ANEEL por falha no fornecimento de energia. Blecautes levaram a protestos generalizados e a críticas ao modelo de privatização. Em 13/05, o Congresso aprova a MP 1.531 onde o livre mercado se daria em 9 anos (a partir de 2007), e não mais em 15 anos, como proposto pela Coopers & Lybrand. Mais cinco estatais são privatizadas. COELCE, ELETROPAULO, CELPA, ELEKTRO e GERASUL.

1999	A Eletrobrás transfere para o ONS a operação e o controle do sistema elétrico brasileiro; Em 1º de março. Em julho, a CESP – Paranapanema é Privatizada.
2000	FHC lança o Programa Prioritário de Termelétricas para implantar diversas usinas a gás natural. Entra em operação Angra 2. Em fevereiro a CELPE é privatizada.
2001	A SAELPA e a CELB são Privatizadas. Apagões no Sul Sudeste – Racionamento de energia imposto ao país. No final do ano, os efeitos da crise energética são suprimidos.
2004	O Ministério da Minas e Energia lança um “novo” programa para o SEB, retirando a parte do planejamento governamental, antes responsabilidade da ANEEL, passando para a ELETROBRÁS.
2007	Fechamento de 90% das cooperativas de Eletrificação Rural (fonte ANEEL, 2008)

Fonte: Adaptado de Silva (2005)

Quadro 24 (6): Histórico do SEB 1989/2004

Normativamente começam as mudanças no governo de Fernando Henrique Cardoso. Seguindo certa constância de ações, o arranjo estatal muda paulatinamente, como se pode observar no quadro já apresentado e na visão das leis e decretos no quadro 4.

Lei 8631 Decreto 774 Mar 93	Desequalização tarifária; a extinção da remuneração garantida (Reserva Nacional de Compensação de Remuneração) e o acerto de contas com a Conta de Recursos a Compensar; a reativação da Reserva Global de Reversão como um fundo destinado ao financiamento da expansão e conservação dos serviços de energia elétrica, adequação no rateio da Conta Nacional de Combustíveis (CCC), Criação do Conselho de Consumidores.
Decreto nº 915 Set 93	Permite a formação de consórcios entre concessionários de autoprodutores para aproveitamentos hidrelétricos
Decreto 1009 Portaria 337 Abr 94	Cria o SINTREL – Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica; permitindo o livre acesso à malha federal; Incentiva a competição nos segmentos de geração; define os conceitos e requisitos básicos a serem utilizados; Define as condições de comercialização
Lei 8987 Fev 95	Obriga a licitação das concessões de geração, transmissão e distribuição; e define os critérios gerais a serem aplicados nas licitações e nos contratos de concessões.

Decreto 1503 Maio 95	Inclui o sistema Eletrobrás no Programa Nacional de Desestatização (PND) e orienta a privatização.
Lei 9074 Jul 95	Complementa a Lei 8987, no que diz respeito aos serviços de energia elétrica; cria o produtor independente de energia; Libera grandes consumidores do monopólio comercial; Assegura livre acesso a transmissão e distribuição.
Decreto 1717 Nov 95	Estabelece normas para prorrogação de concessões de serviços públicos de energia elétrica.
Decreto 2003 Set 96	Regulamenta a produção de energia elétrica por produtor independente e autoprodutor e dá outras providências.
Lei 9427 Dez 96	Disciplina o regime de concessões de serviços públicos. O Decreto Lei n.º 2.335/97 constitui a ANEEL
Portaria 459 Nov 97	Regulamenta as condições de livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição.
Portaria 466 Dez 97	Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica
Resolução 94 Mar 98	Estabelece participação das empresas no mercado de distribuição e geração
Lei 9.648 Jul 98	Reestrutura o setor elétrico, cria o MAE e o ONS (Operador Nacional do Sistema) e estabelece condições relativas ao funcionamento do Mercado Atacadista de Energia (MAE).

Fonte: ANEEL (2008)

Quadro 25 (6): Principais Mudanças no SEB

Houve troca da equipe presidencial em 2003 e o novo governo lança um novo programa de reestruturação do setor elétrico nacional, porém sem há uma verdadeira mudança ideologia da gestão, que continua com visão regulatória.

Na verdade, decidir trocar um arranjo institucional é uma tarefa muito difícil. Envolve todo um arcabouço de idéias, planos e interesses. Não é apenas uma decisão econômica, sobretudo é uma decisão política, um jogo de poder (SANTOS, 1989).

Historicamente, o arranjo institucional do SEB - Setor Elétrico Brasileiro - alinhou-se aos momentos econômicos que passou por quatro períodos:

1950 até 1965 - <i>Transição Institucional e Intervenção Estatal</i>
<p>Houve uma clara tendência para a intervenção do Estado na formulação e execução da política de níveis de energia elétrica. Notou diferenças de opinião entre os liberais e intervencionistas.</p> <p>Criação do BNDE, MME e dos projetos de criação da Petrobrás e Eletrobrás. Pesados investimentos são feitos na Chesf, Cemig e Furnas</p> <p>Surge a proposta de estatização do SEB, para não torná-lo dependente das forças de mercado e da conjuntura internacional. No Plano de Metas do Governo Kubitschek, o SEB absorvia 25% do orçamento global. O órgão regulador (Divisão de Águas do MME) exercia uma atuação tímida face ao poder dos regulados; as tarifas eram fixadas com base no custo do serviço com remuneração garantida</p>
1965 até 1980 - <i>Institucionalização e Apogeu</i>
<p>O governo militar consolidou a política intervencionista, nacionalizou todo setor e investiu com vultosos aportes financeiros na infra-estrutura. Cresce a força do MME e Eletrobras, e ao contrário do que se pensa, as unidades estaduais tinham poder decisório para maioria das ações. Isso gerou uma “independência” entre os Estados, onde os mais fortes tentavam construir usinas geradoras sem correlação com seus mercados (SP, MG, RS, PR). Configurava-se o “círculo virtuoso”.</p> <p>Houve unificação da frequência do país para permitir a interligação dos sistemas de transmissão de energia e obter maiores benefícios de escala. Por ocasião da crise do petróleo (1973), o governo militar decidiu prosseguir com a estratégia desenvolvimentista e realizou pesados investimentos no campo energético (Itaipu, Tucuruí, Programa do Álcool e Programa Nuclear). Esse esforço financeiro, os compromissos da dívida externa e o aumento das taxas de juros internacionais (1979), em razão da segunda crise do petróleo e do desvinculamento do dólar do padrão-ouro, esgotaram o SEB e o país.</p> <p>Houve a utilização das empresas estatais como instrumentos de ação macroeconômica, ao, por exemplo, angariar empréstimos internacionais para fechar o balanço externo de pagamentos e reduzir as tarifas para combater a inflação. Assim, inicia-se uma crise permanente que iria resultar na reformulação institucional, no bojo de uma filosofia neoliberal, de âmbito internacional.</p>

Quando havia conflitos de interesses entre a União e os Estados, sempre era solucionado, a favor dos Estados, a expensas das empresas federais (Furnas, CHESF e Eletrosul). O "círculo virtuoso" transformou-se em um "círculo vicioso" e o modelo nacionalista se torna inviável.

1980 até 1990 - *Preparação para mudanças*

Marcado pela implantação mundial do neoliberalismo e ocorreu uma gestão deficiente do SEB.

Nesse período ocorreram as piores crises e o quase completo desmantelamento financeiro do SEB. Entre os diversos problemas estava a decisão da contenção tarifária para conter a inflação e, principalmente, da sua equalização que misturava questões econômicas e sociais. A verticalização do setor em uma grande e única empresa escondia a eficiência das empresas componentes no conjunto, o que tinha apelo político, pois beneficiava empresas de estados mais atrasados, cujas dimensões de mercado não permitiam sobrevivência e ganhos de escala.

Vários efeitos negativos surgiram: (a) as tarifas deixaram de sinalizar os custos incorridos ao consumidor; (b) as concessionárias mais eficientes e/ou com menores custos operacionais estavam subsidiando as menos eficientes (assim criavam gastos desnecessários na operação, para serem incorporados ao custo do serviço) e; (c) as concessionárias ineficientes ou com maiores custos não tinham incentivos à sua redução. O desentendimento foi grande, evidenciando antagonismos (e oportunismos) principalmente entre as concessionárias dos Estados da região Sudeste-Sul e as empresas do Norte-Nordeste que buscavam incluir ou manter tratamento diferenciado ou subsidiado no sistema.

O pagamento do consumo passou a não ser mais respeitado pelas empresas Estaduais para com as empresas geradoras federais. Houve um processo de "captura" do órgão regulador pelas concessionárias estaduais, as quais forneciam e remuneravam os funcionários que as deveriam fiscalizar. A situação ficou descontrolada e houve o ressurgimento da solução em privatizar o SEB. Essa perspectiva ideológica combinava com a doutrina mundial virgente pregada pelo Consenso de Washington. O resultado era previsível: Privatizações

1990 até 2010 - *Reorganização Institucional*

Houve descapitalização do SEB; Com a abertura externa do Governo Collor (liberalização comercial), a disseminação das teses neoliberais e a pressão externa para a adoção dos princípios do Consenso de Washington começou a ser articulada a solução da privatização dos serviços de energia elétrica.

Teórica e ideologicamente, essa alternativa foi colocada por técnicos do Banco Mundial, BID e FMI, não só para o Brasil, mas para todos os países em desenvolvimento.

O novo quadro institucional é implantado gradualmente, mas ele tinha sido concebido em países onde as usinas térmicas eram destaque. Não era o caso do Brasil que possuía um sistema de base hidráulica com usinas distantes da carga. A modelagem para o novo modelo brasileiro sugerida pela Coopers & Lybrand (1997), “foi o modelo inglês, que pouco considerava a característica essencialmente hidráulica do parque gerador brasileiro”.

Ocorre a privatização das empresas, depois disso há a criação da ANEEL e o arranjo tornou-se parecido com o modelo Inglês. Embora o objetivo declarado das reformas seria viabilizar um mercado mais competitivo, não foi o que ocorreu. Até o Presidente Luiz Inacio Lula da Silva assumir, 21 concessionárias estatais haviam sido privatizadas, das quais 17 delas distribuidoras e 4 geradoras, com um valor total obtido de cerca de US\$ 32 bilhões. A Copel (PR) e a CEMIG (MG) não desverticalizaram. Das geradoras federais apenas a Eletrosul foi privatizada.

Em outras palavras, as privatizações foram feitas, evidenciando aspectos ideológicos e não técnicos. Houve comportamentos oportunistas, onde os contratos de concessão de longo prazo foram assinados antes que o marco regulatório tivesse sido adequadamente estabelecido.

Fontes: Souza (2002) Coopers e Lybrand (1997), Tolmasquin (2001), Oliveira (1998), Borenstein (1999) e Thomas (1997) todos in Silva(2005).

Quadro 26 (6): Fases do SEB

Assim, o Brasil ao longo da história já assumiu as duas formas de gestão comentadas, uma estatal onde o Estado é intervencionista e atualmente, uma gestão pública regulada, modelo copiado/adaptado da Inglaterra. Compreender as diferenças e sutilezas de cada modelo pode ajudar a compreensão sobre o uso de fontes energéticas.

Arranjo Institucional Estatal (até 1995)	Arranjo Privado Regulado (pós 1995)
Saulniers (1983) coloca que determinados bens produzidos na economia seriam de natureza comum ou pública, cabendo ao Estado a responsabilidade de produzi-los, que era o caso da energia elétrica.	Na América latina, o Chile e a Argentina foram os primeiros a reestruturarem o setores elétricos, sendo seguidos pelo Peru, Bolívia, Colômbia, Venezuela e Brasil". Todas as empresas distribuidoras foram privatizadas, com exceção daquelas que não são excelências lucrativas, a ITAIPU Binacional (por motivos políticos) e as nucleares (por motivos de defesa e de dominação de enriquecimento do urânio)
Visão estratégica centralizada com uma única coordenação (Eletrobrás) – Não problema de Agência	Criação da ANEEL Visão estratégica descentralizada, com regulação - Há problema de Agência
Verticalização: Empresas da geração, transmissão e distribuição são conectadas técnica e gerencialmente, o que possibilita melhores ajustes estratégicos, porém mascara falhas	Desverticalização: Separação gerencial das empresas de geração, transmissão e distribuição, o que possibilita melhor visibilidade das falhas, porém piora ações estratégicas em conjunto. Tecnicamente, o sistema fica aberto para venda das empresas de energia em qualquer um dos segmentos, para qualquer investidor
Não há concorrência entre empresas	Tecnicamente, deveria haver concorrência entre empresas, na prática, cada Estado, cidade ou lugarejo tem apenas uma concessionária distribuidora de energia, que por sua vez compra energia das empresas geradoras, também únicas, ou seja, não há concorrência, logo não existem controles reais funcionando
Programas de treinamentos em busca de especialistas voltados para a realização das tarefas, Rigorosos trabalhos de Organização e Métodos	Programas de Qualidade e Produtividade. Severiano (1994) analisou duas empresas do ramo elétrico, utilizando o mesmo tipo de processo, uma privada e outra estatal. A estatal apresentou elevadíssimas perdas de produtividade em relação à privada.

<p>Gestão das águas: Uma consequência direta da interligação dos sistemas era a possibilidade do gerenciamento eficaz das águas. Era possível haver excesso de chuvas numa região e falta noutra, assim era possível produzir energia em uma área de excesso de água e escoar energia para outra área com pouca água.</p>	<p>Gestão das águas: Este é um dos gargalos do modelo. A geração de energia brasileira é baseada na hidreletricidade, onde a água é o insumo primário. Segundo a Constituição Federal a água pertence ao Estado. Mesmo que haja desverticalização, ainda assim a geração privada estaria diretamente ligada ao Estado.</p>
<p>Mão-de-obra: as empresas aparentemente não estavam preocupadas com minimizar os custos relativos à mão-de-obra e buscavam usar as empresas para diminuir o desemprego no país</p>	<p>Mão-de-obra: as empresas sempre buscam reduzir custos. 70% da força de trabalho foi demitida</p>
<p>Política de custos e preços: o valor arrecadado deveria ser capaz apenas de cobrir todos os custos de operação, manutenção, além da amortização e depreciação dos equipamentos, mais a parcela correspondente à remuneração do capital investido. (Gonçalves, 2002)</p>	<p>O governo do Brasil anunciou um aumento do investimento interno, quando o setor foi privatizado, afirmando que a venda das empresas seria por preços justos. Porém, o que foi privatizado foi o setor de retorno imediato do capital - as distribuidoras. Não houve nenhum investimento na área de geração e transmissão</p>
<p>Tarifação: Oo SEB também serviu, através de suas tarifas de energia como reguladoras da inflação. As tarifas, por vezes, mesmo operando abaixo do nível dos custos, eram mantidas sem os devidos reajustes, para não ocasionar aumento no custo de vida da população Souza (2002). Esse fato também favorecia uma distribuição econômica social entre as concessionárias, pois as empresas grandes ajudavam a gestão de regiões mais pobres do país.</p>	<p>Tarifação: Acaba a visão do Estado intervencionista, atento às questões sociais Na prática, as ações governamentais são mínimas, e o SEB como agente do Estado, na verdade, não existe. A ANEEL está presente no Brasil, não para regular o uso da energia com fins sociais ou de segurança física, mas para coibir abusos no fornecimento, contratos e certo controle no aumento das tarifas.</p>

Fonte: Silva(2005)

Quadro 27 (6): Diferenças entre o arranjo Estatal e o Privado

Como pode ser visto o governo de Fernando Henrique Cardoso organizou o SEB totalmente baseado no da Inglaterra. Mesmo com todo empenho e expectativa, a implantação do arranjo inglês não aconteceu como previsto, pois não houve total privatização do setor, tampouco desverticalização. No curso das privatizações, o governo se deparou com algumas reações que fizeram o arranjo institucional implantado não ser exatamente o planejado:

(1) Na distribuição – Não houve oferta em algumas distribuidoras, por não serem lucrativas. Também houve reações de diversos grupos (populares, juristas, políticos e outros) para a não privatização de algumas empresas (por exemplo, A COPEL no Paraná por reação da população e a CEMIG em Minas Gerais por imposição do governo estadual);

(2) Na transmissão – não houve nenhum problema para que houvesse a separação da transmissão com a geração e distribuição, tanto que a SINTREL foi criada, mas existiu relutância interna quando da venda do setor de transmissão, havendo um “engavetamento” da privatização para estudos posteriores;

(3) Na geração – O sistema de geração da ELETROSUL vendeu sua usina GERASUL, porém houve uma “demora” normativa nos estudos para a privatização da CHESF, FURNAS etc, o que fez o período do governo Fernando Henrique Cardoso terminar, e ao assumir o Governo do presidente Luís Inácio Lula da Silva, opta por não haver mais privatizações.

Nesse sentido, o novo governo estudou uma adaptação ao Arranjo Institucional implantado, lançando através do Ministério das Minas e Energia e a “Nova Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro”, não mudando a ideologia implantada:

(1) homologa as privatizações já ocorridas;

(2) Não realiza outras privatizações e;

(3) devolve o planejamento para a ELETROBRÁS.

Diante desse quadro, é possível afirmar que o arranjo institucional do SEB atual é uma cópia não muito fiel a implantada na Inglaterra. A figura 21 apresenta o gerenciamento do setor:

Sobre a comercialização da energia das empresas geradoras de energia, há duas modalidades de venda: O mercado regulado e o de leilões.

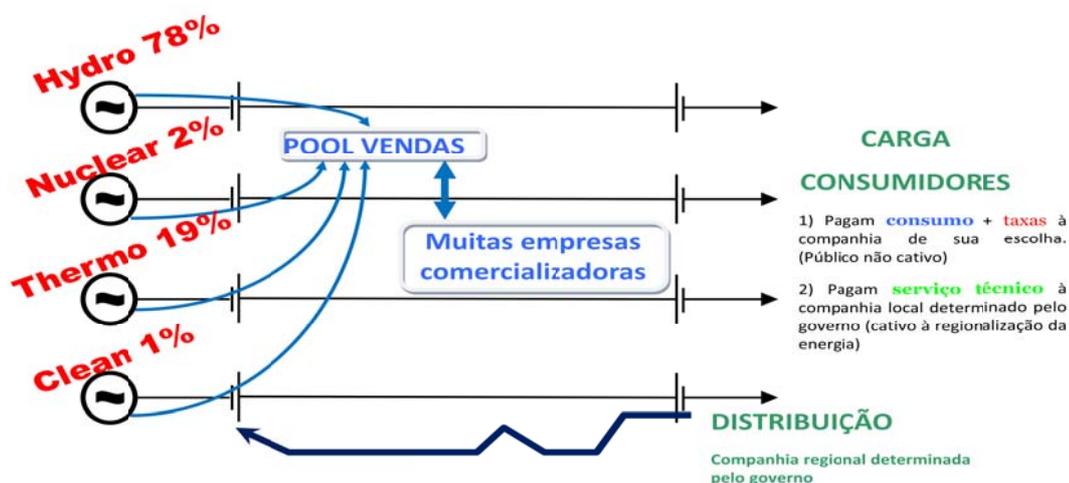


Figura 36 (6): Atual Arranjo Institucional Brasileiro.

No mercado regulado apresentado na figura 36 (6) tanto as empresas geradoras como as distribuidoras de energia fazem uma previsão anual da demanda e a ANEEL determina o preço de venda das geradoras para as distribuidoras, garantindo a cobertura dos custos e lucro. Nesse caso as geradoras têm um lucro menor, mas têm garantido a compra do total da quantidade em MWh informado e acertado, independente da confirmação da demanda pela distribuidora (nesse caso, o risco está principalmente nas concessionárias distribuidoras).

No caso de erro da previsão numa estimativa menor que o consumo real por parte das distribuidoras, elas são obrigadas a comprar energia no pool de vendas (MAE), onde algumas empresas comercializadoras são responsáveis pela venda de energia. Neste caso, a agência reguladora (ANEEL) homologa o leilão (e não regula a venda), tendo a distribuidora comprado energia num preço maior que no mercado regulado..

Além dos grandes consumidores independentes (que compram para uso pessoal), as concessionárias ou as cooperativas revendem a eletricidade para o consumidor final que é cativo (não tem liberdade de escolha) em um limite de preço definido pela ANEEL. Todos os custos são repassados ao consumidor final. Assim, os consumidores cativos pagam para a empresa determinada e regulada pelo governo o valor da energia comprada pela concessionária + impostos governamentais + um valor pelo serviço técnico + demais custos + lucro.

No modelo de gestão brasileira haveria pouco incentivo para a geração através de fontes sustentáveis, pois como o preço é ditado pelo mercado e a geração hidrelétrica tem custos muito baixos, há dificuldade da inserção dessas fontes. Há alguns programas, como o PROINFA, entretanto esses incentivos não conseguem realmente incentivar a chamada energia limpa.

6.3 Considerações sobre o Setor Elétrico da Suécia

O setor energético sueco é organizado visando atender os países nórdicos, seguindo regras da Comunidade Européia, principalmente nas questões da política climáticas. Seu gerenciamento pretende garantir o abastecimento de eletricidade e outras formas de energia, em condições competitivas. Também visa criar condições adequadas para o uso eficiente de energia com um custo adequado e mínimo os efeitos adversos para a saúde da população, meio ambiente, contribuindo para a formação de uma sociedade ecologicamente sustentável. (SWEDISH ENERGY AGENCY, 2007).

Da mesma forma que no Brasil, a institucionalização do setor elétrico da Suécia (SES) ocorreu no começo do século XX, a diferença sempre é que na Suécia os eventos tratados no subtópico anterior (SEB) iniciaram em média 15 anos antes do Brasil.

Historicamente, o arranjo institucional do SES - Setor Elétrico Sueco (mais antigo que o brasileiro) passou por cinco períodos:

Fase 1: O início entre 1880 e 1900

As indústrias e empresas de geração e de distribuição de energia foram estabelecidas em várias cidades suecas entre 1880 a 1900. Em sua maioria plantas térmicas e pequenas hidrelétrica no sul do país. Na época o governo teve que intervir com aportes financeiros para construção de maiores usinas hidrelétricas no norte, então há a nacionalização do SES. Linhas de transmissão estatais foram construídas conectando a usinas do Norte e o sul da Suécia. Nesse início, o modelo de gestão do SES era praticamente todo estatal no sentido que as linhas de transmissão pertenciam a União e as geradoras e distribuidoras aos municípios, varejistas pseudo-independente, com pouco ou nenhum poder próprio.

Fase 2: 1900 a 1960

Marcada pela exploração de toda capacidade hidrelétrica de baixo custo (só não foram explorados os rios que necessitavam de investimentos muito grandes, além disso, cresce a oposição a exploração dos afluentes que desembocavam no Mar Báltico, aumentando o custo político de cada novo projeto). Assim aumenta novamente o investimento nas plantas térmicas a petróleo.

Cresce o poder de influência da empresa estatal Vattenfall, que conseguiu influir na venda de energia das empresas municipais criando taxas exorbitantes de transmissão das empresas que faziam coogeração a partir do petróleo. Por isso entra opção pela energia nuclear tem um papel importante na luta pelo poder sobre o mercado da electricidade.

Fase 3: 1960 a 1972

Ascensão do uso da energia nuclear como promessa de fonte de massa. Para decepção do governo, o primeiro pequeno reator sueco Ågesta deveria ficar pronto em 1961 com um custo de 40 milhões de coroas suecas (M sek) - aprox 4 milhões de euros - mas ficou pronto em 64 a um custo de 200 M sek. Essa usina operou com prejuízo até 1974. O CDL (órgão estatal de coordenação para a indústria) coloca que quanto maior o número de usinas nucleares construídas, com reatores idênticos, os custos se tornariam compatíveis com os da eletricidade e projeta uma necessidade e construção de 24 reatores até 1990.

Fase 4: 1972 a 1990

Ocorre a Conferência de Estocolmo e começa a oposição dos ambientalistas à energia nuclear, favorecendo o uso das energias eólica, solar e biomassa, mas a demanda de eletricidade projetada era alta o suficiente para justificar o uso nuclear. Em 1974, o CDL prevê um consumo de electricidade de 350 TWh no ano 2000 (que acabou sendo menos de 145 TWh). Constata-se que o desenvolvimento das energias renováveis não foi suficiente. Há um referendo popular em 1980 dizendo não ao uso da energia nuclear. Mesmo assim, a necessidade de consumir energia fez com que houvesse um desrespeito ao plebiscito e alguns reatores foram construídos (Oskarshamn III e Forsmark III), a altos custos que não recuperaram o capital para seus proprietários.

Fase 5: 1990-2011

O arranjo com bases e controles estatais é trocado por um modelo competitivo onde o Estado deve ser mínimo e mercado impor suas leis. Em contrapartida deve e foi criada uma agência reguladora seguindo os moldes e diretrizes implantados no mundo.

A ministra da Energia e Ambiente, Birgitta Dahl assumiu o compromisso "irrevogável" de fechar os primeiros reatores nucleares em 1996.

Existe a pretensão governamental de adequa-se aos níveis de emissão de gases do efeito estufa acertados no Protocolo de Kyoto, para isso há a implantação de políticas públicas para diminuir o uso do petróleo, sobretaxar as empresas geradoras que usam combustíveis poluentes e não renováveis e premiar as geradoras que trabalham com energia limpa.

Mesmo tendo estudos desde 1915 acerca de estações de *heatpump*, e os sistemas de aquecimento distritais terem sido iniciados em 1951, somente em 1995 cresce de maneira significativa o uso do sistema de aquecimento através de estações centralizadas por bairros, usando sistemas de circulação de água naturalmente quente (captadas a 90-100 metros de profundidades) através de injeção de ar comprimido (o que não emite nenhum tipo de gás).

Unificação da venda da energia no pool Nordico (Suécia, Noruega, Dinamarca, Finlândia)

Fonte: Kåberger(2007) Leijonhufvud (1994)

Quadro 28 (6): Fases do SES

Assim, sem se ater aos detalhes, o esquema abaixo fornece uma representação sobre o que aconteceu ao setor do início do século até os dias atuais.



Figura 37 (6): Cronologia da gestão do SES.

O quadro a seguir, apresenta parte do histórico do setor elétrico sueco. A semelhança no Brasil (guardando as peculiaridades que serão normalmente apresentadas), até 1990 as principais

ações desenvolvidas tinham uma tendência sempre de deixar a gestão do SES nas mãos do governo, mas entre 1990 e 2000 começa a edição de leis buscando a inserção da iniciativa privada e promovendo incentivos à geração de energia, via fontes limpas, conforme quadro a seguir.

1990	Primeiras orientações regulatórias onde se normatizou alguns aspectos foi dada uma maior atenção para os aspectos da fiscalização dos mercados de energia. Nesse ponto, os aspectos relacionados com o consumo e a construção de cenários de crises foram prioridades.
1997	Incremento de estudos sobre as fontes renováveis de energia e aumento da eficiência do uso de energia.
1998	Criação da Swedish Energy Agency (MATTSSON, 2009), que ficou responsável pela regulação do setor energético e pela produção de um novo planejamento até 2020.
2005	Foi criada a Energy Markets Inspectorate (EMI) como parte da Agência sueca, que ficou responsável pelo acompanhamento, controle e análise sobre a eletricidade, gás natural e à dinâmica do mercado. O Orçamento de 2005 confirmou cerca de 80 milhões de euros por ano em pesquisa e desenvolvimento de novos métodos, tecnologias e processos em busca de um sistema energético sustentável, com uma direção específica para a energia eólica.
2006	A responsabilidade por questões de energia foi transferida para o Sustainable Development Ministry (Ministério da Energia e Comunicação), mas o Ministério do Meio Ambiente ficou responsável pela política climática e ambiental. O governo envolve a indústria, instituições de pesquisa e o setor público. O verdadeiro objetivo dessas comissões não era elaborar o Projeto de Lei sobre da política climática, mas sim, para aumentar a visibilidade para a Suécia, no contexto das negociações internacionais sobre clima, visto que a sede da União Européia foi deslocada da Bélgica para Suécia em 2009. O EMI analisou as tarifas de todas as 168 empresas de distribuição e, em seguida, publicou portaria com a apresentação de tarifas e um decreto regulamentar rompendo com a figura do consumidor cativo no país. Tornou possível para o consumidor a escolha e mudança rápida de seu fornecedor de energia. Assim, o principal caminho traçado foi via tarifa, a tributação da energia poluente e premiação das energias limpas

2007	<p>A Política do Meio Ambiente estabeleceu 16 metas de qualidade ambiental, além do cumprimento de alguns objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Foi criado um Sistema de Certificado de Eletricidade, que tinha o objetivo de aumentar o uso da eletricidade vinda de fontes renováveis em 17 TWh até 2016; ➤ Foi instalado o programa de aumento da eficiência energética nas indústrias de energia intensiva (PFE - Programa de Eficiência Energética); ➤ Foi planejado pela Agência Reguladora um nível de produção de energia eólica de 10 TWh até 2015. A lei Wind Power incluídos pontos para ajudar o planejamento do uso da energia eólica simplificou tanto o processo de regulação que para se produzir até 25 MW, a empresa geradora necessitava apenas enviar uma mensagem para Agência Reguladora. ➤ A agência previu a necessidade de outros players no setor, envolvendo serviços de consultoria, novas tecnologias e novas políticas públicas sobre o mercado de energia. <p>Houve bonificação financeira de incentivo ao uso do gás com o objectivo de redução do uso de combustíveis fósseis e eletricidade. Além disso, as instituições públicas podiam solicitar subsídios para instalação de sistemas que utilizam células solares ou uso de biocombustíveis.</p> <p>Os indivíduos receberam um subsídio de cerca de 1.000 € para trocar seus carros velhos por veículos com baixo impacto ambiental. Os fornecedores de combustível foram obrigados a vender combustíveis renováveis, principalmente etanol. O investimento no programa climático (Klimp) foi aumentado.</p> <p>Uma comissão tratou da compatibilidade entre os grid Sueco e dos outros países nórdicos para formação do pool Nordic Energy Regulators – NordREG e a implantação de condições para entrada no grid da energia oriunda de fontes renováveis.</p>
------	---

Quadro 29 (6): Histórico do SES – 1990/2007

Como já foi visto, as diferenças da estrutura entre o arranjo estatal e o competitivo não diferem muito, independente do país. Na Suécia as mudanças ocorreram com maior profundidade em 1996, onde com certa constância de ações, o arranjo estatal muda, o quadro a seguir mostra as leis que mudaram o SES.

Bill N ^o . 1996/97:84	Orientações regulatórias para aspectos ligados à fiscalização e controles dos mercados de energia e atenção à política econômica
Energy and Tax Act	Cria sistema de taxas e impostos para eletricidade, nos combustíveis, nas emissões de CO ₂ , nas emissões de enxofre e nas emissões de NO _x
Bill n ^o . 2005/06:127 Research and new technology for future energy systems	Aumenta o relacionamento entre as indústrias e os setores de pesquisa. Existem dois conselhos de financiamento de pesquisa na Suécia: o Swedish Research Council I (VR) e o Swedish Research Council II (FR) e também diversas entidades públicas como a Swedish Agency for Innovation Systems (Vinnova), a Swedish Environmental Protection Agency, a Swedish Energy Agency e a the Foundation for Strategic Environmental Research (Mistra)
Bill N ^o . 2006/07:100. The spring Budget Bill	Foi criada uma Comissão de Desenvolvimento Sustentável, cujo presidente era o Primeiro Ministro e uma Comissão Parlamentar sobre o Clima.
Government Decision N2006/05/E	Abre o mercado de distribuição de energia permitindo ao consumidor livre escolha de ser fornecedor. O consumidor (neste momento não cativo) tem a liberdade de comprar pacotes de energia pré-pago e pós-pago.
SOU 2006:94 Threat of flooding – risks and actions for Lakes Mälaren, Hjälmaren and Vänern	Dentre tantas mudanças, o Governo nomeou uma comissão de inquérito para investigar os efeitos e riscos das alterações climáticas sobre a saúde humana, sobre a diversidade biológica e sobre a infra-estrutura (nas estradas, ferrovias, telecomunicações, produção de energia, abastecimento de água e tratamento de afluentes). Essa comissão foi responsável em estudar como cumprir a Energy Services Directive que exigia que cada Estado melhorasse em nove anos, 9% a eficiência energética e a redução do consumo.
Government Decision N2007/1205/E	Novo planejamento energético 2008-2020, onde se prever a auto-suficiência no uso de combustíveis fósseis (na verdade, como naquele país não produz petróleo, o plano visa substituir o uso do combustível)
SOU 2007:36 Bioenergy from agriculture – a growing resource	Criação de uma comissão para estudar as condições da agricultura para a produção de biocombustíveis. O relatório publicado indicou potencial apenas para produção de biogás.

Quadro 30 (6): Leis que regulamentaram o SES

Assim, o SES se organiza colocando os setores de geração e transmissão integrados em um pool de vendas com os países nórdicos. Internamente se organiza deixando o consumidor livre, não cativo para comprar pacotes de energia. Para organizar, induzir e incentivar a escolha e o uso de fontes menos poluentes de energia organiza a distribuição com sobretaxas e impostos energético, além do CO₂ tax e do enxofre tax que forma um fundo econômico para gerir os incentivos necessários ao cuidado com o clima.

Outras importantes medidas foram à comercialização de certificados de eletricidade, o programa de melhoria da eficiência energética e programas incentivando a criação de ambientes ecologicamente corretos, quer seja nas construções civis, quer nos transportes ou no uso da tecnologia.

Para efeito de entendimento, o governo sueco trata suas ações dividindo as medidas em quatro diferentes agrupamentos: Ações Administrativas, Política Econômica, Sistema de Informações e Pesquisa.

- a) As ações administrativas são as medidas de regulamentação controles com natureza obrigatória. Os controles tratar da normatização técnica ou podem ter caráter quantitativo mostrando os limites permitidos quer na área ambiental, quer no programa de eficiência energética.
- b) A política econômica tem haver com os custos e benefícios. Consiste dos impostos e taxas, comércio de certificados e derivativos (*hedging*) e as diversas formas de subsídios e subvenções.

- c) O sistema de informações pode trazer mudanças no comportamento e atitudes dos *stakeholder*, mas difere dos controles e das medidas econômicas por que não coação de forma direta, mas as mudanças desejadas são aparentemente voluntárias.
- d) A pesquisa por si própria não provoca mudanças, mas os efeitos do desenvolvimento técnico e do conhecimento são essenciais para cumprir os todos objetivos energéticos e ambientais.

O quadro abaixo sintetiza esses quatro elementos na política energética sueca.

Ações administrativas	Políticas economicas	SI	Pesquisa
Regulação e Contratos	Impostos e taxas	Informações	Pesquisa
Estabelecimento dos limites de emissões	Subsídios e bolsas	Serviço de aconselhamento	Desenvolvimento
Requerimentos para uso de combustíveis e eficiência energética	Créditos de Carbono	Educação	Demonstração
Metas ambientais	Certificados verdes	Formação de opinião	Comercialização
			Busca

Fonte: Energy in Sweden (2007)

Quadro 31 (6): Principais incentivos e medidas políticas

Dessa forma, a política fiscal da energia sueca (fortemente baseada em cobrança de impostos e taxas - energy tax) inicialmente serviu para financiar a despesa pública do Estado, mas depois serviu como mecanismo de controle da produção e consumo da energia, como meio de alcançar as metas da política energética e ambiental. Esse sistema de tributação da energia é bastante complicado, mas existem diferentes tipos de impostos incidindo na eletricidade, nos combustíveis, nas emissões de CO₂, nas emissões de enxofre e nas emissões de NO_x.

Inicialmente os aspectos econômicos tiveram peso maior, tanto que durante a crise do petróleo dos anos 70, o objetivo foi reduzir o consumo de petróleo e aumentar a utilização de eletricidade gerada por outras fontes. O elemento ambiental só ganhou maior importância no início da década de 1990, com a adesão da Suécia à União Europeia.

A respeito dos combustíveis, também existem vários tipos de taxas, dependendo do seu fim (se usado na geração de energia elétrica, para aquecimento ou como combustível veicular), do público (se industrial ou consumidores domésticos) ou localidade (se está sendo usado no norte da Suécia ou no resto do país). Dessa forma, conforme quadro 7 a seguir, em 2006 as receitas dos impostos energéticos chegaram próximos de 70 milhões de euros, perfazendo cerca de 9% das receitas estatais ou 2,5% do PIB.

Energy carrier	Energy tax	CO ₂ tax	Sulphur tax	Total
Petrol	14 588	10 879		25 467
Oil products	4 689	13 702		18 391
Unrefined tall oil	16			16
Other fuels	75	976		1 051
All fuels			83	83
Electricity	19 015			19 015
Electricity from nuclear power plants*	3 089			3 089
Totalt	41 472	25 557	83	67 112
Proportion of national tax revenue				9.0%
Proportion of GDP				2.5%

Fonte: National Tax Board (2008)

Tabela 24 (6): Taxas de energia após Energy and Tax Act, SEK million millions

A Energy Tax é um nome “guarda-chuva” que abriga impostos sobre combustíveis e eletricidade. Eles podem ser divididos em impostos fiscais e impostos destinados a alcançar os objetivos ambientais.

A taxa sobre o dióxido de carbono foi introduzida em 1991, é cobrada sobre a quantidade emitida de dióxido de carbono de todos os combustíveis, exceto dos biocombustíveis. A taxa ambiental sobre as emissões de NOx foi introduzida em 1992, e é aplicado a uma taxa de 40 coroas/kg de NOx em emissões de caldeiras e turbinas a gás.

A produção de eletricidade na Suécia, a princípio, é isenta de imposto, embora esteja sujeita a uma taxa ambiental. Essas taxas variam pela forma de utilização de como a eletricidade esta sendo gerada. A indústria de manufatura, horticultura, agricultura, silvicultura e da aquicultura não pagam impostos sobre a energia, mas 21% da taxa de emissão de CO₂.

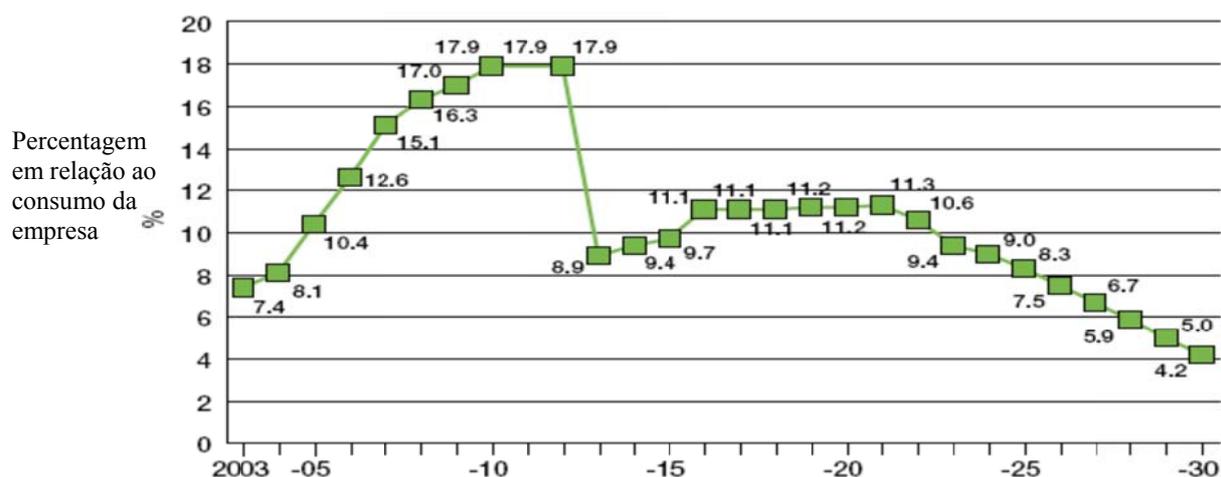
As centrais nucleares são tributadas baseadas na potencia máxima de seus reatores. Em 2006, esta taxa foi aumentada para 10.200/MW coroas suecas por mês (85%). Além disso, existe uma taxa para descontaminação e posterior desmonte das instalações nucleares e mais uma taxa para a construção de futuras instalações para armazenagem de o lixo nuclear.

Assim, o preço final para o consumidor de energia elétrica depende de várias taxas e impostos do uso da eletricidade, até mesmo, depende se eles vivem no norte do país ou do resto do país.

Para os geradores de energia, além da tributação já detalhada para quem polui a natureza, existem também os certificados verdes da eletricidade. Em maio de 2003 eles foram introduzidos como apoio “prêmio” para as fontes renováveis de produção de eletricidade. Este certificado

possibilita o aumento do poder de competição entre os diferentes tipos de produção de eletricidade renovável (eólica, solar, cogeração a partir de turfa, geotérmica, biocombustíveis, energia das marés e PCH).

A empresas geradoras de eletricidade que usam fontes renováveis recebem um certificado para cada unidade MWh que produzem. Com exceção das indústrias de energia intensiva, todas outras são obrigadas a comprarem tais certificados correspondentes a uma determinada percentagem da sua eletricidade. A proporção de obrigatoriedade de comprar (quota obrigação) varia de ano para ano, conforme figura a seguir.



Fonte: Swedish Energy Agency (2007)

Gráfico 13 (6): Certificados de eletricidade por cota – 2003-2030

Desse modo, houve a possibilidade de diversificação da matriz elétrica da Suécia. A tabela a seguir mostra o número de plantas, capacidade instalada e produção de cada tipo de produção de energia renovável.

	Quant. Turbinas	Capacidade Instalada	Produção energia renovável			
			2003	2004	2005	2006
Hidro	1075	540	963637	1968325	1799446	2018577
Eólica	706	583	455642	864546	939125	988340
Biocombustíveis	130	3643	4218276	8215561	8559802	9149918
Solar	3	0,036	4	6	5	20
TOTAL	1909	4765	5637559	11046438	11298378	12156855

Fonte: Swedish Energy Agency (2007)

Tabela 25 (6): Evolução da produção de energia renovável

Durante 2006, o preço médio dos certificados foi SEK 191 (equivalente a 19 euros). Com esse incentivo a Suécia passou a produzir uma maior proporção da eletricidade a partir de fontes renováveis, com um aumento previsto de 17 TWh até 2016. Em 2006, 262 empresas se registraram como potenciais geradores de energia elétrica, via fontes renováveis. Em 2007, o número aumentou para 439. O aumento líquido produzido entre 2002 e 2006 atingiu 5,1 TWh; 30% da meta prevista até 2016.

Ou seja, se as empresas geradoras produzem energia de alguma forma limpa, têm direito a um prêmio financeiro, e ao contrário, se produzem de alguma outra forma, pagam um tributo, para a criação do fundo de incentivo aos produtores de energia limpa.

Diante desse quadro, é possível afirmar que o arranjo institucional do SES atual, a exemplo do SEB, também apresenta parâmetros do arranjo implantado na Inglaterra, sendo que o gerenciamento do SES se baseia em sobre taxação das energias não limpas para incentivar a produção das energias limpas (de maneira mais contundente que na Inglaterra), seja através de imposto, taxa ou certificado verde. A seguir o desenho do gerenciamento.

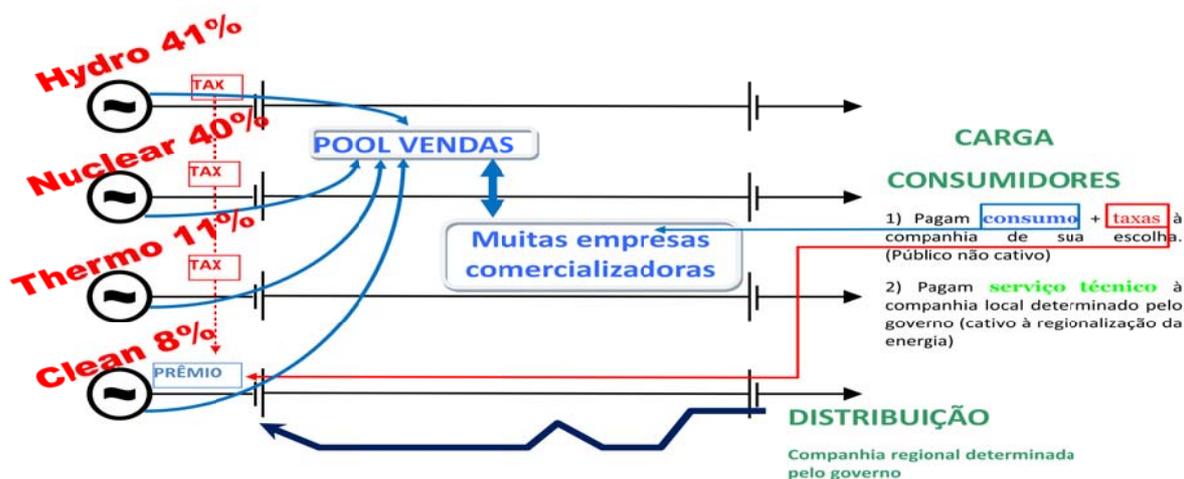


Figura 38 (6): Gestão Atual da Energia do SES.

Como pode ser visto no esquema apresentado os produtores fornecem sua energia a um pool de vendas (Nordic Energy Regulators – NordREG) que engloba 4 países (Dinamarca, Suécia, Noruega e Finlândia). O citado pool que recebe a energia gerada dos quatro países funciona como uma bolsa de valores que negocia cotas de energia através de mais de 200 comercializadoras.

Assim, todos os tipos de consumidores têm acesso às comercializadoras e têm a opção de comprar pacotes de energia (pré-pago ou pós-pago) e a parte técnica (a ligação do fio elétrico na casa e tudo que está ligado a esse fato – manutenção, ligação, desligamento e outros) é fornecida através de uma distribuidora de energia, determinada pelo governo (através de licitação), que tecnicamente vai oferecer o serviço de entrega física através dos ativos (fios, transformadores, chaves elétricas, etc).

Ou seja, para o consumidor sueco, ele tem a opção de escolher seu supridor, o gerador de energia (não cativo), mas por causa do monopólio natural técnico, ele é obrigado a se ligar a uma

empresa regionalizada a operação do sistema (empresa determinada e regulada pelo governo), pagando em torno de 10% do que consome a essa empresa.

Desse modo, os chamados consumidores livres pagam a quantidade comprada de energia para a empresa comercializadora + um tributo para o fundo de incentivo à produção de energia limpa gerenciado pelo governo (se já comprar a uma geradora “limpa” é isento dessa taxa) + uma taxa de operação do serviço técnico de energia a uma empresa determinada pelo governo. Nesse modelo de gestão há um verdadeiro incentivo a geração via fontes limpas que poderão se tornar sustentáveis.

6.4 Uso das fontes no Brasil e na Suécia

	BRASIL	SUÉCIA
Nuclear	2,5% da matriz	27% da matriz
	1) Há urânio in natura no Brasil.	1) Não há matéria-prima.
	2) A COPPE indicou o uso de reatores do tipo CANDU, a base de urânio natural e água pesada, resfriado com água salgada, e o governo militar comprou o oposto: gerador moderado a água leve e urânio enriquecido, resfriado com água doce. Os reatores de Angra são fabricados com tubos de Liga 600, que apresentaram corrosão. Das 128 usinas no mundo que possuíam esses geradores, 89 já foram substituídos.	2) Respeitando o plebiscito de 1980, a geração de energia nuclear deveria ser gradualmente eliminada. Governo se posicionou que não fecharia nenhuma usina durante o seu mandato (2006-2010), mas respeitaria a decisão das urnas da não construção de novos reatores. Há uma tentativa de construção de uma série de reatores iguais para baratear o custo.
	3) Goldemberg (2007) afirma que a energia nuclear brasileira é cara e dispensável	3) Em fev/2009, o governo optou pela construção de mais 5 novas usinas mesmo sendo possível a construção de duas hidrelétricas no norte do país.

	4) Não há fundo institucional para construção de abrigo para o lixo nuclear; não há abrigo nuclear.	4) Há uma política de taxas para construção do abrigo do lixo nuclear em <i>Oskarshamn</i> .
Hidrelétrica	77% da matriz Há grande potencial explorado e ainda há possibilidade de novas usinas.	46% da matriz Há grande potencial explorado e ainda há possibilidade de novas usinas.
Eólica	0,2% da matriz Na fase muito inicial de uso	4% da matriz Na fase inicial
Petróleo	Suficiência de produção – Descoberta do pré-sal	Necessidade de importação – Tentativa de independência do uso.
Etanol	Há terras para plantio – Monocultura ligada ao Agronegócio	Produção muito pequena- Necessidade de importação – Exigência de garantias sociais de não exploração da mão de obra
Biodiesel	Há terras para plantio – Agricultura familiar. Investimento pontual da Petrobrás nesse mercado.	Necessidade de importação

Quadro 32 (6): Uso de fontes elétricas no Brasil e Suécia

7 A importância das Variáveis Segundo Especialistas

O objetivo desse capítulo é consolidar e refinar o modelo de análise quando os entrevistados separados por grupo colocaram peso em cada variável de análise. Esses pesos só foram colhidos no Brasil, sendo uma limitação dessa tese, já que esse procedimento foi sugerido e acatado após o período do estágio doutoral do pesquisador na Suécia.

Essa limitação impossibilitará apenas a comparação entre o Brasil e a Suécia com o peso dos especialistas, entretanto fica garantida a comparação com os dados brutos das tabelas DSR.

Quanto a entrevista no Brasil, foi garantido aos respondentes o sigilo no sentido de não se publicar a pesquisa de cada um individualmente, mas ficou concordado que a média do grupo seria exposta, com exceção dos Superintendentes da ANEEL que permitiram a divulgação de suas falas.

Foram três grupos de pesquisa: Grupo Deputados; Grupo ANEEL e Grupo GDR - Empresas Geradoras e Distribuidoras Reguladas.

- a) GRUPO DEPUTADOS: Formado por Deputados Federais escolhidos por que são eles que criam as leis e decidem o futuro do país, criando leis e normas que afetam diretamente o gerenciamento da ANEEL, que cria resoluções e modelos para regulação do setor.

A escolha de cada entrevistado foi ao acaso (no sentido de não haver agendamento prévio com nenhum deputado), entretanto por causa do pesquisador ser do Estado da Paraíba, houve um aceite significativo dos deputados daquele Estado.

Durante 4 dias, das 10:00 às 20:00h foram abordados cerca de 100 gabinetes solicitando entrevista. Os que concordaram foram:

Deputado	Partido	Curso ou Profissão
1. Ruy Manuel Carneiro B. de Aca Belchior	PSDB/PB	Administração
2. Damião Feliciano da Silva	PDT / PB	Medicina
3. Vitor Penido de Barros	DEM / MG	Empresário Rural
4. José Wilson Santiago Filho	PMDB / PB	Estudante Universitário
5. Manoel Alves da Silva Junior	PMDB / PB	Medicina
6. Paulo Wagner Leite Dantas	PV / RN	Bacharel em Direito
7. Hugo Motta Wanderley da Nóbrega	PMDB / PB	Estudante Medicina
8. Aguinaldo Velloso Borges Ribeiro	PP / PB	Administração

Quadro 33 (7): Lista dos Deputados Federais Entrevistados

Os resultados do grupo “Deputados” foram:

GRUPO DEPUTADOS		Média	D Pad
SOCIAIS	Existe possibilidade de catástrofe	80.63	22.11
	Provoca aumento de doenças (tipo Malária)	45.00	34.64
	Provoca deslocamento da população	46.25	23.87
	Provoca perda da cidadania	25.00	10.69
AMBIENTAIS	Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	86.25	10.61
	Causa mudança climática	85.00	9.26
	Causa fim de espécies (fauna e flora)	57.50	29.15
	Gera de Lixo/Expurgos	58.75	24.16
	Provoca diminuição de florestas	36.25	25.60
	Provoca inundações	42.50	18.32
	Impossibilidade de irrigação	20.00	11.95
ECONOMICOS	Há altos custos de produção	83.75	13.02
	Há alto custo de implantação	74.38	11.16
	Há custo de reparos do meio-ambiente	70.00	27.77
	Há demorado retorno de capital	81.25	17.27
	Há gastos públicos decorrente da fonte	26.25	19.96
	Há custos de deslocamento da população	41.25	32.27

INSTITUCIONAIS	Há diminuição da economia local (tipo pesca)	26.25	9.16
	Há ineficiência da transformação energética	93.75	9.16
	Há necessidade de incentivos	93,10	5,94
	Não existência de matéria prima	95.00	4.63
	Reduzida escala de produção	92.50	7.07
	Não há fornecedores nacionais	10.63	5.63

Tabela 26 (7): Peso dos deputados

b) GRUPO ANEEL – Formado por funcionários da ANEEL em cargo de influência decisória porque eles interpretam as leis e efetivamente regulam e julgam as ações concernentes ao setor elétrico brasileiro. Nesse grupo houve marcação de audiência formal com os diretores, que por sua vez permitiram e incentivaram seus assessores diretos a fazer parte do grupo (funcionários que esboçam os pareceres de decisão).

Além desses, alguns superintendentes de área e o responsável pelos estudos e implantação das políticas públicas. Foram 3 dias de entrevistas e os entrevistados foram:

Dirigente da ANEEL	Cargo/Função
1. André Pepitone da Nóbrega	Diretor
2. Edvaldo Alves de Santana	Diretor
3. Antonio de Pádua L Pereira	Assessor
4. Nara Rúbia de Souza	Assessora
5. Renato Braga de L Guedes	Assessor
6. Christiano Vieira Da Silva	Assessor
7. José Erisson	Assessor
8. Fábio Stacke Silva	Assessor de Políticas Públicas
9. Máximo Luiz Pompermayer	Superintendente Pesq e Desenv e Eficiência Energética
10. Jandir Amorim Nascimento	Sup Conc e Autorizações de Transmissão e Distribuição

Quadro 34 (7): Lista dos Dirigentes da ANEEL Entrevistados

Os resultados do grupo “ANEEL” foram:

GRUPO ANEEL		Média	D Pad
SOCIAIS	Existe possibilidade de catástrofe	94.00	15.78
	Provoca aumento de doenças (tipo Malária)	55.50	32.70
	Provoca deslocamento da população	47.00	20.03
	Provoca perda da cidadania	32.00	17.51
AMBIENTAIS	Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	83.50	14.92
	Causa mudança climática	76.50	26.67
	Causa fim de espécies (fauna e flora)	72.00	20.98
	Gera de Lixo/Expurgos	70.50	18.33
	Provoca diminuição de florestas	77.50	13.59
	Provoca inundações	53.00	20.58
	Impossibilidade de irrigação	28.00	16.87
ECONOMICOS	Há altos custos de produção	79.50	30.59
	Há alto custo de implantação	81.50	9.14
	Há custo de reparos do meio-ambiente	79.50	20.34
	Há demorado retorno de capital	69.00	26.01
	Há gastos públicos decorrente da fonte	75.50	16.74
	Há custos de deslocamento da população	65.00	22.73
	Há diminuição da economia local (tipo pesca)	32.00	8.88
INSTITUCIONAIS	Há ineficiência da transformação energética	88.50	7.47
	Há necessidade de incentivos	61.23	21.32
	Não existência de matéria prima	68.50	27.49
	Reduzida escala de produção	67.60	34.19
	Não há fornecedores nacionais	30.00	24.04

Tabela 27 (7): Peso do Grupo ANEEL

- c) Grupo GDR (Geradoras e Distribuidoras Reguladas): Formado por funcionários em nível de média gerencia de empresas distribuidoras e geradoras de energia: Esse grupo deve refletir o pensamento dos que são regulados pela ANEEL.

Nesse grupo foram enviados emails com a pesquisa e sua explicação para quatro engenheiros-gerentes de setor do grupo Energisa (Distribuidora de energia), um

engenheiro-gerente da Itaipu Binacional, um engenheiro-gerente da Eletronorte e foi pedido que cada um deles replicasse para 4 funcionários conhecidos deles (mas que fossem funcionários de nível superior e exercessem cargos de média gerencia). Retornaram ao todo 15 formulários.

Os resultados do grupo “GDR - Empresas Geradoras e Distribuidoras Reguladas” foram:

GRUPO GDR		Média	D Pad
SOCIAIS	Existe possibilidade de catástrofe	61.11	30.18
	Provoca aumento de doenças (tipo Malária)	44.44	40.35
	Provoca deslocamento da população	48.89	21.47
	Provoca perda da cidadania	37.78	31.14
AMBIENTAIS	Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	72.22	32.32
	Causa mudança climática	55.56	39.41
	Causa fim de espécies (fauna e flora)	62.22	38.01
	Gera de Lixo/Expurgos	47.78	29.49
	Provoca diminuição de florestas	42.22	27.28
	Provoca inundações	43.33	32.79
	Impossibilidade de irrigação	36.67	25.98
ECONOMICOS	Há altos custos de produção	66.11	32.19
	Há alto custo de implantação	68.89	19.65
	Há custo de reparos do meio-ambiente	61.11	27.59
	Há demorado retorno de capital	61.11	28.48
	Há gastos públicos decorrente da fonte	71.11	20.28
	Há custos de deslocamento da população	49.44	25.79
	Há diminuição da economia local (tipo pesca)	45.56	28.33
INSTITUCIONAIS	Há ineficiência da transformação energética	63.33	27.84
	Há necessidade de incentivos	76.67	21.79
	Não existência de matéria prima	87.78	19.86
	Reduzida escala de produção	66.67	21.21
	Não há fornecedores nacionais	52.22	23.33

Tabela 28 (7): Peso do Grupo GDR

A média geral (o resumo) de todos os grupos foi:

		GERAL	
		Média	D Pad
SOCIAIS	Existe possibilidade de catástrofe	79.07	26.39
	Provoca aumento de doenças (tipo Malária)	48.70	34.96
	Provoca deslocamento da população	47.41	20.86
	Provoca perda da cidadania	31.85	21.49
AMBIENTAIS	Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	80.56	21.59
	Causa mudança climática	72.04	30.01
	Causa fim de espécies (fauna e flora)	64.44	29.40
	Gera de Lixo/Expurgos	59.44	25.20
	Provoca diminuição de florestas	53.52	28.75
	Provoca inundações	46.67	24.34
	Impossibilidade de irrigação	28.52	19.75
ECONOMICOS	Há altos custos de produção	76.30	27.30
	Há alto custo de implantação	75.19	14.51
	Há custo de reparos do meio-ambiente	70.56	25.43
	Há demorado retorno de capital	70.00	25.12
	Há gastos públicos decorrente da fonte	59.44	28.57
	Há custos de deslocamento da população	52.78	27.68
	Há diminuição da economia local (tipo pesca)	34.81	19.04
INSTITUCIONAIS	Há ineficiência da transformação energética	81.67	21.44
	Há necessidade de incentivos	79.07	23.16
	Não existência de matéria prima	81.70	25.78
	Reduzida escala de produção	79.81	17.29
	Não há fornecedores nacionais	31.67	25.68

Tabela 29 (7): Peso de todos os Grupos

7.1 Análise das médias pontuadas pelos especialistas por Grupo

ASPECTOS	Grupo Deputados		Grupo ANEEL		Grupo GDR		GERAL	
	Média	D Pad	Média	D Pad	Média	D Pad	Média	D Pad
Sociais	49.22	30.80	64.86	32.57	48.06	31.33	51.76	31.29
Ambientais	55.18	29.66	65.86	25.71	51.43	33.06	57.88	30.01
Econômicos	54.79	31.96	66.75	26.77	60.48	26.65	62.72	27.76

Institucionais	80.42	34.21	63.93	32.07	69.33	25.08	70.79	29.91
----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabela 30 (7): Resumo das médias

Nessa tabela-resumo podemos observar que os grupos Deputados e GDR dedicam maior valor aos aspectos ligados às questões institucionais onde valorizaram em média 80 e 70% de importância respectivamente e menor valor às questões sociais (em torno de 50%).

O grupo ANEEL mantém certo equilíbrio em todos os aspectos, indicando que os componentes desse grupo (dirigentes da ANEEL), de certo modo, incorporam a missão institucional da entidade que é buscar o equilíbrio entre os agentes e consumidores (proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade).

Na contagem geral, o que chama a atenção é que, apesar de atualmente existir um discurso sobre a importância dos aspectos ambientais e sociais, na média, as respostas menos pontuadas foram exatamente essas. Ao contrário, os aspectos institucionais serem os mais pontuados (inclusive maior que as variáveis econômicas) podem demonstrar que existe certo corporativismo e auto-proteção entre os entrevistados para com as suas instituições.

Quanto as variáveis, foram as mais pontuadas por grupo:

GRUPO DEPUTADOS	Média	Desvio
Não existência de matéria prima	95.00	4.63
Há ineficiência da transformação energética	93.75	9.16
Há necessidade de incentivos	93,10	5,94
GRUPO ANEEL	Média	Desvio
Existe possibilidade de catástrofe	94.00	15.78
Há ineficiência da transformação energética	88.50	7.47
Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	83.50	14.92
GRUPO GDR	Média	Desvio

Não existência de matéria prima	87.78	19.86
Há necessidade de incentivos	76.67	21.79
Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	72.22	32.32
Resumo dos GRUPO	Média	Desvio
Não existência de matéria prima	81.70	25.78
Há ineficiência da transformação energética	81.67	21.44
Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	80.56	21.59

Tabela 31 (7): Maiores médias por variável

A questão da ineficiência energética é preocupação de todos os grupos e a emissão de CO₂ e a não existência de matéria prima, variáveis bastante pontuadas.

Na ANEEL, o assessor de políticas públicas colocou que a ineficiência energética implica diretamente nos custos da energia, portanto era uma variável que deveria ser cuidada de maneira especial, mas o que chamou a atenção nessa entrevista foi a agência não priorizar a questão da “necessidade de incentivos” sendo ela, institucionalmente, uma promotora de condições para equilíbrio de mercado.

Indagado a esse respeito, o citado entrevistado colocou que:

“No Brasil atual, tudo que se produz (de energia), se vende. O verdadeiro incentivo é produzir. Os leilões de energia provaram essas minhas afirmações, tanto que o preço da energia eólica já tinha caído de 200 reais/KWh para 125 de um leilão para outro. O Proinfa I foi um fracasso, e o Proinfa II está mais caro que o leilão.”

O que chama a atenção e é preocupante é que aparece em primeiro lugar “existir possibilidade de catástrofe” como variável muito pontuada, apenas no grupo ANEEL. Os demais grupos relegam essa variável aos sexto e sétimo lugares, o que possivelmente demonstre que a

questão não seja a verdadeira importância da variável, mas culturalmente o pouco cuidado a gestão de riscos no Brasil.

As variáveis menos pontuadas por grupo foram:

GRUPO DEPUTADOS	Média	Desvio
Não há fornecedores nacionais	10.63	5.63
Impossibilidade de irrigação	20.00	11.95
Provoca perda da cidadania	25.00	10.69
GRUPO ANEEL	Média	Desvio
Impossibilidade de irrigação	28.00	16.87
Não há fornecedores nacionais	30.00	24.04
Provoca perda da cidadania	32.00	17.51
GRUPO GDR	Média	Desvio
Impossibilidade de irrigação	36.67	25.98
Provoca perda da cidadania	37.78	31.14
Provoca diminuição de florestas	42.22	27.28
Resumo dos GRUPO	Média	Desvio
Impossibilidade de irrigação	28.52	19.75
Não há fornecedores nacionais	31.67	25.68
Provoca perda da cidadania	31.85	21.49

Tabela 32 (7): Menores médias por variável

A questão do uso múltiplo da água e a possibilidade de sua finitude parece não ser uma preocupação presente nos entrevistados, tanto que foi a variável menos pontuada. Outra variável que também aparece nos três grupos como não muito importante foi a questão de fornecedores nacionais. Quando a essa questão, houve duas explicações diferentes:

Dois deputados, de maneira direta e quase com as mesmas palavras disseram que “Se no Brasil não tem quem fabrique, nós mandamos buscar fora”. Já um assessor da ANEEL explicou que o fato de não existir fabricante nacional e haver demanda, esse fato, por si só, já seria um incentivo e geração de oportunidades, de emprego e renda.

8 Análise da Sustentabilidade das Fontes

De posse dos pesos dos especialistas e dos dados apresentados nas tabelas DSR devidamente testadas através do Teste F (Experimento em blocos casualizados) que indicou que não houve desbalanço no número de informações entre fontes por parte do pesquisador e do Teste de Análise de Corresponência que indicou não haver dependência entre fontes, é possível realizar o Teste de Kruskal-Wallis (teste H), teste não paramétrico que informará qual fonte é mais sustentável

Esse é um teste aplicável a dados não categóricos do tipo “ocorre” ou “não ocorre”, o que não configura nenhum tipo específico de distribuição (como normal, exponencial, ou outra). Triola (2008) coloca que o teste H (não paramétrico) realizado em um conjunto de dados categóricos corresponde a ANOVA de várias amostras independentes, que consegue apresentar uma eficiência de 95% comparando com o teste paramétrico.

O Teste Kruskal-Wallis usa postos de três ou mais dados (neste caso 6) amostras independentes para testar a hipótese nula de que as amostras são provenientes de populações com medianas iguais, sem a exigência da normalidade. Fora isso, o requisito que o teste H exige é cada amostra possua mais de cinco observações. O preenchimento de cada tabela (Brasil e Suécia) consistiu em analisar, em cada fonte, se cada variável ocorria ou não ocorria no país. Por exemplo, na energia nuclear, a variável “Gera de Lixo/Expurgos” ocorre nos dois países, entretanto na Suécia, por causa das políticas públicas (dimensão institucional), o lixo nuclear tem um abrigo pronto para recebê-lo. Nesse caso, a insustentabilidade do lixo nuclear está resolvida na Suécia e ainda não no Brasil. Dessa forma, a energia nuclear, no Brasil, recebeu a variável “ocorre” e a Suécia o “não ocorre”.

A primeira tabela foi preenchida com dados do Brasil. Inicialmente ela foi preenchida com os binários “0” e “1”, significando se a variável (Emite CO₂; Há perigo de catástrofe; etc) não ocorria ou ocorria e foi rodado o teste na ferramenta o Minitab16, sem a inclusão dos pesos dados pelos especialistas. Com isso o teste H conseguiu elencar uma sequencia de fontes por ordem, da mais insustentável para a mais sustentável, possibilitando a análise.

Quando o peso dos especialistas foi incorporado aos dados e o teste H fora realizado novamente, houve uma mudança na sequência da insustentabilidade e uma perda de confiabilidade do nível de 95% para 90% o que ainda é aceitável e explicável. Significa que, ao incluir a opinião de especialistas, os dados originais recebem um viés que não havia antes nos dados das tabelas DSR.

Ocorre que nesse momento (da inclusão do peso dos especialistas) veio a tona e fora desvelado uma consequência matemática negativa do uso do binário “0” e “1”: Na análise da identificação da insustentabilidade (o “1” significando atributo de insustentabilidade e o “0” significando atributo de sustentabilidade), a multiplicação do peso por “1” contribuía para mostrar insustentabilidade da fonte, porém a multiplicação do peso por “0”, sempre resultava zero, ou seja, se uma fonte fosse bem pontuada em determinada variável, como sustentável, isso não seria contabilizado. Dessa forma, usando “0” e “1” o modelo apontava a fonte mais insustentável, mas perdia informação quanto a mais sustentável.

Por isso o binário “0” foi substituído pelo “-1” e o teste foi realizado novamente. Dessa feita, o resultado manteve a mesma confiança (99% para os dados originais e 90% para os dados com a influencia dos especialistas) e a mesma sequência obtida com o teste 0 e 1, mas agora com

resultados numéricos mais espaçados, possibilitando a visualização melhor da sequência. Desse modo, segue a tabela Brasil para o teste Kruskal-Wallis.

8.1 - Teste de Kruskal-Wallis (teste H) aplicado ao caso Brasil

Tabela Brasil		Nuc	Hid	Eól	Pet	Eta	Bdl	Peso	Dpad
SOCIAIS	Existe possibilidade de catástrofe	1	1	-1	1	-1	-1	79.07	26.39
	Provoca aumento de doenças (tipo Malária)	1	1	-1	1	-1	-1	48.70	34.96
	Provoca deslocamento da população	-1	1	-1	1	-1	-1	47.41	20.86
	Provoca perda da cidadania	-1	1	-1	-1	-1	-1	31.85	21.49
AMBIENTAIS	Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	1	-1	-1	1	-1	-1	80.56	21.59
	Causa mudança climática	1	1	-1	1	-1	-1	72.04	30.01
	Causa fim de espécies (fauna e flora)	-1	1	-1	1	-1	-1	64.44	29.40
	Gera de Lixo/Expurgos	1	-1	-1	-1	-1	-1	59.44	25.20
	Provoca diminuição de florestas	-1	1	-1	-1	-1	-1	53.52	28.75
	Provoca inundações	-1	1	-1	-1	-1	-1	46.67	24.34
	Impossibilidade de irrigação	-1	1	-1	-1	-1	-1	28.52	19.75
ECONOMICOS	Há altos custos de produção	1	-1	1	1	1	1	76.30	27.30
	Há alto custo de implantação	1	1	1	1	-1	-1	75.19	14.51
	Há custo de reparos do meio-ambiente	1	1	-1	1	1	-1	70.56	25.43
	Há demorado retorno de capital	1	1	1	1	-1	-1	70.00	25.12
	Há gastos públicos decorrente da fonte	1	1	-1	1	-1	-1	59.44	28.57
	Há custos de deslocamento da população	-1	1	-1	-1	-1	-1	52.78	27.68
	Há diminuição da economia local (tipo pesca)	-1	-1	-1	1	-1	-1	34.81	19.04
INSTITUCIONAIS	Há ineficiência da transformação energética	1	-1	1	1	1	1	81.67	21.44
	Há necessidade de incentivos	-1	-1	1	-1	1	1	79.07	23.16
	Não existência de matéria prima	1	-1	-1	-1	-1	-1	81.70	25.78
	Reduzida escala de produção	-1	-1	1	-1	1	1	79.81	17.29
	Não há fornecedores nacionais	1	-1	-1	-1	-1	-1	31.67	25.68
Insustentabilidade sem pesos		3	5	-9	3	-13	-15		
Insustentabilidade considerando os pesos		3.7	2.0	-3.2	3.2	-6.3	-7.7		

Tabela 33 (8): Análise da sustentabilidade Brasil

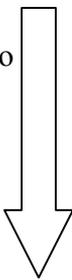
A tabela de sustentabilidade, aplicada ao Brasil, sem o peso dos especialistas, preenchida a partir das considerações contidas nas tabelas DSR mostra um resultado surpreendente. O teste Kruskal-Wallis apresentou o seguinte resultado:

6/2/2011 9:41:20 PM					
Welcome to Minitab, BRASIL SEM PESOS .					
Kruskal-Wallis Test: A versus B					
Kruskal-Wallis Test on A					
B	N	Median	Ave Rank	Z	
1	23	1.000	80.5	1.45	
2	23	1.000	83.5	1.84	
3	23	-1.000	62.5	-0.92	
4	23	1.000	80.5	1.45	
5	23	-1.000	56.5	-1.71	
6	23	-1.000	53.5	-2.10	
Overall	138		69.5		
H = 13.12 DF = 5 P = 0.022					
H = 18.14 DF = 5 P = 0.003 (adjusted for ties)					

Isso demonstra que quando as variáveis têm o mesmo peso decisório, isso é, não se considera a ponderação atribuída pelos especialistas, a ordem de insustentabilidade das fontes no Brasil seria:

83,5 Hidrelétrica
 80,5 Nuclear e Petróleo
 62,5 Eólica
 56,5 Etanol
 53.5 Biodiesel

$p=0,02 < \alpha=0,05$



A “hidrelétrica” é fonte mais insustentável. Nesse caso há uma surpresa, pois há uma crença e grande parte da literatura apresenta as hidrelétricas como fontes limpas e renováveis, entretanto o resultado a aponta como a mais insustentável.

Esse resultado remete toda tese para um novo olhar (mais focado) na tabela DSR da hidrelétrica. Desta feita, observa-se que existem muitos parâmetros apontando que essa fonte não é tão sustentável assim.

Há muitos problema ambientais que vão desde a perda de biodiversidade, perda de sítios arqueológicos na inundação de terras quando da construção das barragens para conter a água, assoreamento da bacia, necessidade da implantação de linhas de transmissão, como problemas sociais gravíssimos como a perda de cidadania das pessoas, quando são obrigadas a deixarem

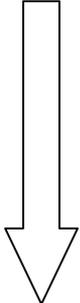
seus legados de vida literalmente debaixo d'água. De qualquer forma, embora esses dados sejam relativos ao Brasil, eles dão uma pista do por que a Suécia escolheu construir usinas nucleares ao invés de hidrelétricas.

Embora esse resultado (usando dados puros, sem o peso dos especialistas) colocando as hidrelétricas menos sustentáveis do que o petróleo e a nuclear indique que é necessário se rever conceitos já largamente institucionalizados que “as hidrelétricas são fontes limpas”, saber que apenas isso não basta; existe também outro questionamento: O uso dos binários coloca em situação de igualdade as variáveis, como por exemplo, “perigo de catástrofe” ou “emissão de CO₂” e sabe-se que uma catástrofe de um acidente nuclear tem proporções maiores que, por exemplo, o rompimento de uma barragem.

Isso nos remete a tecer uma importante consideração que o modelo traria um melhor resultado se o impacto de cada variável fosse estimado, o que acarretaria o uso de outra estrutura que não a DSR, mas a DSIR - Força Motriz (Driving force) / Estado (State) / Impacto (Impact) / Resposta (Responsive) no idioma português conhecido como Estrutura Força Motriz / Pressão - Situação / Impacto / Resposta (FMPSIR).

De qualquer forma, quando o teste é realizado considerando a opinião dos especialistas, há uma grande alteração nos resultados, conforme pode ser visto a seguir.

Results for: BRASIL COM PESOS				
Kruskal-Wallis Test: C versus B				
Kruskal-Wallis Test on C				
B	N	Median	Ave Rank	Z
1	23	0.4870	83.8	1.88
2	23	0.4667	70.2	0.09
3	23	-0.4667	67.7	-0.23
4	23	0.4741	80.3	1.41
5	23	-0.4870	59.3	-1.35
6	23	-0.5278	55.7	-1.81
Overall	138		69.5	
H = 8.89 DF = 5 P = 0.094				
H = 8.90 DF = 5 P = 0.091 (adjusted for ties)				

83,8 Nuclear	
80,3Petróleo	
70,2Hidrelétrica	
67,7Eólica	
59,3Etanol	
55,7Biodiesel	
p=0,094 > α=0,05	
<p>Mas nesse caso, ao nível de 5% há evidência para rejeitar a afirmativa de que as populações das seis fontes têm medianas iguais.</p>	

Nesse caso, só se pode afirmar que há significância nos resultados se se diminuir o nível de confiança de 95% para 90%. Essa queda da significância estatística é natural, pois havia um conjunto de dados nas tabelas DSR “sem vícios” ou “sem viés” e agora deliberadamente foi colocado um viés (ainda que justificado). Havia um conjunto de dados puros, e agora outro com vícios. Não poderia ser diferente, a confiabilidade estatística teria que diminuir, o que não quer dizer que esteja errado esse procedimento.

O que chama a atenção no teste é que, antes, quando não se colocou o peso dos especialistas, a hidreletricidade apareceu como fonte mais insustentável, e a mudança é muito forte quando se inclui a opinião dos especialistas.

O uso dos pesos faz a fonte descer de fonte mais insustentável para terceiro lugar na insustentabilidade. Nesse caso, não se afirma que o peso dos especialistas re-posicionaram corretamente as hidrelétricas como fonte sustentável. Alerta-se que seja possível que no sentimento que existe que as hidrelétricas são fontes limpas, haja também uma simbiose com a questão de ser fonte sustentável. É possível que isso já esteja tão arraigado na mente dos

decisores, que talvez, os dados sem pesos mostrem uma realidade e os pesos mostrem vícios de julgamento, que nesse caso, foram evidenciados.

Esse fato explicaria a posição do Governo Suéco em 2009 ter a possibilidade técnica da construção de duas hidrelétricas no norte do país e optou pela construção de cinco nucleares. Nesse caso, o MA mostra sinais onde se pode inferir que as hidrelétricas são fontes limpas, que possuem grande escala, possuem baixo custo de produção, porém dizer serem sustentáveis, o modelo de análise não deixa evidente.

De qualquer forma, a energia nuclear aparece em primeiro ou segundo lugar no ranking da insustentabilidade, ainda mais considerando que a pesquisa foi realizada antes do acidente de Fukushima no Japão. Atribuimos esse fato as seguintes variáveis muito pontuadas:

1. “Existe possibilidade de catástrofe” onde houve um peso de 79%
2. “Não existência de matéria prima” onde houve um peso de 81,7%
3. “Emite CO₂ e outros gases efeito estufa” (no caso radiação e gases a base de Enxofre), onde houve um peso de 80,56%.

Logo na seqüência o petróleo e seus derivados aparecem como fontes insustentáveis. Por coincidência, foram às mesmas variáveis da nuclear responsáveis pelo deslocamento do petróleo como segundo mais insustentável.

No caso específico do petróleo pesou também a questão da ineficiência na transformação que é muito ruim quando comparado com a hidrelétricidade (40-50% contra 80-90%), sendo que os especialistas atribuíram um peso de 82% para essa questão.

Na outra ponta, aparecem como fontes mais sustentáveis, em ambos os casos (com peso ou sem), os biocombustíveis, sendo que em posição um pouco melhor o biodiesel que o etanol. A diferença exclusiva entre esses biocombustíveis é por conta da variável “custos com reparo do meio ambiente”, onde o etanol tem um custo maior que o biodiesel, exatamente pelo impacto econômico agregado a cada tipo de agricultura: Etanol - monocultura ligada ao agronegócio e o biodiesel com a agricultura familiar. Ou seja, a explicação para esse fato está no tamanho da estrutura de produção desses biocombustíveis.

No Brasil, a produção do etanol já tem status de agro-negócio, com grandes latifúndios plantadores de cana-de-açúcar e investimento estrangeiro nas grandes usinas transformadoras. Com isso, o impacto na natureza é bem maior que o biodiesel que atualmente tem desenvolvimento lento, com políticas de plantio com visão de agricultura familiar.

A eólica ficou sempre posicionada em quarto lugar. As variáveis que mais influíram foram os altos custos de produção e o demorado retorno do capital investido, por que essa fonte não consegue ser uma fonte de grande escala (é impossível comparar com a hidro ou nuclear).

8.2 - Teste de Kruskal-Wallis (teste H) - Suécia

A tabela de sustentabilidade, aplicada a Suécia, sem o peso dos especialistas, preenchida a partir das considerações contidas nas tabelas DSR é apresentada a seguir.

Suécia		Nuc	Hid	Eól	Pet	Eta	Bdl	Peso	Dpad
SOCIAIS	Existe possibilidade de catástrofe	1	1	-1	1	-1	-1		
	Provoca aumento de doenças (tipo Malária)	1	1	-1	1	-1	-1		
	Provoca deslocamento da população	-1	1	-1	1	-1	-1		
	Provoca perda da cidadania	-1	1	-1	-1	-1	-1		
AMBIENTAIS	Emite CO ₂ e outros gases efeito estufa	1	-1	-1	1	-1	-1		
	Causa mudança climática	1	1	-1	1	-1	-1		
	Causa fim de espécies (fauna e flora)	-1	1	-1	1	-1	-1		
	Gera de Lixo/Expurgos	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
	Provoca diminuição de florestas	-1	1	-1	-1	-1	-1		
	Provoca inundações	-1	1	-1	-1	-1	-1		
	Impossibilidade de irrigação	-1	1	-1	-1	-1	-1		
ECONOMICOS	Há altos custos de produção	1	-1	-1	1	1	1		
	Há alto custo de implantação	1	1	1	1	-1	-1		
	Há custo de reparos do meio-ambiente	1	1	-1	1	1	1		
	Há demorado retorno de capital	1	1	1	1	-1	-1		
	Há gastos públicos decorrente da fonte	1	1	-1	1	-1	-1		
	Há custos de deslocamento da população	-1	1	-1	-1	-1	-1		
	Há diminuição da economia local (tipo pesca)	-1	-1	-1	1	-1	-1		
INSTITUCIONAIS	Há ineficiência da transformação energética	1	-1	1	1	1	1		
	Há necessidade de incentivos	1	-1	1	1	1	1		
	Não existência de matéria prima	1	1	-1	1	1	1		
	Reduzida escala de produção	-1	-1	1	-1	1	1		
	Não há fornecedores nacionais	1	1	-1	1	1	1		
<i>Insustentabilidade sem pesos</i>		3	9	-11	9	-9	-9		

Tabela 34 (8): Análise da sustentabilidade Suécia

A tabela de sustentabilidade, aplicada à Suécia, sem o peso dos especialistas, preenchida a partir das considerações contidas nas tabelas DSR mostra resultados diferentes do Brasil. O teste Kruskal-Wallis também foi realizado com a ferramenta minitab16 e apresentou o seguinte resultado:

6/2/2011 9:41:20 PM				
Kruskal-Wallis Test: D versus B -Suécia				
Kruskal-Wallis Test on D				
B	N	Median	Ave Rank	Z
1	23	1.000	76.0	0.85
2	23	1.000	85.0	2.04
3	23	-1.000	55.0	-1.91
4	23	1.000	85.0	2.04
5	23	-1.000	58.0	-1.51
6	23	-1.000	58.0	-1.51
Overall	138		69.5	
H = 14.35 DF = 5 P = 0.014				
H = 19.20 DF = 5 P = 0.002 (adjusted for ties)				

Quando as variáveis têm o mesmo peso decisório, isso é, não se considera a ponderação atribuída pelos especialistas, a ordem de insustentabilidade das fontes na Suécia seria:



85,0 Hidrelétrica e Petróleo
76,0 Nuclear
58,0 Etanol e Biodiesel
55,0 Eólica

$p=0,014 < \alpha=0,05$

A fonte nuclear na Suécia caiu para terceiro lugar em relação ao Brasil por que lá existem políticas tarifárias possibilitando a construção de um abrigo nuclear que cuidará da estocagem do lixo atômico em definitivo para todo resíduo nuclear que o país produza nos próximos 60 anos.

Mesmo não sendo o resultado incluindo o peso dos especialistas, essa ordem de insustentabilidade reflete bem o que ocorre naquele país na prática. Por ocasião do doutoramento sanduiche do pesquisador, havia dentro do grupo de pesquisa um sentimento que as hidrelétricas modificam sobremaneira o ambiente e não apenas internamente na Universidade, mas toda Suécia e seu governo questionam as emissões dos gases do efeito estufa, sendo essa ação muito combatida e difundida em mídia televisiva e por outdoor nas cidades.

Nessa direção é apontado o petróleo e seus derivados como principais causadores. Tanto isso é verdade que a Suécia, (enquanto país que se preparou para ser a sede da União Européia) na década de 70 reestruturou sua gestão energética para se libertar do uso do petróleo e usou na

época e usa atualmente o combate a emissão de CO₂ (variável “Emite CO₂ e outros gases efeito estufa”), como principal política normativa em sua gestão energética.

Quando ao peso dos especialistas na matriz sueca, a rigor, isso não pode ser feito, por que não houve pesquisa com especialistas na Suécia. Os especialistas entrevistados foram apenas no Brasil (todos eles), de modo que os pesos são para os dados brasileiros.

Apenas como ilustração, os pesos dos especialistas brasileiros foram aplicados nos dados das tabelas DSR da Suécia. O resultado é alterado um pouco diferente que no Brasil.

6/2/2011 9:41:20 PM					
Kruskal-Wallis Test: E versus B -Suécia					
Kruskal-Wallis Test on E					
B	N	Median	Ave Rank	Z	
1	23	0.4870	80.7	1.47	
2	23	0.4741	71.3	0.24	
3	23	-0.4741	58.3	-1.48	
4	23	0.5944	86.0	2.17	
5	23	-0.4741	60.3	-1.20	
6	23	-0.4741	60.3	-1.20	
Overall	138		69.5		
H = 10.02 DF = 5 P = 0.075					
H = 10.03 DF = 5 P = 0.074 (adjusted for ties)					

Quando as variáveis têm pesos decisórios diferentes, isso é, se considera a ponderação atribuída pelos especialistas, a ordem de insustentabilidade das fontes na Suécia seria:



86,0 Petróleo
80,7 Nuclear
71,3 Hidrelétrica
60,3 Etanol e Biodiesel
58,3 Eólica

$p=0,075 > \alpha=0,05$

Nesse caso, de maneira análoga o nível de confiança diminuiu de 95% para 90%. Nesse nível, o petróleo como fonte mais insustentável aparece em primeiro lugar, seguido da nuclear e depois da hidrelétrica. As variáveis que mais pesaram nesse resultado foram:

Não existência de matéria prima (81,70%)

Há ineficiência da transformação energética (81,67%)

Emite CO₂ e outros gases efeito estufa (80,56%)

De fato, a Suécia não possui reservas de petróleo e tem que importar o que consome; a ineficiência de transformação das termelétricas a base petróleo é enorme (apenas 50% de aproveitamento energético) e a questão da emissão dos gases ligados ao efeito estufa é repudiado pelo povo sueco.

Quanto aos biocombustíveis ficarem em pior colocação que a energia eólica, quanto a insustentabilidade, ou dito de outra forma, a questão da energia eólica aparecer como a mais sustentável é bastante compreensível: Naquele país não há produção de biocombustíveis em grande volume, todo biocombustível é importado (fonte de insustentabilidade – falta de matéria prima) e por outro lado o uso e os estudos de P&D na energia eólica são estimulados. A Suécia aposta num crescimento vertiginoso de sua utilização.

Só a Dinamarca (país nórdico, vizinho, integrado no pool de vendas a qual a Suécia faz parte) instalou 3.126 MW possuindo a maior capacidade instalada per capita do mundo. Líder com 576W/mil pessoas, o que representa cerca de duas vezes e meia a capacidade instalada dos países em segundo e terceiro lugar, a Espanha (260 W) e Alemanha (251 W) (WELCH; VENKATESWARAN, 2009)

9 Conclusões

É necessário aumentar a produção de energia elétrica mundial e/ou aumentar a eficiência do uso e/ou diminuir e/ou mudar a mentalidade do ser humano diminuindo o consumo, pois apenas com o crescimento econômico dos Tigres Asiáticos, Brasil, China e Índia, já existe um acelerado crescimento econômico mundial que demanda mais uso de energia e, por conseguinte problemas ambientais e sociais são aumentados para todo planeta.

Nessa linha de pensamento, Portilho (2005) vai além da pura análise das fontes de energia e foca na idéia que os padrões de produção devem ser modificados, de um lado, através da substituição de matérias primas e, de outro, o combate ao desperdício, à obsolescência planejada dos produtos e a sua descartabilidade.

Já os padrões de consumo, devem ser drasticamente reduzidos, estabelecendo-se, não apenas um piso, mas também um teto de consumo, especialmente referindo-se ao consumo ostentatório das sociedades afluentes em todo mundo, sem exceção. (Portilho,2005)

O efeito estufa (natural ou acelerado pela emissão de gases) na terra não pode ser mais negligenciado. O processo decisório sobre a matriz energética de cada país deve levar em conta a sustentabilidade do planeta. Segundo WRI (2001), os combustíveis fósseis (que são os mais poluentes) representam ainda cerca de 85% do consumo de energia primária mundial.

Esta tese elaborou e testou um modelo de análise da sustentabilidade de fontes de energia baseado principalmente no triangulo de fractais e na teoria da agência, usando o Brasil e Suécia como casos teste.

O esquema teórico para construção do MA se apropriou de algumas premissas, que depois da análise permitiram algumas conclusões:

A) OBSERVANDO AS LEIS DA TERMODINÂMICA

- (1) Pela 1ª lei da termodinâmica nenhuma energia elétrica é criada, mas é fruto de uma transformação;
- (2) Pela 2ª lei há limites para essa transformação, assim sempre há perdas/sobras, por vezes algum dejetos físico, por vezes conseqüências aos seres humanos, ou seja, sobras que causam impacto no ambiente e geram conseqüências ao homem e mulher modernos;
- (3) Também pelas 1ª e 2ª leis, uma vez tirado o potencial energético do combustível, seja ele qual for, apenas restará sobras, então podemos concluir que todas as fontes primárias utilizadas para a geração elétrica são esgotáveis;
- (4) Assim a 1ª e 2ª leis conjugadas garantem que não há energia sustentável (sem perdas ou sobras).
- (5) Pela 3ª lei não há como atingir o zero absoluto, assim não há como, por exemplo, parar o efeito de um lixo nuclear, o que demanda políticas públicas para tratar ou estocar de forma segura os resíduos.

Dessa forma, os processos de geração e consumo de energia são naturalmente insustentáveis, então o modelo testa qual apresenta melhor uso, e assim serve como referencia na busca da minimização dos problemas. No caso hipotético de algum processo de geração ou consumo de energia não apresentar perdas ou sobras, este seria o ideal buscado, energia sustentável de forma incondicional, mas isso não existe.

Dentro dessa lógica, não é possível responder de forma direta e simples: A forma de energia mais sustentável e essa ou aquela, mas dadas algumas circunstâncias (naturais, intrínsecas de cada fonte e de decisões no campo gerencial) é que essa ou aquela fonte apresenta mais ou menos sustentabilidade para a sociedade e para o ambiente.

Essa última circunstância, “decisões no campo gerencial” (ou política pública), ou melhor, a dimensão institucional influenciando no processo de análise da sustentabilidade é uma vertente dessa tese. O que há na bibliografia sobre sustentabilidade é um forte apego ao triplice parâmetro (economia, ecologia e economia), mas a questão institucional figurar como dimensão que molda e influi na sustentabilidade, é uma contribuição.

B) OBSERVANDO AS TABELAS DSR E OS FRACTAIS

Existem algumas “verdades” institucionalizadas, construídas ao longo dos anos, que o modelo de análise através dos fractais nas tabelas DSR, elucida de maneira mais completa, a saber:

FRACTAL	Sobre a hidreletricidade
ambiental-ambiental	Não emite CO ₂
ambiental-social	Quebra da cidadania das pessoas na construção dos reservatórios
ambiental-econômico	Passivo ambiental muito grande
social-social	Deslocamento de pessoas por causa de inundações
social-ambiental	Inundações de terras férteis
social-econômico	Mudanças radicais no comércio e na distribuição de renda
econômico-econômico	Possui o KWh final mais econômico do mundo
econômico-social	Necessidade de construção de novas cidades e toda dinâmica de vida
econômico-ambiental	Aumento dos custos em saúde pública, normalmente não computado

Esta pesquisa confirma o baixo valor do KWh, entretanto essa fonte emite CO₂, necessita da implantação de linhas de transmissão e possui um passivo ambiental e social sobremaneira grande causado pelas inundações.

FRACTAL	Sobre a termelétrica
ambiental-ambiental	Emite CO ₂
ambiental-social	Se biocombustível, possibilidade de exploração de mão de obra
ambiental-econômico	Necessidade de abastecimento de combustível
social-social	Mantem as pessoas em seu lugar de origem
social-ambiental	Não provoca inundações de terras férteis
social-econômico	Permite a implantação de geradores em qualquer lugar
econômico-econômico	Possui elevado custo final KWh e baixa eficiência de transformação
econômico-social	Gera emprego e renda distribuídos
econômico-ambiental	Se biocombustível, impacto na matriz agrícola

A termelétrica é a forma de geração mais flexível, mas emite CO₂. De fato, essa é uma forma energética emite CO₂, é flexível e pode ser implantada em qualquer local, junto da carga eliminando a necessidade da construção de linhas de transmissão. Entretanto possui uma eficiência de transformação muito ruim.

Se o combustível usado for a base de biocombustíveis, o problema da emissão é minimizado, pois no processo de crescimento, a planta (matéria prima do combustível) consome o gás que emitirá no processo de geração, mas nesse caso, apresentará um grande do impacto na agricultura; mas se for a base de petróleo e seus derivados, não há minimização dos problemas causados.

FRACTAL	Sobre a nucleletricidade
ambiental-ambiental	Não emite CO ₂
ambiental-social	Possibilidade de acidente nuclear
ambiental-econômico	Necessidade de compra e manuseio de elementos radiativos (abundante na natureza)
social-social	Mantem as pessoas em seu lugar de origem com riscos de radiação
social-ambiental	Pode haver contaminação de terras férteis
social-econômico	Permite a implantação da usina em qualquer lugar e necessidade e mão de obra especializada
econômico-econômico	Possui elevadíssimo custo KWh
econômico-social	Gera energia em grande volume e emprego e renda na região
econômico-ambiental	Custos com reparos do meio ambiente e construção de abrigos para lixo radioativo

De fato, a nuclear não emite CO₂, possui matéria-prima abundantes, porém produz lixo nuclear. Essa tese confirma os fatos relatados e coloca que o grande aspecto positivo da energia nuclear é ter a capacidade de produção em larga escala, com plantas elétricas reduzidas.

Weisser al. al. (2008) defende o uso da energia nuclear quando concluiu que pós-2012, somente a energia nuclear será capaz de atender a demanda mundial. Porém há sérios problemas ainda não elucidados como a insegurança tecnológica (riscos de catástrofes) e os altos custos de produção. O problema do lixo atômico pode ser resolvido através de planos mitigadores através de políticas públicas, onde sejam construídos abrigos para os resíduos.

FRACTAL	Sobre a energia eólica
ambiental-ambiental	Não emite CO ₂ . Possibilidade de colisão de pássaros e morcegos
ambiental-social	Possibilidade do ruído incomodar pessoas próximas ao aerogerador
ambiental-econômico	Nenhum problema levantado
social-social	Mantem as pessoas em seu lugar de origem sem riscos
social-ambiental	Não causa deslocamento de grande massa de pessoas
social-econômico	Não necessita de políticas sociais corretivas
econômico-econômico	Possui elevado custo KWh e longo tempo de retorno de capital investido, por isso necessita de políticas públicas
econômico-social	Gera baixo volume de energia, não possui escala de produção
econômico-ambiental	Não gera passivo ambiental

A energia eólica é uma fonte limpa, porém ainda não sustentável. As tabelas DSR mostram que energia eólica é limpa, entretanto ela não possui escala de produção, apresenta altos custos de produção (quando comparado com as hidrelétricas) e longo tempo para o retorno do capital investido.

Por analogia a energia eólica, é possível sugerir que a produção de energia proveniente do sol, marés e pequenos cursos d'água quase não fere a natureza. Podem até serem chamadas de energia limpa, entretanto chamá-la de sustentável é impossível, pois há o gargalo da reduzida quantidade de energia produzida, ou seja, problema de escala de produção. Um país industrializado ou mesmo uma grande cidade, não pode pautar sua matriz energética apenas nessas fontes.

C) OBSERVANDO A OPINIÃO DOS ESPECIALISTAS

O Modelo de Análise quando não foi incorporado o peso dos especialistas apontou que no Brasil as fontes menos sustentáveis seriam na sequência a Hidrelétrica e a Nuclear e o Petróleo empatados em segunda colocação. Quando a opinião dos entrevistados foi incorporado, a sequência mudou para Nuclear, Petróleo e as Hidrelétricas.

O resultado sem os pesos dos especialistas surpreendeu colocando as hidrelétricas como mais insustentáveis. Entretanto, foi significativo para levantar duas considerações: 1) existem muitos parâmetros insustentáveis na fonte hidrelétrica e 2) O modelo de análise tem uma limitação em não considerar distinção de impacto em cada variável.

Já o resultado com os pesos dos especialistas re-organiza a sequência de fonte por insustentabilidade de forma aparentemente melhor aceitável.

De fato, a energia nuclear no Brasil tem o maior custo produtivo, não existe nenhuma medida mitigadora do risco atrelado ao lixo nuclear e as usinas Angra I e Angra II não conseguem funcionar a plena carga. Logo, neste momento, pode-se dizer que o programa nuclear brasileiro é insustentável. Por isso, Carvalho et.al. (2009); Goldenberg (2007) dizem que, no Brasil o investimento nuclear é desnecessário, porque ainda há um grande potencial de energia hidrelétrica. Além disso, o uso da energia nuclear envolve parâmetros ainda não totalmente elucidados no meio técnico e científico.

Sobre o uso do petróleo no Brasil, ele é a fonte que mais emite CO₂ para natureza, tem péssima eficiência de transformação e como commodity tem o preço regulado no mercado internacional, quer dizer que nesses termos é difícil falar de sustentabilidade. Entretanto, o Brasil descobriu matéria prima em abundância na camada do pré-sal, onde a dimensão institucional pode fornecer elementos que mudem a sustentabilidade.

Na Suécia o Modelo de Análise (sem o uso dos pesos) apontou a Hidrelétrica e o Petróleo empatados como menos sustentáveis, seguidas da Nuclear. Isso possibilita explicar o porquê o governo em 2009, mesmo tendo a opção de construir duas hidrelétricas optou pela construção de cinco novas plantas nucleares.

O Modelo de Análise funcionou ao que se propôs: indicar a sustentabilidade das fontes considerando o setor, o país a qual a fonte está inserida. Os testes estatísticos deram uma significância aos resultados, onde concluímos que o modelo pode ser replicado a qualquer país e a qualquer fonte.

D) OUTRAS CONTRIBUIÇÕES

A tabela DSR hidrelétrica já tinha uma concepção inicial feita por Goldemberg e Lucon (2008). Essa tese acrescentou dados a ela, tornando-a mais informativa. As demais tabelas DSR foram construídas seguindo o “modelo” Goldemberg e Lucon (2008). Nesse modelo, inicialmente a questão da localidade do uso não é levada em conta. Portanto, agora existem 6 tabelas DSR onde dados também podem ser acrescentados, formando “mapas do conhecimento” nesse campo.

Outra contribuição dessa tese, além da construção de cinco tabelas DSR não encontradas em outro documento, foi a inclusão da dimensão “Institucional” feita quando do uso do indicador DSR, na análise da sustentabilidade. Entretanto, a maior contribuição dessa tese foi criar um caminho, uma estrutura, chamada de “Modelo de Análise” da sustentabilidade de fontes de energia que pode ser seguido, replicado, para qualquer análise de fonte energética em qualquer país.

Essa “estrutura” envolveu quatro dimensões, três vindas da teoria dos fractais e a parte institucional oriunda da Teoria da Agência. O caminho foi definir as variáveis segundo as dimensões, preencher as tabelas DSR, testar a elaboração das tabelas DSR.

Finalmente, com os dados dessas tabelas é preenchida a tabela de sustentabilidade com dados categóricos tipo “ocorre a insustentabilidade”(1) e “não ocorre a insustentabilidade”(-1) e assim cria-se uma sequência de fontes por insustentabilidade com o teste Kruskal-Wallis (teste H).

Esse caminho, chamado de Modelo de Análise pode ser replicado em qualquer país, com a quantidade de fontes energéticas que se desejar testar, o que irá mudar será o preenchimento das tabelas.

E de se entender assim, que as tabelas DSR dessa tese são dinâmicas, ou seja, os dados mudam a cada descoberta tecnológica, mas seu preenchimento é um retrato estático da força motriz, estado e resposta das fontes escolhidas nesse momento. O preenchimento retrata as condições de uso das fontes neste tempo. Em um curto ou médio espaço de tempo essas tabelas necessitarão de atualização.

Uma vez sendo as tabelas DSR dinâmicas no tempo, de igual maneira será dinâmica a medição final da sustentabilidade, o que nunca muda é o MA, o caminho delineado nessa tese. É preciso entender que o assunto sustentabilidade é um campo fértil a ser explorado. Alternativas, previsões, estudos buscando soluções em fóruns globais estão tentando buscar meios mais amigáveis, ambientalmente melhores para o uso da energia, mas a dificuldade vem no momento que cada país tem suas particularidades (o institucional).

A sociedade manifesta-se sobremaneira, influenciando nas decisões energéticas. Pidgeon et.al. (2008) colocam sobre a questão energética, que a sociedade deve sua resposta, afirmando que "seria imprudente, o Reino Unido ou em qualquer outro lugar, assumir de forma simplista que não existe a opinião pública sobre essas questões complexas". Atualmente não é possível se ater apenas aos custos econômico-financeiros, é necessário cuidar da natureza, da sustentabilidade do planeta e, sobretudo do ser humano

Por todas essas afirmativas, nessa tese, se pode concluir que não há "a" fonte sustentável, mas um conjunto de possibilidades funcionando como uma carteira energética. A análise de

Matsui et.al. (2008) e Aillancourt et.al.(2008) não fecham questão em nenhuma forma energética e sugerem a necessidade de planejamento em longo prazo.

Por fim, através do MA é possível colocar que não existe uma única solução energética mundial. Afora o Brasil e talvez um ou outro país, o mundo é dependente da energia proveniente das fontes fósseis e da nuclear. Entretanto, afirmamos que as energias ditas limpas (ainda não sustentáveis) é que deveriam ser mais utilizadas.

Sua falta de produção em escala industrial e seu alto custo são problemas que diminuirão na medida em que elas forem mais utilizadas e estudos de P&D avançarem. Certamente a recorrência do uso melhorará a questão de escala e baixará os custos. Elas diminuem a emissão de CO₂ para a natureza e afetam pouco o meio ambiente, de modo que as políticas públicas energéticas de seu uso deveriam ser mais bem direcionadas a esse fim.

Entendemos que os objetivos declarados nessa tese sobre o MA foram atingidos uma vez que o modelo o MA proposto, foge da noção usual de energia sustentável, que é uma energia limpa, que é pouco para determinar as decisões energéticas de um país, em termos de visão estratégica e consegue comparar a sustentabilidade através de análise multivariada.

Podemos dizer que (a) usar as leis da termodinâmica serviu no modelo para introduzir a noção de sustentabilidade com perdas/sobras (b) a vantagem de utilizar os fractais foi deslocar o foco do processo de concepção de valor, buscando agregar a análise em pares sobre eficiência da energia para com ser humano enquanto ser social, num contexto ambiental e (c) a teoria da agência permitiu a análise no sentido de verificar os aspectos institucionais, de outra forma, responder “Qual é a intenção do governo ou instituição?” Ou seja, infelizmente fugir do balanço ótimo da sustentabilidade que os fractais fornecem.

Desse modo, entendemos que o modelo de análise proposto cumpre a intenção da verificação da sustentabilidade das fontes energéticas considerando que a indústria de energia elétrica do século 21 tem que responder a uma série de conseqüências imprevistas – aumento dos custos sociais, a poluição, os resíduos e a destruição ecológica, entre outras.

Então, com o modelo proposto se pode entender que não se pode instalar uma hidrelétrica na Amazônia simplesmente por que gera o KW mais barato do mundo, sem verificar que o possível aumento de pessoas afetadas pela malária ou sem estudar o impacto no meio-ambiente como a perda de biodiversidade, quando espécies de peixes são extintos, áreas são inundadas, e outros eventos.

Foi possível entender o porquê da escolha da Suécia em não construir duas possíveis usinas hidrelétricas no norte do país em favor da construção de mais cinco usinas atômicas. A cultura sueca prefere controlar os expurgos atômicos, a lidar com a perda definitiva de sua biodiversidade.

Também não se pode ingenuamente pensar apenas em geração alternativa, como as energias ambientalmente corretas como a eólica, solar, PCH ou através das térmicas com biocombustíveis, já que atualmente não há produção suficiente (escala) para as novas demandas. Aliais quanto à escala de produção, nenhuma outra fonte energética é melhor que a geração nuclear, mas o passivo ambiental e social é muito grande, assim para decidir sobre as fontes energéticas é necessário o aporte e o processamento de muitas informações, e o modelo proposto pode ajudar nessa modelagem.

9.1 Limitações da tese

Existem comprovadamente duas limitações nessa tese já encontradas:

1) Nivelamento do impacto de cada perda ou sobra

Essa restrição ocorre por que o modelo de análise, em sua última etapa trabalha com dados categóricos do tipo “ocorre” e “não ocorre”, ele nivela o impacto das variáveis como iguais, ou seja, por exemplo, o impacto do petróleo emitir CO₂ é igual ao rompimento de uma barragem ou a uma explosão de uma usina nuclear como Fukushima e sabe-se que não é correto.

De qualquer forma, quando o peso dos especialistas é aplicado no cálculo, esse nivelamento indesejável é atenuado, pois apesar de continuar os dados categóricos, mas há naturalmente uma proteção dada por cada indivíduo que atribui notas.

A forma de resolver essa limitação por completo é aumentar outra coluna nas tabelas DSR e trabalhar com o sistema DSIR (driving-force- State-Impact-Responsive)

2) Falta do peso dos especialistas do setor elétrico da Suécia

A sugestão de realizar entrevista colhendo um peso por variável de diversos especialistas do setor elétrico só ocorreu na ocasião da pré-defesa da qualificação do pesquisador, ou seja, após seu retorno do doutorado sanduiche naquele país, de modo que não houve tempo hábil, nem recursos financeiros para o retorno à Suécia para nova pesquisa. Nessa tese, a título de ilustração foi aplicado o peso dos especialistas brasileiros à realidade sueca.

9.2 Possibilidades de trabalhos futuros

1) Realizar levantamento com outras fontes energéticas para criação de um banco de dados de tabelas DSR

2) Avançar os estudos ampliando as tabelas DSR para a DSIR

3) Completar a pesquisa com os dados dos especialistas suecos

4) Aplicar o MA em outros países.

Referências

ABRAM Tim; ION Sue. Generation-IV nuclear power: A review of the state of the science. *Energy Policy* 36; 4323–4330. 2008.

ABREU, Élvio Zampierde. *Avaliação das ações de saneamento ambiental no município de Uruaçu/GO, como compensação da instalação da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa*. Dissertação Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro, 2009.

ABREU, Yolanda Vieira de. *A reestruturação do setor elétrico brasileiro: questões e perspectivas*. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, USP. São Paulo: USP. 1999.

AHMAD, A.L.; MAT YASIN, N.H.; DEREK, C.J.C.; LIM, J.K. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. School of Chemical Engineering, Engineering Campus, Universiti Sains Malaysia, Seri Ampangan, 14300 Nibong Tebal, Seberang Perai Selatan, Pulau Pinang, Malaysia, 2010.

AILLANCOURT K V et.at. The role of nuclear energy in long-term climate scenarios: An analysis with the World-TIMES model. *Energy Policy* 36; 42296-2307. 2008.

AITKEN, M. Wind power and community benefits: Challenges and opportunities. *Energy Policy*, Volume 38, Issue 10, October 2010, Pages 6066-6075.

AJAYI, O. O. Assessment of utilization of wind energy resources in Nigeria. *Energy Policy*, 37: 750- 753. 2009.

AKELLA AK, SAINI RP, SHARMA MP. Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable Energy* 2009;34:390–6.

ALIMENTAÇÃO. Organização das Nações Unidas para a agricultura e. Índice de la FAO para los precios de los alimentos. Disponível em:<<http://www.fao.org/worldfoodsituation/FoodPricesIndex/es/>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2011.

ALMEIDA, Fernando. *O bom negócio da sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

AMAR, F.B. *et al.* Energy assessment of the first wind farm section of Sidi Daoud, Tunisia. *Renewable Energy*; 33: 2311- 2321. 2008.

AMERICAN WIND ENERGY ASSOCIATION – AWEA. Making a Strategic Commitment to Wind Energy Manufacturing and Jobs. Washington, 2005.

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. Site institucional: www.aneel.gov.br

ANGARITA Jorge Marquez, USAOLA Julio Garcia. *Combining hydro-generation and wind energy Biddings and operation on electricity spot markets*. *Electric Power Systems Research* 77 393–400. 2007.

ANTAS Jr, Ricardo Mendes. Elementos para uma Discussão Epistemológica sobre a Regulação no Território. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, São Paulo, Nº 16, p. 81 -86, 2004.

ARAÚJO, Vagner Pereira de. *Gestão de Riscos Operacionais Trabalho de Conclusão de Curso* apresentado a Faculdade Carlos Drummond São Paulo 2006.

ARROW, Keneth J. The economics of agency. In: PRATT, Jown W., ZECKHAUSER, Richard J. *Principals and agents: the structure of business*. Boston: Harvard Business School Press, 1995, p.37-51.

ATADASHI.I.M.; AROUA. M.K.; AZIZ. A. A. Biodiesel separation and purification: A review. *Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, University Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia, 2010.*

AWEA, American Wind Energy Association, Available in: www.awea.org Access in April 2009.

BAKIS, Recep. *Electricity production opportunities from multipurpose dams (case study)*. *Renewable Energy*, Elsevier, v.32, p. 1723-1738, 2006.

BARBOSA, Juliana Pacheco. *Setor elétrico brasileiro: Impactos do processo de privatização sobre o emprego*. Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Economia UFPB. João Pessoa, PB, 2003.

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2002.

BARROS, Carlos Pestana. *Efficiency analysis of hydroelectric generating plants: A case study for Portugal*. Energy Economics 30 (2008) 59–75.

BASTO, Fabrício. Gestão de Riscos em ambientes seguros. Revista Eletrônica AnalistaTI. Disponível no site <http://analistati.com/gestao-de-riscos-em-ambientes-seguros>, 30/set/2009, acessado em novembro 2010.

BASTOS, V. D. Etanol, Alcoolquímica e Biorrefinarias. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.25, p.5-38, mar. 2007.

BECCALI Marco, CELLURA Maurizio, MISTRETTA M. *Environmental effects of energy policy in sicily: The role of renewable energy*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 11; 282–298. 2007.

BEKELE, G. & PALM, B. Wind energy potential assessment at four typical locations in Ethiopia. Applied Energy; 86: 388- 396. 2009.

BELLEN, Hans Michael Van. Desenvolvimento Sustentável e seus Indicadores. Encontro Água e Floresta -O Estado da Arte da Educação Ambiental. Taubaté–7 a 9 de novembro de 2006. Disponível em http://homologa.ambiente.sp.gov.br/EA/encontro_agua_1106/paraiba_sul/palestras/Hans_Bellen.pdf. Acessado em 10/set/2010.

BEN – Balanço Energético Nacional. Relatório da EPE. 2010.

BERKUN, Mehmet. *Hydroelectric potential and environmental effects of multiram hydropower projects*. Energy for Sustainable Development xxx (2010) xxx–xxx.

BERMANN, Célio. Crise Ambiental e as Energias Renováveis. *Ciência e Cultura*. V.60 N3 - São Paulo - Sept. 2008.

_____. *Impasses and controversies of hydroelectricity*. Estudos Avançados. P. 139-154, 2007

_____. Perspectivas Norte-Sul de Sustentabilidade - Uma redistribuição global do espaço ambiental: Política energética e emissões de CO2 no Brasil. Projeto Brasil Sustentável e Democrático - <http://www.rits.org.br/pbsd> acesso em 11/ 2007.

BERNDES,G., BIRD,N., COWLE, A. *Bioenergy , Land Use Change and Climate Change Mitigation*. IEA Bioenergy. 2010.

BERNSTEIN, Peter L. *Desafio dos Deuses: A fascinante história do risco*. Ed Campus 2 ed. Rio de Janeiro. RJ. 1997.

BIOTECH. Conselho de Informação sobre Biotecnologia. Biotecnologia pode contribuir para a recuperação de áreas poluídas. ano 2. n.o 4 junho 2004. Disponível em:<<http://www.cib.org.br/pdf/biotech08.pdf>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2011.

BNDES. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável / organização BNDES e CGEE. – Rio de Janeiro:,. 316 p. ISBN: 978-85-87545-24-4 1. Bioenergia. 2. Biocombustível. 3. Bioetanol. 4. Cana-de-açúcar. I. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. II. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2008.

BONONI, Cláudio A. E MALVESSI, Oscar. *Project Finance no Brasil: fundamentos e estudos de caso*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2004.

BORENSTEIN, Carlos Raul et. al. *Regulação e Gestão Competitiva no Setor Elétrico Brasileiro* São Paulo: Sagra Luzzato - 1999.

BORRERO, M, “An environmental management method for sugar cane alcohol production in Brazil.” *Biomass and Bioenergy* 25, no. 3 (September 2003): 287-299 <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0961953403000321> acesso março 11, 2011.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética*. Brasília: MME/EPE, v2.: il. 2010.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. *Produção Agrícola Municipal*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2007/pamclo2007.pdf>. >Acesso em: 28 de janeiro de 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário Estatístico da Agroenergia. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estat%C3%ADsticas/anuario_cana.pdf>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatística. Brasil: Importação de fertilizantes. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina_inicial/vegetal/estatisticas >. Acesso em: 28 de janeiro de 2011.

BREGAR Zvonko. *Three utilization patterns of the renovated Moste hydro power plant on an electricity market of power and ancillary services*. Electric Power Systems Research 77; 252–258. 2007.

BREUKERS, S; WOLSINK, M. Wind power implementation in changing institutional landscapes: an international comparison, Energy Policy. 35 (5) (2007), pp. 2737–2750.

BRUNO, Gema San; FRIE, Lauha. *Focus on Small Hydro*. Renewable Energy Focus. P. 54-57, November/December. 2008.

BUYS Bruno. Domínio da energia nuclear vem de teorias do século XIX. Revista Eletronica Energia Nuclear – Custos de uma alternativa. SBPC/Labjor site: <http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear12.htm> acessado em 11/2007.

C. DE FRAITURE et al. / Water Policy 10 Supplement 1 67–81. 2008.

CABRAL, Luís M. B. "barriers to entry." The New Palgrave Dictionary of Economics. Second Edition. Eds. Steven N. Durlauf and Lawrence E. Blume. Palgrave Macmillan, 2008. The New Palgrave Dictionary of Economics Online. <http://pages.stern.nyu.edu/~lcabral/publications/NPDE%202008.pdf> acesso nov/2010.

CAMPANÁRIO, M. A.; SILVA, M. M. Fundamentos de uma nova política industrial. In: FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. (Org.). Política industrial 1. São Paulo: Publifolha, 2004. v.1: p. 13-45.

CARDONA, C. A. SÁNCHEZ, O. J. *Fuel ethanol production: process design trends and integration opportunities*. Bioresource technology. Vol. 98, issue.12. doi 10.1016/j.biortech.2007.01.002. 2007.

CARNEIRO, Celso D. R., GONÇALVES, Pedro W., NEGRÃO, Oscar B. M. e CUNHA, Carlos A. L. *Ciência do Sistema Terra e o Entendimento da Máquina Planetária em que Vivemos*. GEONOMOS. 13(1, 2): 11-18. 2005.

CARVALHO Joaquim F.; SAUER, Ildo L. *Does Brazil need new nuclear power plants?* Energy Policy 37; 1580–1584. 2009.

CARVALHO, Cristina Amélia; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. *O Poder nas Organizações*. Coleções Debates em Administração. Thomson Learning. São Paulo. 2007.

CASTRO, R. M. G. *Energias Renováveis e Produção descentralizada: Introdução a Energia Eólica*. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, março, 2009.

CASTRO. M. A. L. *Análise dos Riscos de uma Distribuidora Associados à Compra e Venda de Energia no Novo Modelo do Setor Elétrico*. ENE/FT/UNB. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Brasília, DF. 2004.

CAVALIERI, Adriane. *Como se tornar um Profissional em Gerenciamento de Projetos*. Rio de Janeiro. Qualitymark. 2003.

CENTRE FOR SUSTAINABLE ENERGY WITH GARRAD HASSAN & PARTNERS LTD. *Delivering Community Benefits from Wind Energy Development: A Toolkit*. May, 2007.

CEPETRO. *Centro de Estudos do Petróleo. O que é o Petróleo*. Universidade Estadual de Campinas. 2009. Disponível em http://www.cepetro.unicamp.br/petroleo/index_petroleo.html acesso em maio de 2011.

CHANGLIANG, X. & ZHANFENG, SONG. *Wind energy in China: Current scenario and future perspectives*. *Renewable & Sustainable Energy Rev* 2009.

CHEN, I.J. and PAULRAJ, A., *Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements*, *Journal of Operations Management*, Vol. 22, pp. 119-50. 2004.

CHERNI Judith A.; KENTISH, Joanna. *Renewable energy policy and electricity market reforms in China*. Energy Policy 35; 3616–3629. 2007.

CHOI, T. and K. EBOCH., “The TQM Paradox: Relations among TQM Practices, Plant Performance, and Customer Satisfaction.” *Journal of Operations Management*. 17 (1): 1998.

CHURRO, M. et al. Parques eólicos: Estudos dos Impactos no Ambiente Sonoro I. Influência no ruído local. *Acústica*, 2004.

CLEGG, S. R.; HARDY, C.; NORD, W. R. Handbook of organization studies. London: Sage Publications, 1996.

CLEMENTE, Leonardo. Avaliação dos Resultados Financeiros e Riscos Associados de uma Típica Usina de Co-Geração Sucro-Alcooleira. Monografia apresentada Curso de Pós-Graduação em Planejamento, Operação e Comercialização na Indústria de Energia Elétrica, Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

COCURULLO, Antonio; Gestão de Riscos Corporativos: Riscos Alinhados com Algumas Ferramentas de Gestão; 2º Ed; São Paulo; Tecci; 2003.

COLLANTES Gustavo. *The dimensions of the policy debate over transportation energy: The case of hydrogen in the United States*. *Energy Policy* 36; 1059–1073. 2008.

COMPEÁN, ROBERTO GUERRERO, AND KAREN R. POLENSKE, “Antagonistic bioenergies: Technological divergence of the ethanol industry in Brazil.” *Energy Policy*, no. (December 2010) <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421510008414> (accessed March 11, 201) 2004.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL. Republica Federativa do Brasil 1988.

CONTRERAS, ANA M., ELENA ROSA, MAYLIER PÉREZ, HERMAN VAN LANGENHOVE, AND JO DEWULF. “Comparative Life Cycle Assessment of four alternatives for using by-products of cane sugar production.” *Journal of Cleaner Production*. 17:772-779. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652608003004>. 2009.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. A Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma abordagem estratégica. 2 ed. Atlas. São Paulo, SP. 2006.

COSTA, Alexandre Marino. SILVA, Luciana Ribas da. O project finance como estrutura de financiamento mitigadora de riscos e sua utilização em projetos de investimento em usinas termelétricas brasileiras. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

COSTA, Claudia do Valle. Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica: Lições da experiência Européia para o caso brasileiro. Pesquisa - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, D.Sc., Planejamento Energético. Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, Márcio Macedo da. *Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço* [Rio de Janeiro] 2002. XIV, 257 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Planejamento Energético, 2002) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2002.

COSTA, Heitor Scalabrini. Eletricidade nuclear e as tarifas. Acerto de Contas. UFPE. 2011.

CZERMAINSKI, Ana Beatriz Costa. Análise Multivariada: Análise de Correspondência. Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP. Julho, 2004

DAVIS, J. H.; SCHOORMAN, F. D.; DONALDSON, L. Toward stewardship theory of management. *Academy of Management Review*, v. 22, 20-47, 1997.

DAVIS, M M.; AQUILANO, N J.; CHASE, Richard B. *Pleas for the Administration of Production*. 3 ed. Bookman. Porto Alegre RS. 2001.

DE LUCENA, A., SZKLO, A., SCHAEFFER, R., DESOUZA, R., BORBA, B., DACOSTA, I., JUNIOR, A., DA CUNHA, S. *The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil*. Energy Policy. Vol.37. 2008.

DEMIBAS, A., DEMIRBAS.M. F. Importance of algae oil as a source of biodiesel. Sirtak University, Dean of Engineering Faculty, Sirtak, Turkey, 2010.

DEMIRBAS. A. Importance of biodiesel as transportation fuel. Sila Science, P. K. 216, TR-61035 Trabzon, Turkey, 2007.

DEVLIN, E. Factors affecting public acceptance of wind turbines in Sweden. *Wind Engineering* 29 (6) (2005), pp. 503–511.

DIAS, D. O. M. E., VAUGHAN, B.E., JR RYKIEL, E. J., *Ethanol as Fuel: Energy, Carbon Dioxide Balances, and Ecological Footprint*. Bioscience; vol.55. Issue: 7. Jul 2005.

DIAS, M. I. S. *Organização Social: somando recursos, minimizando custos, maximizando resultados*. Porto Velho: Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia, 2003.

DIAZ, Carlos Alberto Palomares; PIRES, Sílvio Roberto Ignácio. *Produção Mais Limpa: Integrando Meio Ambiente e Produtividade*. RACRE - Rev. Adm. CREUPI, Esp. Sto. do Pinhal - SP, v. 05, n. 09, jan./dez.2005.

DOUCET, G. *Energia e Alterações Climáticas “sumário executivo.”* World Energy Concil. 2007.

DUARTE, H. M. N. *Utilização da energia eólica em sistemas híbridos de geração de energia visando pequenas comunidades*. Trabalho de conclusão de curso. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DUARTE, Teresa. *A possibilidade da investigação a 3: reflexões sobre triangulação (metodológica)* CIES e-Working Papers (ISSN 1647-0893). Lisboa, Portugal, 2009.

DUTRA, R. M. & SZKLO, A. S. *Incentive policies for promoting Wind energy production in Brazil*. *Renewable Energy*, 33: 65- 76. 2008.

DUTRA, Ricardo Marques. *Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro*. Rio de Janeiro. 272 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 2001.

EIA. Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 2011 with Projections to 2035*. DOE/EIA-0383(2011) | April 2011.

EISENHARDT, K. M.. *Separation of ownership and control*. *Journal of Law and Economics*, Vol. XXVI, June 1983. Disponível em <http://papers.ssrn.com/sol3/delivery.cfm/98060203.pdf?abstractid=94034>, em 2 jun.2003.

_____. *Agency theory: na assessment and review*. *Academy of Management Review*, v.14, n.1, p.57-74, 1989.

Control: organizational and economic approaches. *Management Science*, v. 31, n. 2, p. 134-149, 1985.

EKINS, Paul; LEES, Eoin. *The impact of EU policies on energy use in and the evolution of the UK built environment*. *Energy Policy* 36; 4580–4583. 2008.

ELKINGTON, J. *Enter the Triple Bottom Line*, Disponível em: <http://www.johnelkington.com/TBL-elkington-chapter.pdf>. 2004.

ELKINTON Melissa R., MCGOWAN Jon G., MANWEL James F. Wind power systems for zero net energy housing in the United States | *Renewable Energy* 34- 1270–1278. 2009.

ENGSTRÖM R et.al. *Which environmental problems get policy attention? Examining energy and agricultural sector policies in Sweden*. *Environmental Impact Assessment Review* 28; 241–255. 2008.

ENWEREMADU.C.C.;RUTTO.H.L. Combustion, emission and engine performance characteristics of used cooking oil biodiesel - A review. Department of Mechanical Engineering, Vaal University of Technology, Private Bag X021, Vanderbijl park 1900, South Africa, 2010.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2010: Ano base 2009 /. – Rio de Janeiro : EPE, 276 p.180. 2010.

ETHOS, I. Critérios Essenciais de Responsabilidade Social Empresarial e seus Mecanismos de Indução no Brasil. São Paulo, Instituto Ethos, 2006. Disponível site: www.uniethos.org.br/_Uniethos/Documents/criterios_essenciais_web.pdf, acesso 11/2007.

ETI, M.C. et.al. *Integrating reliability, availability, maintainability and supportability with risk analysis for improved operation of the Afam thermal power-station*. *Applied Energy* 84, 202–221. 2007.

ETZIONI, Amitai. *Organizações Modernas*. 8ª ed. São Paulo: Pioneira. 1989.

EWEA. The European Wind Energy Association. Available in: www.ewea.org. Access in April 2009.

FAMA, Eugene F., JENSEN, Michael C. Agency problems and residual claims. *Journal of Law & Economics*, Vol XXVI, June 1983. Disponível em <http://papers.ssrn.com/sol3/delivery.cfm/98060103.pdf?abstractid=94032>, em 3 mar. 2003.

FAURE, JEAN-MARC. “Increased Biofuel Production In The Coming Decade: to What Extent Will It Affect Global Freshwater Resources ?” *Production* 160:148-160. 2009.

FEARNSIDE Philip M. Belo Monte e os Gases de Efeito Estufa. 1: A Grande Polêmica sobre Hidrelétricas como “energia limpa, disponível em http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Preprints/2009/Belo%20Monte%20e%20os%20GEE-1-A%20pol%C3%AAmica.pdf inpa.gov.br. 2010

FERNANDES Flavio. SANTOS, Edmilson Moutinho dos. *Reflexões sobre a História da Matriz Energética Brasileira e sua Importância para a Definição de Novas Estratégias para o Gás*. Rio Oil & Gas Expo and Conference. Rio de Janeiro. RJ. 4 a 7 de outubro 2004.

FERNANDEZ, Maria. Personal Communication, Kunliga Tekniska Högskolan – SE 100 44 Stockholm – may 2009

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. 2Ed .Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

FERREIRA, Carlos Kawall Leal. Privatização do Setor Elétrico no Brasil. In: PINHEIRO, Armando Castelar; FUKASAKU, Kichiro. *A Privatização no Brasil: O caso dos serviços de utilidade pública*. BNDES. Rio de Janeiro, 2000.

FLICK, Uwe. *Métodos Qualitativos na Investigação Científica*, 2.^a ed., Ed. Monitor. Lisboa, 2005.

FONTES Filho, Joaquim Rubens. *Estudo da validade de generalização das práticas de governança corporativa ao ambiente dos fundos de pensão: uma análise segundo as teorias da agência e institucional*. Doutorado em Administração. Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas. Rio de Janeiro, 2004.

_____ Governança organizacional aplicada ao setor público. Anais do VI Congreso Internacional del CLAD sobre la reforma del estado y de la administración pública. Paraná, out. 2003.

FORSBERG, Charles W. *Sustainability by combining nuclear, fossil, and renewable energy sources*. Progress in Nuclear Energy 51; 192–200. 2009.

FRARE, Irineu R. Perspectivas para consolidação do marco regulatório brasileiro a partir da eleição do governo Lula: uma reflexão político-organizacional. X Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Santiago, Chile, 18 - 21 Oct. 2005.

GALBRAITH, John Kenneth. *Anatomia do Poder*. ISBN 9789724413020. São Paulo: Edições 70, 2007.

GALLARDO, A. L. C. F. BOND, A. Capturing the implications of land use change in Brazil through environmental assessment: Time for a strategic approach? *Environ Impact Asses Rev* (2010), doi:10.1016/j.eiar.2010.06.002. 2010.

GAMA, Ricardo da Silva. *Participação e democracia na gestão de recursos hídricos: estudo sobre os efeitos da atividade de geração hidrelétrica na bacia hidrográfica do litoral paranaense*. Universidade Estadual de Ponte Grossa, 2009 219p. Dissertação (Mestrado).

GAN Lin, ESKELAND Gunnar S., KOLSHUS Hans H. *Green electricity market development: Lessons from Europe and the US*. *Energy Policy* 35 144–155. 2007.

GANIM, Antonio. *Setor elétrico brasileiro: aspectos regulamentares e tributários*. Rio de Janeiro: Canalenergia, 2003.

GARCEZ, Catherine Aliana Gucciardi; VIANNA, João Nildo de Souza. *Brazilian Biodiesel Policy: Social and environmental considerations of sustainability*. Centre for Sustainable Development, University of Brasilia, Campus Universitário DarcyRibeiro-Bloco C-Av.L3 Norte, AsaNorte, Brasília-DF, Brazil, 2007.

GARCIA-GONZALEZ J, PARRILLA E, MATEO A. *Risk-averse profit-based optimal scheduling of a hydro-chain in the day-ahead electricity market*. *European Journal of Operational Research* 181;2007.

GARRAD Hassan; PARTNERS, Peter Capener, BOND Pearce LLP. *Delivering Community Benefits from Wind Energy Development: A Toolkit*. May, 2007.

GAUNT C.T. *Electricity distribution industry restructuring in South Africa: A case study*. Energy Policy 36; 3448– 3459. 2008.

GIMENEZ, Claudemir. SILVA FILHO, Oscar S. Gestão de Riscos Logísticos. Site: <http://www.cori.unicamp.br/CT2006/trabalhos/GESTaO%20DE%20RISCOS%20LOGiSTICOS.doc> acessado em 2007.

GLOBAL WIND ENERGY CONCIL. Global Wind Energy Outlook – GWEO. Belgium, 2010.

GOLAIT Neeraj, MOHARIL R.M.; KULKARNI P.S. *Wind electric power in the world and perspectives of its development in India*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13; 233–247. 2009.

GOLDEMBERG, José. O acidente nuclear no Japão. Revista Exame – versão eletrônica. Disponível em http://exame.abril.com.br/economia/meio-ambiente-e-energia/noticias/seguranca-da-energia-nuclear-e-ilusoria-diz-jose-goldemberg?page=2&slug_name=seguranca-da-energia-nuclear-e-ilusoria-diz-jose-goldemberg. 2011.

_____. Os riscos da energia nuclear. Revista eletrônica de jornalismo.científico disponível em <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=41&id=493> 2011b.

_____. *Ethanol for a sustainable energy future*. Science (New York, N.Y.). Vol.315. pages 808-10. 2007.

_____. *Pesquisa e Desenvolvimento na área de energia*. São Paulo em Perspectiva – 2000.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente e desenvolvimento. 3 ed.rev amp. São Paulo. SP. Editora da Universidade de São Paulo. 2008.

_____. *Energy and environment in Brazil*. Biomass. Vol.21, Issue.59, pages: 7-20. 2007.

_____. Energia e meio ambiente no Brasil Estudos Avançados Print ISSN 0103-4014. vol.21 no.59 São Paulo Jan./Apr. 2007 Dossiê Energia disponível no site: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100003&script=sci_arttext&tlng= acessado 11/2007.

GOLDEMBERG, J. Coelho, GUARDABASI S. T., P. *The sustainability of ethanol production from sugarcane*. *Energy Policy*. 36, 2008.

GOLDEMBERG, J. Coelho, NASTARI S. T., LUCON P. M., O. *Ethanol Learning Curve – The Brazilian Experience*. *Biomass and Bioenergy* 26, 301 – 304. 2004.

GOLDEMBERG, José. EIDELMAN, Frida. FERREIRA, Omar Campos. ALVIM, Carlos Feu. *Energia Final e Equivalente: Procedimento Simplificado de Conversão*. *Revista Economia & Energia*. No 18 - Jan-Fev 2000.

GOMES, A. S. NASA mapeia poluição do ar do planeta. Disponível em: <<http://updateordie.com/blog/2010/09/24/nasa-mapeia-poluicao-do-ar-do-planeta/>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2011.

GONÇALVES, Dorival Junior. *Reestruturação do setor elétrico brasileiro: estratégia de retomada da taxa de acumulação de capital*. Originalmente dissertação de mestrado. Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2002.

GONÇALVES, Marco Tadeu. e SANTOS, Solange Regina dos. *Aplicação da Análise de Correspondência à Avaliação Institucional da FECILCAM*. IV EPCT. Encontro de Produção Científica e Tecnológica. Campo Mourão. Pr. 20 a 23 outubro de 2009.

GONÇALVES, Maria Beatriz Ribeiro de O. FERREIRA, Afonso Henriques Borges. *Sustentabilidade ambiental: objetivo 7: garantir a sustentabilidade ambiental / [organização] UnB, PUC Minas /IDHS, PNUD*. – Belo Horizonte: PUC Minas/IDHS, 308p. – (Coleção de estudos temáticos sobre os objetivos de desenvolvimento do milênio da rede de laboratórios acadêmicos para acompanhamento dos objetivos de desenvolvimento do milênio). 2004.

GOURVILLER, J.; HERMAN, K. *Cape wind*. HBS case study; October 2003.

GRAHAM, J. B. *et al*. *Public perceptions of wind energy developments: Case studies from New Zealand*. *Energy Policy* 2009.

GÜLER, ÖNDER. *Wind energy status in electrical energy production of Turkey*. *Renewable & Sustainable Energy Rev*; 13: 473- 478. 2009.

GUIMARÃES, Luiz Carlos. Prêmio Abradee de Responsabilidade Social. Apresentação no Fórum de Responsabilidade Socioambiental. ANEEL, Brasília. DF. 29 de novembro 2006, disponível no site da ANEEL - http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=89. 2006.

GUMIEL, Rodrigo Hugo A. *Sustentabilidade de Barragens e o Planejamento de Hidrelétricas na Bolívia*. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, 2008. 185 p. Dissertação (Mestrado).

GUZOWSKI C., RECALDE M. *Renewable energy in Argentina: Energy policy analysis and perspectives*. International Journal of Hydrogen Energy 33; 3592 – 3595. 2008.

GWEC. Global Wind Energy Council. Available in: www.gwec.net. Access in April 2009. HALL, Richard H. *Organizações Estrutura e Processos*. Rio de Janeiro: 8ª ed. Prentice-Hall ISBN: 8587918761, 2004.

HALL, Richard H. *Organizações Estrutura e Processos*. Rio de Janeiro: 8ª ed. Prentice-Hall ISBN: 8587918761, 2004.

HATCH, M. J. *Organization theory: modern symbolic and postmodern perspectives*. New York: Oxford University Press, 1997.

HAWKING, Stephen W. *O Universo Numa Casca de Noz*, 9ª Ed. Arx. São Paulo SP. 2004.

HAY, James L. *Challenges to liberalism: The case of Australian energy policy*. Resources Policy. 2008.

HENDRY, J. The principal's others problems: honest incompetence and the specification of objectives. *Academy of Management Review*, v. 27, 98-113, 2002.

HIMRI, Y. *et al.* Review of wind energy use in Algeria. *Renewable & Sustainable Energy Rev* 13, 2009.

HOFF, Thomas E. *Integrating Renewable Energy Technologies in the Electric Supply Industry: A Risk Management Approach*. Pacific Energy Group Walnut Creek, California. NREL Technical Monitor: Christy Herig. National Renewable Energy Laboratory of the U.S. Department of Energy Managed by the Midwest Research Institute for the U.S. Department of Energy March 1997.

HOGSELIUS Per. *Spent nuclear fuel policies in historical perspective: An international comparison*. Energy Policy 37; 254–263. 2009.

HOLMGREN, K. e STERNHUFVUD, C.. CO2 emission reduction costs for petroleum refineries in Sweden. Forthcoming in Journal of Cleaner Production. 2008.

HU, Zhiyuan; TAN, Piqiang; YAN, Xiaoyu; LOU, Diming. Life cycle energy, environment and economic assessment of soybean-based biodiesel as an alternative automotive fuel in China. Shanghai, China, 2007.

HUANG, Yun-Hsun.; WU, Jung-Hua. Analysis of biodiesel promotion in Taiwan. ScienceDirect. Elsevier. Disponível em: < www.elsevier.com/locate/rser>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2011.

HYLANDER, Lars D *et al.* *Fish mercury increase in Lago Manso, a new hydroelectric reservoir in tropical Brazil*. Journal of Environmental Management 81 (2006) 155–166.

IBGE. Lavoura temporária 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pb&tema=lavouratemporaria2009>. 2009. acesso em abril de 2011.

IKINGURA, J. R, AKAGI, H.. *Total Mercury And Methylmercury Levels In Fish From Hydroelectric Reservoirs In Tanzania*. The Science Of The Total Environment 304 (2003) 355–368.

IEA. International Energy Agency. World Energy Statistics 2010. Disponível em: < http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1109>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2011.

JACOBSON M.; MASTERS G. Exploiting wind vs. coal. Science, 2001; (August):1438.

JANNUZZI, G. De M. Uma Avaliação das Atividades Recentes de P&D em Energia Renovável no Brasil e Reflexões para o Futuro. Campinas, SP: Energy Discussion Paper N° 2.64-01/03, 2003.

JANULIS, P. Reduction of energy consumption in biodiesel fuel life cycle. Laboratory of Agrotechnological Research, Institute of Environment, Lithuanian University of Agriculture, LT-4324 Akademija, Kaunas r., Lithuania, 2003.

JAYED.M.H.;MASJUKI.H.H.;SAIDUR.R.;KALAM.M.A.;JAHIRUL. M.I. Environmental aspects and challenges of oilseed produced biodiesel in Southeast Asia. Department of Mechanical Engineering, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia, 2009.

JENSEN, Michael C., MECKLING, William H. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, v.3, n.4, p.305-360, oct. 1976.

JOCHEN, Hans J. Scholl. Applying Stakeholder Theory to E-Government: Benefits and Limits. University at Albany / Suny. 2007.

JUNJINGER, M. VAN DEN WALL BAKE, J.D. FAAIJ, A. POOT, T. WALTER, A. *Explaining the experience curve: Cost reductions of Brazilian ethanol from sugarcane*. biomass and bioenergy 33 644 – 658 . 2009.

KÅBERGER Tomas. History of nuclear power in Sweden. *Estudos Avançados* 21 (59), 2007.

KADITI Eleni A. *Bio-energy policies in a global context*. *Journal of Cleaner Production* 1–5. 2008.

KALDELLIS J.K. *The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece: Technical and economic considerations*. *Energy Policy* 35; 2187–2196. 2007.

KAMAHARA. H.; HASANUDIN. U., *et al.* Improvement potential for net energy balance of biodiesel derived from palm oil: A case study from Indonesian practice. Institute of Science for Safety and Sustainability, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, Ibaraki 305-8569, Japan, 2010.

KASSEM, Nabil. Personal Communication, Kunliga Tekniska Högskolan – SE 100 44 Stockholm – 20 april 2009.

KATES, R.W., CLARK, W.C., CORELL, R., HALL, M.J., JAEGER, C.C., LOWE, I., McCARTHY, J.J., SCHELLNHUBER, H.J., BOLIN, B., DICKSON, N.M. Sustainability science. *Science* 292, 641–642. 2001.

KATSURAGAWA, Tony Hiroshi *et al.* *Malária e aspectos hematológicos em moradores da área de influência dos futuros reservatórios das hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau,*

Rondônia, Brasil. Cad. Saúde Pública [online]. 2009, vol.25, n.7, pp. 1486-1492. ISSN 0102-311X.

KELM, Martinho Luís; ABREU, Aline França de; SANTOS, Jorge Luiz dos. Um Modelo de Gestão por Resultados Segundo a Teoria da Agência: Um Estudo de Caso: Banco do Estado de Santa Catarina S/A. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

KERN, Florian; SMITH, Adrian. *Restructuring energy systems for sustainability? Energy transition policy in the Netherlands*. Energy Policy 36; 4093– 4103. 2008.

KHATIWADA,D.,SILVEIRA, S. *Net energy balance of molasses based etanol: The case of Nepal*. Renewable and sustainable energy reviews. Vol. 13. 2009.

KHORSHIDI, Z. SOLTANIEH, M. SABOOHI, Y. ARABA, M. Economic Feasibility of CO2 Capture from Oxy-fuel Power Plants Considering Enhanced Oil Recovery Revenues. Energy Procedia 4, 1886–1892. 2011.

KIKUCHI, R; AMARAL, P.B. *Conceptual schematic for capture of biomethane released from hydroelectric power facilities*. bioresource technology 99 (2008) 5967–5971.

KINPARA.D; I. ROCHA. M, G. Biodiesel e segurança alimentar. Agronegócio. Disponível em:< <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=23719>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2011.

KISS, Ferenc E.; JOVANOVIĆ, Milenko; BOSKOVIĆ Goran C. Economic and ecological aspects of biodiesel production over homogeneous and heterogeneous catalysts. Novi Sad, Serbia, 2009.

KJÄRSTAD, Jan. JOHANSSON, Filip. Resources and future supply of oil. Energy Policy. Volume 37, Issue 2, Pages 441-464, February 2009.

KNOBEL, Marcelo. *Fusion: Alternative for the future?* American magazine Nuclear Energy / Labjor site: <http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear01.htm> accessed in 11/2007.

KOCAARSLAN, İlhan; ÇAM Ertugrul. *An adaptive control application in a large thermal combined power plant*. Energy Conversion and Management 48; 174–183. 2007.

KUBISZEWSKI, I.; CLEVELAND, C. J.; Endres, P. K Meta-analysis of net energy return for wind power systems. *Renewable Energy*, p. 1-8, 2009.

KUBISZEWSKI, IDA *et al.* Meta-analysis of net energy return for wind power systems *Renewable Energy* 2009.

LAMB, Roberto. Governança corporativa; arena e contexto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, s/d, mimeo.

LAMBERT, D. L. and COOPER, M. C. Issues in supply chain management, *Industrial Marketing Management*. 2000.

LANGOWSKI, E. *Queima da cana – uma prática usada e abusada*. 2007. Disponível em: <<http://www.apromac.org.br/QUEIMA%20DA%20CANA.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2008.

LEÃO, Ruth. GTD – Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. Apostila da disciplina de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica - GTD. Do curso de energia elétrica. Universidade Federal do Ceará - UFC. Fortaleza, 2009.

LEE, Young Eal; JUNG, Young Beom. *Challenges of nuclear power for sustainable role in Korean energy policy*. *Energy Conversion and Management* 49; 1951–1959. 2008.

LEPECKI, W. A Energia Nuclear e a Economia do Hidrogênio. *Revista INEE*. 26 de janeiro de 2011.

LEUNG, Guy C.K. China's oil use, 1990–2008. *Energy Policy* 38, 932–944. 2010.

LIMA Cesar Augusto de Almeida. Riscos de Atrasos na Cadeia Logística de Suprimento de Petróleo. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Mestrado em Logística Empresarial. UFSC. Florianópolis. 2002.

LIMING Huang; HAQUE, Emdad; BARG, Stephan. *Public policy discourse, planning and measures toward sustainable energy strategies in Canada*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12. 2008.

LINS, Clarissa e OUCHI, Hiroshi C. Sustentabilidade Corporativa – Relatório Energia Elétrica da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS. Revisão: Ulrich Steger (CSM/IMD). Janeiro 2007.

LOFSTEDT Ragnar. *Are renewables an alternative to nuclear power? An analysis of the Austria/Slovakia discussions*. Energy Policy 36; 2226–2233. 2008.

LOON, A.J. van. *The meaning of “abruptness in the geological past*. Earth Sci. Rev. v. 45, p. 209-214. 1999.

LOPEZ-GAMERO M D. et.al. *Evaluating environmental regulation in Spain using process control and preventive techniques*. European Journal of Operational Research 195; 497–518. 2009.

LOVELOCK, James. A vingança de Gaia. Intrínseca. Rio de Janeiro. 2006.

LUKES, Steven. Poder e autoridade. In: BOTTOMORE, T., NISBET, R. História da análise sociológica. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1983.

LUO, L. VAN DER VOET, E. HUPPES, G. *Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugarcane in Brazil*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 13,. Issue, 6-7. Pags:1613-1619 2009.

LUO, L. VOET, E. HUPPES, G. UDO DE HAES, H. A. *Allocation issues in LCA methodology: a case study of corn stover-based fuel ethanol*. The International Journal of Life Cycle Assessment. Vol. 14. Issue, 6. Pages: 529-539 2009.

LUO, L. VOET, Ester van der. HUPPES, G. *Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of Bioethanol from sugar cane in Brazil*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 13 .2009.

MABEL, M. C. & FERNANDEZ E. Growth and future trends of wind energy in India. *Renewable & Sustainable Energy Rev*; 12: 1745-1757. 2008.

MACEDO, I. C. *The current situation and prospects for ethanol*. Estudos Avançados 21 (59). 2007.

MACEDO, I.C., *Sugarcane's Energy: Twelve Studies on Brazilian Sugarcane Agribusiness and its Sustainability*. União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, p. 195. 2005.

MACHADO, G. E. R. ; OLIVEIRA, L. ; LOPES, J. S. ; MOREIRA, Ricardo da Silva . A perspectiva do biodiesel a partir do cultivo da mamona no Brasil. In: ENEGEP, Fortaleza, 2006.

MacLEODA, Michael; MORANA, Dominic; SPENCER, Ian. *Counting the cost of water use in hydroelectric generation in Scotland*. Energy Policy 34 (2006) 2048–2059.

MAHUR, A.K. et. al. *Estimation of radon exhalation rate, natural radioactivity and radiation doses in fly ash samples from Durgapur thermal power plant*, West Bengal, India. Journal of Environmental Radioactivity 99; 1289–1293. 2008.

MAILMAN, MARIAH. *Strategies to lower methyl mercury concentrations in hydroelectric reservoirs and lakes: a review*. Science of the total Environment 368 (2006) 224– 235.

MALHEIROS, Tadeu Fabrício; PHILIPPI JR, Arlindo; COUTINHO, Sonia Maria Viggiani; CARVALHO, Flávia Rennó. Modelos para a Construção de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Gestão e Gerenciamento de Resíduos. ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Costão do santinho. Florianópolis. Santa Catarina 2004.

MAMMANA, Guilherme Pellegrini. O financiamento do setor elétrico e as políticas de meio ambiente e de conservação de energia no Brasil. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado UNICAMP. Campinas. SP: UNICAMP, 1994.

MANCISIDOR, Itziar M A ET.al. *European Union's renewable energy sources and energy efficiency policy review: The Spanish perspective*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13; 100–114. 2009.

MANN, Steven V. Agency Theory (verbete). In: COOPER, Cary L.; ARGYRIS, Chris. The concise Blackwell encyclopedia of management. Malden: Blackwell Publishers, 1998.

MANNARINO, Patrícia Silva. Modelo de Transporte em Rede com Restrições de Capacidade: Estudo de Alternativas na Área de Influência do Gasoduto Bolívia Brasil. Pesquisa de doutorado. COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético UFRJ Rio de Janeiro. COPPE. 2004. 125 p.

MARCH, J. G. A primer of decision making: how decisions happen. New York: The Free Press, 1994.

MARKEVICIUS Antanas et.al. *Wind energy development policy and prospects in Lithuania*. Energy Policy 35, 4893–4901. 2007.

MARRERO, Julieta et. al.. Characterization and determination of 28 elements in fly ashes collected in a thermal power plant in Argentina using different instrumental techniques. Spectrochimica Acta Part B 62; 101–108. 2007.

MARSHALL, Christoper. Medindo e Gerenciando riscos operacionais em instituições financeiras. Rio de Janeiro: Qualimark. 2002.

MARTINS, Carley. Control and safety of nuclear reactors. INTERVIEW in Revista Estudos Avançados N 21 (p.221-224) 59, 2007 disponível no site: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0103-401420070001&lng=pt&nrm=iso

MARTINS, F.R.; GUARNIERI, R.A.; PEREIRA, E.B.. O aproveitamento da energia eólica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1304, 2008.

MARTINS, Maria de Fátima; CANDIDO, Gesinaldo Ataíde. Índice de desenvolvimento sustentável para municípios (IDSM): metodologia para cálculo e análise do IDSM e a classificação dos níveis de sustentabilidade para espaços geográficos – SEBRAE – João Pessoa, 2008.

MASIERO, G., LOPES, H. *Etanol e Biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia*. Ver. Bras. Polít. Int. 51 (2): 60-79. 2008.

Matriz Energética Nacional 2030. MME. 2007.

MATH 2033 FORUM. *Sierpinski Triangle*. Mathematical Thought Math 2033 at the University of Arkansas. Disponível no site: http://math2033.uark.edu/wiki/index.php/Sierpinski_Triangle 2010.

MATSUI Kazuaki et.al. *Role of Nuclear Energy in Environment, Economy and Energy Issues of the 21st century Green House Gas Emission Constraint Effects*. Progress in Nuclear Energy 50. 2008.

MATTSSON, Pauline. Swedish Energy Agency. Erawacth.European Comission. 2009.

MAYER Audrey L. Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems. *Environment International*.Volume: 34, Issue: 2, Pages: 277-291. 2008.

Mazandarani et al. 2011

MCDONOUGH, William and BRAUNGART, Michael. Design for the Triple Top Line: New tools for the sustainable commerce. *Corporate Environmental Strategy*, Vol. 9, no. 3, 2002.

MELNYK, S.A., STEWART, D.M. and SWINK, M. Metrics and Performance Measurement in Operations Management: dealing with the metrics maze, *Journal of Operations Management*, No. 22, pp. 209-17. 2004.

MENEZES, Luís César de Moura. *Gestão de Projetos*. 2ª ed. Atlas. São Paulo. SP. 2003.

MENICHETTI, E. OTTO, M. *Energy Balance & Greenhouse Gas Emissions of Biofuels from a Life Cycle Perspective*. Environment – 2009.

MERITET S. *French perspectives in the emerging European energy policy*. *Energy Policy* 35; 2007.

MINTZBERG, Henry. *Power in and Around Organizations*. Englewood Cliffs,N.J. Prentice-Hall,1983.

MIRZA, U.K. *et al*. Wind energy development in Paskistan. *Renewable & Sustainable Energy Rev*; 11: 2179-2190. 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Available in: www.mma.gov.br. Access in April 2009.

MME, Ministério de Minas e Energia. A energia eólica e os créditos de carbono. Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso em: 25 de fevereiro de 2011.

MME. Ministério das Minas e Energia. Projeto de reestruturação do setor elétrico brasileiro. 2004.

MONTANARI, R. *Criteria for the economic planning of a low power hydroelectric plant*. *Renewable energy* 28 (2003) 2129–214.

MONTES, G.M. *et al.* The current situation of wind energy in Spain. *Renewable & Sustainable Energy Rev*; 11: 467- 481. 2007.

MORAES, Liege Viviane dos Santos de. SILVA, Maria Aparecida da. CUNHA, Cristiano J. C. A. Organizações – A dinâmica da aprendizagem gerencial em um hospital. *RAE- eletrônica* - v. 3, n. 2, Art. 18, jul./dez. 2004 www.rae.com.br/eletronica. 2004.

MORAES, M. A. F. D., *Indicadores do Mercado de Trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período de 1992-2005*. Est. Econ., São Paulo, V.37, N.4, p.875-902 , 2007.

MORET, A. S. SGANDERLA, G. C. S. GUERRA, S. M. G. MARTA, J. M. C. *Análise da Sustentabilidade do Biodiesel com uso da Análise de Custos Completos*. Espaço Energia – Número 11. Outubro 2009.

MORGAN, Gareth. *Imagens da Organização* - 2ª Ed. Atlas. São Paulo, SP 2002.

MORROW, W. Ross. GALLAGHER, Kelly Sims. COLLANTES, Gustavo. LEE, Henry. Analysis of policies to reduce oil consumption and greenhouse-gas emissions from the US transportation sector. *Energy Policy*. Volume 38, Issue 3, Pages 1305-1320. March 2010.

MORSE ,S. FRASER, EDG. Making ‘dirty’ nations look clean? The nation state and the problem of selecting and weighting indices as tools for measuring progress towards sustainability. *Geoforum*; 36:625–40. 2005.

MUNEER T, ASIF M, MUNAWWAR S. Sustainable production of solar electricity with particular reference to the Indian economy. *Renewable Sustainable Energy Rev*;9:444–73. 2005.

MUÑOZ, J.R.; SAILOR, D.J. *A modeling methodology for assessing the impact of climate variability and climatic change on hydroelectric generation*. *Energy Convers. Mgmt* Vol. 39, No. 14, pp. 1459 - 1469, 1998.

NGALA, G.M. *et al.* Viability of Wind energy as a power generation source in Maidiguri, Borno State, Nigeria. *Renewable Energy*; 33: 2242-2246. 2007.

NGUYEN, Thu Lan T. HERMANSEN, John E. SAGISAKA, Masayuki. *Fossil energy savings potential of sugar cane bio-energy systems*. Applied Energy, doi:10.1016/j.apenergy.2009.05.027. 2009.

NILAKANT, V.; RAO, Hayagreeva. Agency theory and uncertainty in organizations: an evaluation. *Organization Studies*, v.15, n.5, p.649-672, 1994.

NOTA TÉCNICA. O PAC o setor de hidrocarbonetos e a matriz energética Brasileira. Número 43. 2007.

NOUNI M.R., MULLICK S.C., KANDPAL T.C. *Techno-economics of micro-hydro projects for decentralized power supply in India*. Energy Policy 34; 1161–1174. 2006.

NOVAES, J. R. P., “Campeões de produtividade: dores e febres nos canaviais paulistas.” Estudos Avançados 21, no. 59 (April 2007): 167-177
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0142007000100013&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. 2007.

OCB. Regularização das Cooperativas de Eletrificação Rural Brasileiras: Estudo Jurídico. Relatório Técnico. Brasília. DF. 2006.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development Environment Directorate. Key environmental indicators. Paris, France; 2001. Disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/7/47/24993546.pdf> acesso em 10/09/2010.

OECD - Glossary of Statistical Terms. Driving Force-State-Response Framework. Disponível no site: <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=679> acessado em julho 2011.

OGALLACHOIR B.P. et.al. *Using indicators to profile energy consumption and to inform energy policy in a university—A case study in Ireland*. Energy and Buildings 39; 913–922. 2007.

OIL WORLD. Oil World Annual 2003. Disponível em:<
<http://www.oilworld.biz/app.php?fid=1060&fpar=0&isSSL=0&aps=0&blub=65707b39e9020b063148896592bf6f2e>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2011.

OMER, ABDEEN M. On the wind energy resources of Sudan. *Renewable & Sustainable Energy Rev*; 12: 2117- 2139. 2008.

OUR COMMON FUTURE. Report of the World Commission on Environment and Development. The Concept of Sustainable Development. Chapter 2: Towards Sustainable Development From A/42/427. UN Documents: Gathering a Body of Global Agreements has been compiled by the NGO Committee on Education of the Conference of NGOs from United Nations web sites. Disponível em <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I> acesso em 11 setembro de 2010.

OUYANG, W. *et al.* *Accumulated effects on landscape pattern by hydroelectric cascade exploitation in the Yellow River basin from 1977 to 2006.* Landscape and Urban Planning. Vol. 93, Issues 3-4, p. 163-171. December, 2009.

OZTURK, Murat; BEZIR, Nalan Cicek; OZEK, Nuri. *Hydropower–water and renewable energy in Turkey: Sources and policy.* Renew Sustain Energy Rev (2008), doi:10.1016/j.rser.2007.11.08

PADILHA, Janine C. *et al.* *An evaluation of the potential of the use of wasted hydroelectric capacity to produce hydrogen to be used in fuel cells in order to decrease CO2 emissions in Brazil.* International Journal of Hydrogen Energy 34 (2009) 7898 – 7902.

PAGÈS, Max; BONETTI, Michel; GAULEJAC, Vicent de; DESCENDRE, Daniel. *O Poder das Organizações.* Atlas. São Paulo. 2006.

PAIXÃO Roberto Brasileiro; MOTTA Gustavo da Silva; MELO Daniel Reis Armond de. *As Atividades Logísticas em Quatro Dimensões: uma reflexão à luz da economia das organizações.* ANAIS, SIMPOI. 2009.

PALM Jenny *Emergency management in the Swedish electricity market: The need to challenge the responsibility gap.* Energy Policy 36; 843–849. 2008.

PAPONG, SEKSAN, AND POMTHONG MALAKUL. 2010. “Life-cycle energy and environmental analysis of bioethanol production from cassava in Thailand.” *Bioresourcetechnology* 101 Suppl :S112-8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19766487> (Acesso fev 2011).

PARIKKA, Matti *Promoting sustainable bioenergyproduction & use. Implementation of sustainability criteria for biofuels in Sweden.* Swedish Energy Agency. November 2010.

PATLITZIANAS, Konstantinos D.; DOUKAS, Haris; KAGIANNAS, Argyris G.; PSARRAS, John. Indicadores de política energética sustentável: Análise e recomendações. *Renewable Energy*, n. 33, p. 966–973, 2008.

PELLEGRINI LF, de Oliveira Junior S, *Combined production of sugar, ethanol and electricity:thermoeconomic and environmental...*, *Energy* (2010),doi:10.1016/j.energy.08.011. 2010.

PERÄKYLÄ, Anssi. Analyzing Talk and Text. in DENZIN Normank. LINCOLN, Yvonna S. *The Sage Handbook of Qualitative Research*. Third Edition. Sage. London. 2005.

PEREIRA, 2001

PEREZ, Y. & RAMOS-REAL, F. J. The public promotion of wind energy in Spain from the transaction costs perspective 1986- 2007. *Renewable & Sustainable Energy Rev* 13: 1058- 1066. 2009.

PHAKORNKULE, Chantaraporn.; PETIRUKSAKUL, Anurak.; PUTHAVITHI, Wirote. Biodiesel production in a small community: Case study in Thailand. Thailand, 2008.

PIDGEON Nick F. et.al. *Climate change or nuclear power—No thanks! A quantitative study of public perceptions and risk framing in Britain*. *Global Environmental Change* 18; 69–85. 2008.

PILAVACHI P.A. et.al. *The energy policy of the Republic of Cyprus*. *Energy*. 2008.

PIMENTA, Alexandre Santos, MINETTE, Luciano José, FARIA, Manoel Marques de *et al*. Avaliação do perfil de trabalhadores e de condições ergonômicas na atividade de produção de carvão vegetal em bateria de fornos de superfície do tipo "rabo-quente". *Rev. Árvore*, Sept./Oct. 2006, vol.30, no.5, p.779-785. ISSN 0100-6762.

PINTO JR, Helder Queiroz et al. *Matriz Brasileira de Combustíveis*. Grupo de Economia da Energia - Instituto de Economia/UFRJ - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Instituto de Economia, UFRJ. 2008

PLANO DECENAL DE EXPANÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA 2006-2015.

PORTER, K. *et al.* A Review of the International Experience with Integrating Wind Energy Generation. *The Electricity Journal*; 20: 48- 59. 2007.

PORTILHO, Fátima. Sustentabilidade Ambiental, Consumo e Cidadania. Ed. Cortez São Paulo. 2005.

POTATOES, A *et al.* *Evaluation of the profile of workers and ergonomic conditions in the activity of production of charcoal in a coke battery of surface-type "tail-hot."* Rev. tree, vol.30, no.5, Set/oct 2006.

POUSA, Gabriella P.A.G.; SANTOS, André L.F.; SUAREZ, Paulo A.Z. History and policy of biodiesel in Brazil. Laboratório de Materiais e Combustíveis, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brazil, 2007.

PRATT, Jown W., ZECKHAUSER, Richard J. Principals and agents: na overview. In: PRATT, Jown W., ZECKHAUSER, Richard J. Principals and agents: the structure of business. Boston: Harvard Business School Press, 1995, p.1-36.

PRIMO, M., and AMUNDSON, S. An Exploratory Study of the Effects of Customer-Supplier Relationships on Quality and Performance Outcomes in New Product Development, *Journal of Operations Management*, Vol 20, February 2002.

PRISYAZHNIUK Vitaly A. *Strategies for emission reduction from thermal power plants.* *Journal of Environmental Management* 80; 75–82. 2006.

PUROHIT Pallav. *Small hydro power projects under clean development mechanism in India: A preliminary assessment.* *Energy Policy* 36; 2000–2015. 2008.

QI.D.H.; CHEN.H.; MATTHEWS.R.D.; BIAN.Y.Zh. Combustion and emission characteristics of ethanol–biodiesel–water micro-emulsions used in a direct injection compression ignition engine. Department of Mechanical Engineering, University of Texas at Austin, Austin, TX 78712, USA, 2009.

QUINTERO, J.A. MONTOYA, M.I. SÁNCHEZ, O.J. GIRALDO, O.H. CARDONA, C.A. *Fuel ethanol production from sugarcane and corn: Comparative analysis for a Colombian case.* *Energy*. vol.33, Issue – 3. pages:385-399 2008.

RANGEL Luiz Fernando. *Competition policy and regulation in hydro-dominated electricity markets*. Energy Policy 36; 1292–1302. 2008.

REICHE, Kilian. TENENBAUM, Bernard. MÄSTLE, Clemencia Torres de. *Electrification and Regulation: Principles and a Model Law*. Energy and Mining Sector Board Discussion Paper. The World Bank Group Paper n.18. July 2006.

REICHMANN NETO, F.; NUNES, L. *O Mercado de Energia Eólica no Brasil e no Mundo*. Audiência Pública - Senado. Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle: Brasília, 2008.

REIS, Lineu Belico dos. CUNHA, Eldis Camargo Neves. *Energia Elétrica e Sustentabilidade. Aspectos Tecnológicos, socioambientais e legais*. Barueri, SP. Manole. 2006.

RIBEIRO, Flávio de Miranda; SILVA, Gil Anderi. *Life-cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study*. Journal of Cleaner Production 18 (2010) 44–54.

RITCHIE, Bob. CLARE, Brindley. *Supply chain risk management and performance: A guiding framework for future development?*, International Journal of Operations & Production Management Vol. 27 (3) 303 – 322. 2007.

RODRIGUES, D. ORTIZ L. *Sustainability of ethanol from Brazil: in the context of demanded biofuels imports by The Netherlands*; Available at http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/Etanol_Sustentabilidade.pdf. . 2006.

RODRIGUES, Délcio; Ortiz, Lucia. *Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil*. 2006.

RODRIGUES, Lorena. *Ibama concede licença para usinas do Madeira; 1º edital sai em agosto*. Folha Online. 09/set/2007. Disponível no site: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u310596.shtml> acesso em abr/2008.

ROSA, Luiz Pinguelli. *Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear*. Estudos Avançados.[online]. 2007, vol.21, n.59, pp. 39-58. ISSN 0103-4014.

Rushu, 2003

- RUSSEL, Bertrand. O Poder - uma nova análise social. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979.
- SACHS, Ignacy. A Revolução Energética do Século XXI. in Revista Estudos Avançados N 21 (p.21-38) 59, 2007 site: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0103-401420070001&lng=pt&nrm=isso
- SAENKO, V. IVANOV, Y. TSYBY, A. BOGDANOVA, T. TRONKO, Z. DEMIDCHIK, Yu. YAMASHITA. S. The Chernobyl Accident and its Consequences. Clinical Oncology 23. 234 e 243. 2011.
- SAIDUR, R. et al. A review on global wind energy policy. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 14, Issue 7, September 2010, Pages 1744-1762.
- SANTOS, Agostinho dos. Cooperativismo: historia, doutrina, legislação, empresa cooperativa. SESCOOP, 1998.
- SANTOS, Joao Luiz Fonseca et al. *Alternative Energy Sources: Parameters for decision-making in Brazil*. XXVII National Meeting of Production Engineering. Foz do Iguacu, 2007.
- SANTOS, João Luiz Fonseca. Estudo Tarifário das Cooperativas do Brasil. Relatório técnico. João Pessoa, Pb. 2006a.
- SANTOS, Kadidja Ferreira. Gestão de Cooperativas in SILVA, Ricardo Moreira da. Introdução a Modelos de Gestão. João Pessoa. Sal da Terra, 2006b.
- SANTOS, Luis Alberto. Por que regular. Revista teoria e debate. São Paulo: set/out/nov 2003.
- SATO, Fábio Ricardo Loureiro. A teoria da agência no setor de saúde: o caso do relacionamento da Agência Nacional de Saúde Suplementar com as operadoras de planos de assistência supletiva no Brasil. RAP, v.41, n.1, p.49-62, 2007.
- SAURIN, Valter. PEREIRA, Breno Augusto D. O Programa Nacional de Desestatização: Aspectos relevantes da política de privatização. Revista do Departamento de Ciências da Administração. P.43-51. 1995.
- SCHLAPFER August. *Hidden biases in Australian energy policy*. Renewable Energy 34. 2009.

SCHWARTZ, Peter. A arte da visão de longo prazo: planejando o futuro em um mundo de incertezas. São Paulo: Best Seller, 2000.

SEBITOSI, A.B.; PILLAY, P. *Grappling with a half-hearted policy: The case of renewable energy and the environment in South Africa*. Energy Policy 36; 2513– 2516. 2008.

SEGATTO, Andréa Paula Mendes. Teoria da Agência Aplicada à Análise de Relações entre os Participantes dos Processos de Cooperação Tecnológica Universidade-Empresa. 2001. 260f. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, São Paulo, 2001.

SHANKMAN, Neil A. Reframing the debate between agency and stakeholder theories of the firm. Journal of Business Ethics, v.19, p.319-334, 1999.

SHARMA, Y.C., JAIN.S. Thermal stability of biodiesel and its blends: A review. Biofuel Research Laboratory, Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, Uttarakhand 247667, India, 2010.

SHARMA, Y.C.; SHINGH, B. Development of biodiesel: Current scenario. Department of Applied Chemistry, Institute of Technology, Banaras Hindu University, Varanasi 221005, India, 2008.

SILALERTRUKSA, T. G., SHABBIR, H. *Environmental sustainability assessment of bio-ethanol production in Thailand*. Energy. vol.34.Issue, 11. 2009.

SILALERTRUKSA, Thapat. GHEEWALA, Shabbir H. *Security of feedstocks supply for future bio-ethanol production in Thailand*.Energy Policy. doi:10.1016/j.enpol.2010.08.034. 2010.

SILVA, Edson Luiz da. *Supply adequacy in electricity markets based on hydro systems— the Brazilian case*. Energy Policy 34; 2002–2011. 2006.

SILVA, Marcos Vinicius Mirda Da. a dinâmica excludente do sistema elétrico do sistema elétrico paraense. São Paulo, 2005, Tese USP. 2005.

SILVA, P M. *Model of Transportation Network with Capacity Constraints: Study of Alternatives in the Area of Influence of Bolivia Brazil pipeline*. PhD thesis. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro. COPPE. 2004.

SILVA, Patrícia Mannarino. Modelo de Transporte em Rede com Restrições de Capacidade: Estudo de Alternativas na Área de Influência do Gasoduto Bolívia Brasil. Tese de doutorado. COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro., COPPE. 2004. 125 p.

SILVA, Ricardo Moreira da. Arranjo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro: da gestão pública à privada. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFPB. 2005.

SILVA, Tânia Paula da. As Redefinições do “Rural”: breve abordagem Revista NERA - Ano 7, n. 4 – janeiro/julho de 2004 - ISSN 1806-6755, disponível no site: http://www2.prudente.unesp.br/dgeo/nera/Revista/Arq_4/05_T%C3%A2nia.pdf. 2004.

SILVEIRA, S. KATIWADA, D. *Ethanol production and fuel substitution in Nepal — Opportunity to promote sustainable development and climate change mitigation*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 14, 1644 – 1652. 2010.

SILVEIRA, Semida. et.al. Building sustainable energy system: Swedish experiences. Svenskbyggtjänst and Swedish national energy administration. Stockholm. Swedish. 2002.

SINGH, Rajesh Kumar. MURTY, H.R., GUPTA, S.K., DIKSHIT, A.K. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators* p.189 – 212. 2009.

SLACK, Nigel. JOHNSTON, Robert, CHAMBERS, Stuart Chambers. Administração da Produção. Atlas. São Paulo. 2008.

Slater, Rachel. “Biofuels , Agriculture and Poverty Reduction.” *Soil and Water*. 2007.

SMEETS, E. JUNGINGER, M. FAAJI, A. WALTER, A. C, DOLZAN P. Sustainability of Brazilian bioethanol. Report NWS-E-2006-110. Brazil: Universiteit Utrecht Copernicus Institute, Department of Science, Technology and Society and University of Campinas; Available at <http://www.bioenergytrade.org/downloads/sustainabilityofbrazilianbioethanol.pdf>.

SMEETS, E., JUNGINGER, M., FAAIJ, A., WALTER, A., DOLZAN, P., TURKENBURG, W. The sustainability of Brazilian ethanol—An assessment of the possibilities of certified production. *Biomass and Bioenergy* –Vol.32. issue.8. pages .781-813 2008.

SNYDER, B. & KAISER, M.J. Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy. *Renewable Energy*; 34: 1567- 1578. 2009.

SÖDERLUND, Elin *et al.* *The Swedish Energy Markets Inspectorate's report in accordance with the EC Directives for the internal markets for electricity and natural gas.* Eskilstuna 2009.

SOUZA Eduardo L. Leão de e MACEDO Isaias de Carvalho. *Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética* -- São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

SOUZA, Paulo Roberto Cavalcanti de. *Evolução da indústria de energia elétrica brasileira sob mudanças no ambiente de negócios: Um enfoque institucionalista.* TESE Doutoral. UFSC / PPGEF. Florianópolis, SS. 2002.

SOVACOOOL, B.K. *et al.* Is the Danish Wind Energy Model Replicate for Other Countries? *The Electricity Journal*; 21: 27-38. 2008.

SPAROVEKT, G. BERNDES, G. EGESKOC, A. FREITAS, F. L. M. GUSTAFSSON, S. HANSSON, J. *Sugarcane ethanol production in brazil: na expansion model sensitive to socioeconomic and environmental concerns.* *Biofuels, Bioproducts & Biorefining.* 1: 270–282 2007.

STRAPASSON Alexandre Betinardi, *A Energia Térmica e o Paradoxo da Eficiência Energética: desafios para um novo modelo de planejamento energético.* Dissertação Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia - EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo. 2004.

STREIMIKIENE, Dalia. *The role of nuclear energy in Lithuania under various post-Kyoto climate change mitigation regimes.* *Energy* 33; 1005–1014. 2008.

SUBKI, Iyos *A Proposal for cooperative activities between Japan and Indonesia in the field of Nuclear research and Nuclear education.* *Progress in Nuclear Energy* 50; 119e120. 2008.

SWEDISH ENERGY AGENCY. *Policy measures and incentives.* *Energy in Sweden Book.* 2007.

SZULCZYK, Kenneth R.; MCCARL, Bruce A. *Market penetration of biodiesel.* United States, 2010.

TAN, K. T. ã, KEAT T. L. MOHAMED, A. R. *Role of energy policy in renewable energy accomplishment: The case of second-generation bioethanol*. Vol. 36. Environment – 2008.

TAKIMOTO, Tetsuya. UCHIDA, Naoyuki. KODAMA, Yuko. TESHIMA, Takanori. TANIGUCHI, Shuichi. Safety of workers at the Fukushima Daiichi nuclear power plant. Published Online. April 15, 2011. DOI:10.1016/S0140-6736(11)60519-9. 2011.

TARLECKI, Jason; LIOR, Noam; ZHANG, Na. *Analysis of thermal cycles and working fluids for power generation in space*. Energy Conversion and Management 48, 2864–2878. 2007.

TAVARES, Marina de Lima; - EL HANI, Charbel Niño. *Um Olhar Epistemológico sobre a Transposição Didática da Teoria Gaia*. Investigações em Ensino de Ciências. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, Brasil. V6 N3- ISSN 1518-8795 2003

TCU. Tribunal de Contas da União. A Nova Matriz Energética Brasileira. 11 e 12 de novembro 2008.

TEGOU, L.; POLATIDISA, H.; HARALAMBOPOULOSA, D. A. Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. Journal of Environmental Management. Volume 91, Issue 11, November 2010, Pages 2134-2147.

TELLERIA, J. L. Wind power plants and the conservation of birds and bats in Spain: a geographical assessment. Biodivers Conserv, 2009.

TERCIOTE, R. Análise da Eficiência de um Sistema Eólico Isolado. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Dissertação de Mestrado, 2002.

TOMAS, Lonnqvist. Interview. School of Industrial Engineering and Management. Stockholm. 2009.

TICA.S.; FILIPOVIC. S.A.; ZIVANOVIC. P.; MILOVANOVIC.B. Test run of biodiesel in public transport system in Belgrade. University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305,11000 Belgrade, Serbia, 2010.

TOKE David; LAUBER Volkmar. *Anglo-Saxon and German approaches to neoliberalism and environmental policy: The case of financing renewable energy*. Geoforum 38; 677–687.2007.

TOLMASQUIM, M. T., GUERREIRO, A., GORINI, R. *Matriz energética Brasileira – Uma perspectiva*. Novos estudos, p. 79. 2007.

TOLMASQUIM, Maurício et. al. A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo: uma visão crítica. Rio de Janeiro, RJ: 2001.

TCU. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (2008)

TRIOLA. Mario F. Introdução a Estatística. 10ed. Rio de Janeiro. LTC, 2008.

TSAI Wen-Tien. *Coupling of energy and agricultural policies on promoting the production of biomass energy in Taiwan*. Renewable and Sustainable Energy 2008.

TSAI, Wen-Tien T.; LIN, Chih-Chung; YEH, Ching-Wei. An analysis of biodiesel fuel from waste edible oil in Taiwan. Department of Environmental Engineering and Science, Chia nan University of Pharmacy and Science, Tainan 717, Taiwan, 2005.

TUBINO, Dalvio Ferrari. Planejamento e Controle da Produção. ATLAS. ISBN: 9788522448456. São Paulo. 2004.

TUNDISI, José Galizia. *Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia*. Estudos Avançados [online]. 2007, vol.21, n.59, pp. 109-117. ISSN 0103-4014.

UCAR, A. & BALO F. Evaluation of wind energy potential and electricity generation at six locations in Turkey. *Applied Energy* 2009.

Unica – Relatório de Sustentabilidade 2008. Disponível em www.unica.com.br/download.asp?mmdCode=28BEB5F1-2D21: acessado em fev 2008

USA. NASA. New Map Offers a Global View of Health-Sapping Air Pollution. Disponível em: <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/health-sapping.html>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2011.

USHA RAO K.; KISHORE, V.V.N. *Wind power technology diffusion analysis in selected states of India*. Renewable Energy 34; 983–988. 2009.

VAINER, Carlos B. *Recursos hidráulicos: questões sociais e ambientais*. Estudos Avançados [online]. 2007, vol.21, n.59, pp. 119-137. ISSN 0103-4014.

VALENTINE, S. V. A STEP toward understanding wind power development policy barriers in advanced economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 14, Issue 9, Dezembro 2010, Pages 2796-2807.

VALLE, A.C.M.; AGUIAR, M.A.A.; CRUZ JR. G. *The impact of water quality as an environmental constraint on operation planning of a hydro-thermal power system*. *Renewable Energy* 34; 2009.

VAN WYLEN, G. J. et al. *Fundamentos da Termodinâmica*. Tradução de Euryale de Jesus Zerbini. 5º ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1998. 537p.

VARUN, A. PRAKASH, Ravi. BHAT, Inder Krishnan. Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 2716–2721. 2009.

VERBRUGGEN, Aviel. *Renewable and nuclear power: A common future?* *Energy Policy* 36, 2008.

VERGARA, S. C. *Métodos de pesquisa em administração*. São Paulo: Atlas, 2005.

VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. Atlas: São Paulo. 7ª ed. 2006.

VEYRET, Yvette. *Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Ed Contexto. 2007.

VICHI, F. M., MANSOR, M. T. C., *Energia, Meio Ambiente e Economia: o Brasil no contexto mundial*. *Quim.Nova*, Vol. 32, No. 03, 757-767, 2009.

VIEIRA, Sônia. *Análise de variância: Anova*. São Paulo. Atlas. 2006.

VINTERBÄCK, JOHAN. “Global Potential of Sustainable Biomass for Energy Svetlana Ladanai.” *Technology*. 2009.

VIVIAN, C.E.F. PAVANI, A.A. HANASHIRO, M.M. OLIVEIRA, R.M.S. SOUZA, M.I.F. MARIN, F.R. *Análise Da Expansão Da Agroindústria Canavieira No Centro-Sul Do Brasil*. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.24, n.1/3, p. 11-38, jan/dez.2007.

WALTER, A. ENSINAS, A. V. *Combined production of second-generation biofuels and electricity from sugarcane residues*. Vol. 35. Issue 2. Energy – 2010.

WALTER, Arnaldo. DOLZAN, Paulo. QUILODRÁN, Oscar. OLIVEIRA, Janaina G. SILVA, Cinthia. PIACENTE, Fabricio. SEGERSTEDT, Anna. *Sustainability assessment of bio-ethanol production in Brazil considering land use change, GHG emissions and socio-economic aspects*. Energy Policy, doi:10.1016/j.enpol.2010.07.043. 2010.

WANG, L.; SINGH, C. Balancing risk and cost in fuzzy economic dispatch including wind power penetration based on particle swarm optimization. Electric Power Systems Research. Volume 78, Issue 8, August 2008, Pages 1361-1368

WARDLE, D.A. Global sale of green air travel supported using Biodiesel. Department of Physics, University of Auckland, Private Bag 92019, Auckland, New Zealand. Tel.: 64-9-373-7599. Fax: 64-9-373-7445. Disponível em: < <http://www.phy.auckland.ac.nz/staff/daw/>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2011.

WEIS, Timothy M. & ILINCA, A. The utility of energy storage to improve the economics of wind-diesel power plants in Canada. *Renewable Energy*; 33: 1544-1557. 2008.

WEISSER Daniel; HOWELLS, Mark; ROGNER, Hans-Holger. *Nuclear power and post-2012 energy and climate change policies*. Environmental Science & Policy 11; 467 – 477. 2008.

WELCH, J. B e VENKATESWARAN, A. The dual sustainability of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, p. 1121–1126, 2009.

WIGGINS, Sarah. WIGGINS, Mike. COLLINS, Jude. SHAW, Sara. Sustentabilidade ambiental. ROOTS: Recursos para Organizações com Oportunidades de Transformação e Socialização. Tearfund . ISBN 9781904364-85-6. 2009. Disponível em http://tilz.tearfund.org/webdocs/Tilz/Roots/Portuguese/Environmental%20Sustainability/ROOTS_13_P_Section%203.pdf acesso em fev 2011.

WILLIAMSON, O. E., *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: The Free Press, 1987.

WILLIANSO, O. E. Managerial discretion and business behavior. *American Economy Review*, v. 53, p. 1032-1047, 1963.

WISEMAN, R. M.; GOMEZ-MEJIA, L. R. A behavioral agency model of managerial risk taking. *Academy Management Review*, v. 23, n. 1, p. 133-153, 1998.

WRI. World Resources Institute - *World Resources 1996-2000*. New York, Oxford University Press, 2001, pp. 334-335.

WRIGHT, P. et al. A reexamination of agency theory assumptions: extensions and extrapolations. *Journal of Socio-Economics*, v. 30, n. 5, p. 413-429, 2001.

WRIGHT, P. et al. The impact of the corporate insider, blockholder and institutional ownership on firm-risk taking. *Academy of Management Journal*, v. 39, p. 441-463, 1996.

WYMAN, O. *2010 Assessment of country energy and climate policy*. World Energy Council. 2010.

ZHANG, Zhong Xiliang. *Asian energy and environmental policy: Promoting growth while preserving the environment*. *Energy Policy* 36; 3905–3924. 2008.

ZHOU H.et.al. *Study on probability distribution of prices in electricity market: A case study of zhejiang province, china*. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat* 14; 2255–2265. 2009a.

ZHOU, Sheng; ZHANG, Xiliang; LIU, Jinghe. *The Trend of Small Hydropower Development in China*. *Renewable Energy* 34 (2009) 1078–1083. 2009b.

ZHOURI, Andréa; OLIVEIRA, Raquel. *Desenvolvimento, Conflitos Sociais e Violência no Brasil Rural: o Caso das Usinas Hidrelétricas*. *Ambiente e sociedade*, v. X, n.2, p 119-135. Campinas, 2007.

Anexo I

Referencias usada na seção DSR Hidrelétrica:

ABREU, Élvio Zampierde. Avaliação das ações de saneamento ambiental no município de Uruaçu/GO, como compensação da instalação da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa. Dissertação Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro, 2009.

BAKIS, Recep. Electricity production opportunities from multipurpose dams (case study). *Renewable Energy*, Elsevier, v.32, p. 1723-1738, 2006.

BARROS, Carlos Pestana. Efficiency analysis of hydroelectric generating plants: A case study for Portugal. *Energy Economics* 30 (2008) 59–75.

BERKUN, Mehmet. Hydroelectric potential and environmental effects of multidam hydropower projects. *Energy for Sustainable Development*. 2010.

BERMANN, C. Impasses and controversies of hydroelectricity. *Estudos Avançados*. P. 139-154, 2007.

BRUNO, Gema San; FRIE, Lauha. Focus on Small Hydro. *Renewable Energy Focus*. P. 54-57, November/December. 2008.

GAMA, Ricardo da Silva. Participação e democracia na gestão de recursos hídricos: estudo sobre os efeitos da atividade de geração hidrelétrica na bacia hidrográfica do litoral paranaense. Universidade Estadual de Ponte Grossa, 219p. Dissertação (Mestrado). 2009.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos Avançados* [online], vol.21, n.59, pp. 7-20. ISSN 0103-4014. 2007

GUMIEL, Rodrigo Hugo A. Sustentabilidade de Barragens e o Planejamento de Hidrelétricas na Bolívia. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas. 185 p. Dissertação (Mestrado). 2008.

HYLANDERA, Lars D et al. Fish mercury increase in Lago Manso, a new hydroelectric reservoir in tropical Brazil. *Journal of Environmental Management* 81 155–166. 2006

IKINGURA, J. R, AKAGI, H.. Total mercury and methylmercury levels in fish from hydroelectric reservoirs in Tanzania. *The Science of the Total Environment* 304, 355–368. 2003.

KALDELLIS, J.K. The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece: Technical and economic considerations. *Energy Policy* 35, 2187–2196. 2007.

KATSURAGAWA, Tony Hiroshi et al. Malária e aspectos hematológicos em moradores da área de influência dos futuros reservatórios das hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, Rondônia, Brasil. *Cad. Saúde Pública* [online]. vol.25, n.7, pp. 1486-1492. ISSN 0102-311X. 2009.

KIKUCHI, R; AMARAL, P.B. Conceptual schematic for capture of biomethane released from hydroelectric power facilities. *Bioresource Technology* 99, 5967–5971. 2008.

MacLEODA, Michael; MORANA, Dominic; SPENCER, Ian. Counting the cost of water use in hydroelectric generation in Scotland. *Energy Policy* 34, 2048–2059. 2006.

MAILMAN, Mariah. Strategies to lower methyl mercury concentrations in hydroelectric reservoirs and lakes: A review. *Science of the Total Environment* 368, 224– 235. 2006.

MONTANARI, R. Criteria for the economic planning of a low power hydroelectric plant. *Renewable Energy* 28, 2129–214. 2003.

MUÑOZ, J.R.; SAILOR, D.J. A modeling methodology for assessing the impact of climate variability and climatic change on hydroelectric generation. *Energy Convers. Mgmt Vol. 39, No. 14*, pp. 1459 - 1469, 1998.

NOUNI, M.R; MULLICK, S.C; KANDPAL, T.C. Techno-economics of micro-hydro projects for decentralized power supply in India. *Energy Policy* 34, 1161–1174. 2006.

OUYANG, W. et al. Accumulated effects on landscape pattern by hydroelectric cascade exploitation in the Yellow River basin from 1977 to 2006. *Landscape and Urban Planning. Vol. 93, Issues 3-4*, p. 163-171. December, 2009.

OZTURK, Murat; BEZIR, Nalan Cicek; OZEK, Nuri. Hydropower–water and renewable energy in Turkey: Sources and policy. *Renew Sustain Energy Rev*, doi:10.1016/j.rser.2007.11.08. 2008.

PADILHA, Janine C. et al. An evaluation of the potential of the use of wasted hydroelectric capacity to produce hydrogen to be used in fuel cells in order to decrease CO₂ emissions in Brazil. *International Journal of Hydrogen Energy* 34, 7898 – 7902. 2009.

PUROHIT, Pallav. Small hydro power projects under clean development mechanism in India: A preliminary assessment. *Energy Policy* 36, 2000–2015. 2008.

RIBEIRO, Flávio de Miranda; SILVA, Gil Anderi. Life-cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study. *Journal of Cleaner Production* 18, 44–54. 2010.

ROSA, Luiz Pinguelli. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. *Estudos Avançados* [online], vol.21, n.59, pp. 39-58. ISSN 0103-4014. 2007.

SÖDERLUND, Elin et al. The Swedish Energy Markets Inspectorate's report in accordance with the EC Directives for the internal markets for electricity and natural gas. Eskilstuna 2009.

TUNDISI, José Galizia. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazônia. *Estudos Avançados* [online]. vol.21, n.59, pp. 109-117. ISSN 0103-4014. 2007.

VAINER, Carlos B. Recursos hidráulicos: questões sociais e ambientais. *Estudos Avançados* [online]. vol.21, n.59, pp. 119-137. ISSN 0103-4014. 2007.

ZHOU, Sheng; ZHANG, Xiliang; LIU, Jinghe. The trend of small hydropower development in China. *Renewable Energy* 34, 1078–1083. 2009.

ZHOURI, Andréa; OLIVEIRA, Raquel. Desenvolvimento, Conflitos Sociais e Violência no Brasil Rural: o Caso das Usinas Hidrelétricas. *Ambiente e sociedade*, v. X, n.2, p 119-135. Campinas, 2007.

Referencias usada na seção DSR Nuclear:

BEN Balanço Energético Nacional. Relatório Anual Brasília. Brasil. 2010.

BUYS Bruno. Domínio da energia nuclear vem de teorias do século XIX. Revista Eletronica Energia Nuclear – Custos de uma alternativa. SBPC/Labjor site: <http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear12.htm> acessado em 11/2007.

COSTA, Heitor Scalabrini. Eletricidade nuclear e as tarifas. Acerto de Contas. UFPE. 2011.

BOWYER, T.W., BIEGALSKI S.R., COOPER, M., ESLINGER P.W., HASS D., HAYES J.C., MILEY H.S., STROM D.J., WOODS V. Elevated Radioxenon Detected Remotely Following the Fukushima Nuclear Accident. PII: S0265-931X(11)00081-6. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2011.04.009. JENR 3868. Journal of Environmental Radioactivity. 2011.

DUFFIELD, J.S., WOODALL, B., Japan's new basic energy plan. Energy Policy (2011), doi:10.1016/j.enpol.2011.04.002. 2011.

SANTOS, João Luiz Fonseca. Os desafios da insegurança da energia nuclear. Relatório PIBIC. UFPB. João Pessoa. PB. 2011.

GREYVENSTEIN,R., CORREIA,M., KRIEL,W., South Africa's opportunity to maximize the role of nuclear power in global hydrogen economy, Nuclear Engineering and Design 238 3031-3040. 2008.

GOLDEMBERG, José. O acidente nuclear no Japão. Revista Exame – versão eletrônica. Disponível em http://exame.abril.com.br/economia/meio-ambiente-e-energia/noticias/seguranca-da-energia-nuclear-e-ilusoria-diz-jose-goldemberg?page=2&slug_name=seguranca-da-energia-nuclear-e-ilusoria-diz-jose-goldemberg. 2011.

GOLDEMBERG, José. Os riscos da energia nuclear. Revista eletrônica de jornalismo.científico disponível em <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=41&id=493> 2011b.

IAEA – International Newsbriefs. Energy and Sustainable Development. IAEA Bulletin vol.41, no4, December, 1999.

KESSIDES, Ioannis N. n1. Nuclear power:Understanding the economic risks and uncertainties. The WorldBank. Energy Policy 38. 3849–3864. 2010.

KNOBEL, Marcelo. Fusion: Alternative for the future? American magazine Nuclear Energy / Labjor site: <http://www.comciencia.br/reportagens/nuclear/nuclear01.htm> accessed in 11/2007.

LEPECKI, W. A Energia Nuclear e a Economia do Hidrogênio. Revista INEE. 26 de janeiro de 2011.

LOVELOCK, James. A vingança de Gaia. Intrínseca. Rio de Janeiro. 2006.

MARQUES, Carlos José. O Fim da Era Nuclear? IstoÉ independente (online) N° Edição: 2158/18.Mar.2011, disponível em <http://www.istoe.com.br/assuntos>. 2011.

PACINI, Henrique Silva. FIELD VISIT REPORT. Visit to SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB/Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company) installations in Oskarshamn. KTH Energy and Climate Studies. Stockholm, Sweden. 2009.

PAGÈS, Max; BONETTI, Michel; GAULEJAC, Vicent de; DESCENDRE, Daniel. O Poder das Organizações. Atlas. São Paulo. 2006.

PEREIRA, Newton Müller. Energia Nuclear: Da energia inesgotável à energia limpa. Revista Brasileira de Energia. Vol. 8 | No 2. Sociedade Brasileira de Planejamento Energético. 2001.

PORTILHO, Fátima. Sustentabilidade Ambiental, Consumo e Cidadania. Ed. Cortez São Paulo. 2005.

PUSZ J. Alternative energy sources. Disponível em: <http://www.fuelcells.prv.pl>. 2001. p. 57–8. 2001.

SAENKO, V. IVANOV, Y. TSYBY, A. BOGDANOVA, T. TRONKO, Z. DEMIDCHIK, Yu. YAMASHITA. S. The Chernobyl Accident and its Consequences. Clinical Oncology 23. 234 e 243. 2011.

SILVA, Ricardo Moreira da. Arranjo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro: da gestão pública à privada. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFPB. 2005.

SLOOP L J. Liquid hydrogen as a propulsion fuel. The NASA History Series, Washington (DC); 1978.

TAKIMOTO, Tetsuya. UCHIDA, Naoyuki. KODAMA, Yuko. TESHIMA, Takanori. TANIGUCHI, Shuichi. Safety of workers at the Fukushima Daiichi nuclear power plant. Published Online. April 15, 2011. DOI:10.1016/S0140-6736(11)60519-9. 2011.

ZHOU, Sheng. ZHANG, Xiliang. Nuclear energy development in China: A study of opportunities and

challenges. *Energy* 35, 4282–4288. 2010.

Fotos do Site: <http://info.abril.com.br/noticias/tecnologias-verdes/nivel-de-radiacao-em-regiao-do-japao-preocupa-20032011-3.shl>

Referencias usada na seção DSR Eólica:

AITKEN, M. Why we still don't understand the social aspects of wind power: a critique of key assumptions within the literature, *Energy Policy* 38 (4) pp. 1834–1841. 2010b.

_____. Wind power and community benefits: Challenges and opportunities. *Energy Policy*, Volume 38, Issue 10, Pages 6066-6075. October 2010a.

BREUKERS, S; WOLSINK, M. Wind power implementation in changing institutional landscapes: an international comparison, *Energy Policy* 35 (5) pp. 2737–2750. 2007.

CASTRO, R. M. G. Energias Renováveis e Produção descentralizada: Introdução a Energia Eólica. Universidade Técnica de Lisboa, março, 2009.

GARRAD Hassan; PARTNERS, Peter Capener, BOND Pearce LLP. Delivering Community Benefits from Wind Energy Development: A Toolkit. May, 2007.

CHURRO, M.; João ZAMBUJO, C.; Cezar RODRIGUES e J. L. Bento COELHO. Parques eólicos – Estudos dos Impactos no Ambiente Sonoro I – Influência no ruído local. Acústica, 2004.

DEVLIN, E. Factors affecting public acceptance of wind turbines in Sweden, *Wind Engineering* 29 (6), pp. 503–511. 2005.

DUARTE, H. M. N. Utilização da energia eólica em sistemas híbridos de geração de energia visando pequenas comunidades. Trabalho de conclusão de curso. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GOLDEMBERG, José. O acidente nuclear no Japão. Revista Exame – versão eletrônica. Disponível em <http://exame.abril.com.br/economia/meio-ambiente-e-energia/noticias/seguranca-da-energia-nuclear-e->

ilusoria-diz-jose-goldemberg?page=2&slug_name=seguranca-da-energia-nuclear-e-ilusoria-diz-jose-goldemberg. 2011.

GOURVILLE J, Herman K. Cape wind. HBS case study; October 2003.

GROSS, C. Community perspectives of wind energy in Australia: the application of a justice and community fairness framework to increase social acceptance, *Energy Policy* 35, pp. 2727–2736. 2007.

JACOBSON Mark, MASTERS Gilbert. Exploiting wind vs. coal. *Science*;(August):1438. 2001.

JANNUZZI, G. De M. Uma Avaliação das Atividades Recentes de P&D em Energia Renovável no Brasil e Reflexões para o Futuro. Campinas, SP: Energy Discussion Paper N° 2.64-01/03, 2003.

JOLIVET, E.; HEISKANEN, E. Blowing against the wind — An exploratory application of actor network theory to the analysis of local controversies and participation processes in wind energy. *Energy Policy* Volume 38, Issue 11, Pages 6746-6754. November 2010.

JOSIMOVIĆ, Boško; PUCAR, Mila. The strategic environmental impact assessment of electric wind energy plants: Case study ‘Bavanište’ (Serbia). *Renewable Energy*, Volume 35, Issue 7, Pages 1509-1519 July 2010.

KUBISZEWSKI, I., C. J. CLEVELAND, and P. K. Endres. Meta-Analysis of Net Energy Return for Wind Power Systems. *Renewable Energy*. 35(1): 218-225. 2010.

KUNZ T. H, Arnett E. B, Erickson W. P, Hoar A. R, Johnson G. D, Larkin R. P, et al. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment*;5:315–24. 2007.

KUO, Cheng-Chien. Wind energy dispatch considering environmental and economic factors. *Renewable Energy*. Volume 35, Issue 10, Pages 2217-2227. October 2010.

OUAMMIA, Ahmed; SACILEA, Roberto; ZEJLIC, Driss; MIMETB, Abdelaziz; BENCHRIFAC, Rachid. Sustainability of a wind power plant: Application to different Moroccan sites. *Energy*, Volume 35, Issue 10, Pages 4226-4236 October 2010.

RITTER John. Wind turbines taking toll on birds of prey. *USA Today*. January 4, 2005.

SAIDUR, R.; ISLAM, M.R.; RAHIM, N.A.; SOLANGI, K.H. A review on global wind energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 14, Issue 7, Pages 1744-1762. September 2010.

SNYDER, B, e KAISER, M. J. Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy. *Renewable Energy* 34, p. 1567–1578. 2009.

TEGOU, L.- L.; POLATIDISA, H.; HARALAMBOPOULOSA, D. A. Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. *Journal of Environmental Management*. Volume 91, Issue 11, Pages 2134-2147. November 2010.

TELLERIA, J. L. Wind Energy: The Next Frontier for Ecological Risk Assessment *Hum. Ecol. Risk Assess.* Vol. 15, No. 3, 2009b.

TELLERIA, J. L. Wind power plants and the conservation of birds and bats in Spain: a geographical assessment. *Biodivers Conserv*, 2009a.

TERCIOTE, R. Análise da Eficiência de um Sistema Eólico Isolado. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Dissertação de Mestrado, 2002.

VALENTINE, S. V. A STEP toward understanding wind power development policy barriers in advanced economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 14, Issue 9, Pages 2796-2807. December 2010.

WANG, L.; SINGH, C. Balancing risk and cost in fuzzy economic dispatch including wind power penetration based on particle swarm optimization. *Electric Power Systems Research* Volume 78, Issue 8, Pages 1361-1368 August 2008.

WELCH, J. B e VENKATESWARAN, A. The dual sustainability of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13,p. 1121–1126, 2009.

WOLSINK, M. Wind power and the NIMBY-myth: institutional capacity and the limited significance of public support, *Renewable Energy* 21, pp. 49–64. 2000.

_____. Wind power implementation: the nature of public attitudes: equity and fairness instead of “backyard motives”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 (6) , pp. 1188–1207. 2007.

Referencias usada na seção DSR Petróleo:

ALOTAIBI, Sorour. Energy consumption in Kuwait: Prospects and future approaches. *Energy Policy* 39, 637–643. 2011.

ASIF, M. Sustainable energy options for Pakistan *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 903–909. 2009.

BABADAGLI, Tayfun Development of mature oil fields — a review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Volume 57, Issues 3-4, Pages 221-246. June 2007.

BARBOSA, Silvânia da Cruz; BORGES, Livia de Oliveira; NASCIMENTO, Isabelle Silva do; MELO, Angélica Andrade Ferreira de; SILVA, Alda Karoline Lima da Silva. O trabalho dos operadores de produção de petróleo norte-riograndenses. *rPDT*. Vol 6; N° 2, Julho-Dezembro p.11-134. 2009.

CAMPOS, André Luís de Oliva. RABELO, Thaynara Santana. SANTOS, Rodrigo Oliveira. MELO, Rosana Fialho Lopes Vieira de. Produção Mais Limpa na Indústria de Petróleo: O caso da água produzida no campo de Carmópolis/SE. 23° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. - Campo Grande/MS. 18 a 23 de setembro de 2005.

CEPETRO. Centro de Estudos do Petróleo. O que é o Petróleo. Universidade Estadual de Campinas. 2009. Disponível em http://www.cepetro.unicamp.br/petroleo/index_petroleo.html acesso em maio de 2011.

CHACARTEGUI, R. JIMÉNEZ-ESPADAFOR, F. SÁNCHEZ, D. SÁNCHEZ, T. Analysis of combustion turbine inlet air cooling systems applied to an operating cogeneration power plant. *Energy Conversion and Management* 49, 2130–2141. 2008.

CHAISE, Thomas. Oil prices and the waves of Elliott. *Mining & Energy*. Newsletter. Disponível em <http://www.dani2989.com/index.html> acessado em maio 2011b.

CHAISE, Thomas. Price oil. *Mining & Energy*. Newsletter. Disponível em <http://www.dani2989.com/index.html> acessado em maio 2011a.

COLLEY, D.G., YOUNG, B.R., SVRCEK, W.Y. Upstream oil and gas facility energy efficiency tools. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. Volume 1, Issue 3, Pages 59-67, September 2009.

COSTA, Alexandre B. da. Desenvolvimento Sustentável e Regulação Ambiental no Setor Petróleo: Aspectos da legislação Ambiental no Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de

Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional. Prepared for delivered at the 2000 meeting of the Latin American Studies Association, Hyatt Regency Miami, March 16-18, 2000.

COUTINHO, Iluska. Cobertura do Afundamento da P-36: Uma novela exibida via Jornal Nacional. INTERCOM – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. XXIV Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Campo Grande – MS. 2001.

EMADI, Alireza. SOHRABI, Mehran. JAMIOLAHMADY, Mahmoud. IRELAND, Shaun. ROBERTSON, Graeme. Reducing heavy oil carbon footprint and enhancing production through CO₂ injection. Chemical Engineering Research and Design. 2011.

FERRAÇO JUNIOR, Darcy. FERRAZ, Fernando Toledo. Sistema de Permissão para Trabalho: um Sistema chave de Administração. XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção - Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de nov de 2004.

FREITAS, Carlos Machado de; SOUZA, Carlos Augusto Vaz de; MACHADO, Jorge Mesquita Huet. PORTO, Marcelo Firpo de Souza. Acidentes de trabalho em plataformas de petróleo da Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil. Cad. Saúde Pública [online]. vol.17, n.1, pp. 117-130. ISSN 0102-311X. doi: 10.1590/S0102-311X2001000100012; 2001.

GREENE, David L. HOPSON, Janet L., LI, Jia. Have we run out of oil yet? Oil peaking analysis from an optimist's perspective. Energy Policy. Volume 34, Issue 5, Pages 515-531, March 2006.

HOLMGREN, Kristina. STERNHUFVUD, Catarina. CO₂-emission reduction costs for petroleum refineries in Sweden. Journal of Cleaner Production. Volume 16, Issue 3, Pages 385-394. February 2008.

KHORSHIDI, Z. SOLTANIEH, M. SABOOHI, Y. ARABA, M. Economic Feasibility of CO₂ Capture from Oxy-fuel Power Plants Considering Enhanced Oil Recovery Revenues. Energy Procedia 4, 1886–1892. 2011.

KIANI, Behdad. POURFAKHRAEI, Mohammad Ali. A system dynamic model for production and consumption policy in Iran oil and gas sector. Energy Policy 38, 7764–7774. 2010.

KJÄRSTAD, Jan. JOHNSON, Filip. Resources and future supply of oil. Energy Policy. Volume 37, Issue 2, Pages 441-464, February 2009.

LEUNG, Guy C.K. China's oil use, 1990–2008. Energy Policy 38, 932–944. 2010.

LINS, L.S. MAGRINI, A. A integração entre planejamento estratégico e gestão ambiental no segmento de petróleo e gás. In: Szklo, A.S.; magrini, A.. (Org.). Geopolítica e Gestão Ambiental do Petróleo. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, p. 353-371. 2008.

LIOR, Noam. Energy resources and use: The present situation and possible paths to the future. *Energy* 33, 842–857. 2008.

MAZANDARANI, A. MAHLIA, T.M.I. CHONGA, W.T. MOGHAVVEMI, M. Fuel consumption and emission prediction by Iranian power plants until 2025. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 1575–1592. 2011.

MIURA, Kazuo. MOROOKA, Celso K. MENDES, José Ricardo P. GUILHERME, Ivan R. Characterization of operational safety in offshore oil wells. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Volume 51, Issues 1-2, 16, Pages 111-126. April 2006.

MORROW, W. Ross. GALLAGHER, Kelly Sims. COLLANTES, Gustavo. LEE, Henry. Analysis of policies to reduce oil consumption and greenhouse-gas emissions from the US transportation sector. *Energy Policy*. Volume 38, Issue 3, Pages 1305-1320. March 2010.

NAKAWIRO,Thanawat. BHATTACHARYYA, Subhes C. LIMMEECHOKCHA, Bundit. Electricity capacity expansion in Thailand: An analysis of gas dependence and fuel import reliance. *Energy* 33, 712–723. 2008.

OLIVEIRA JUNIOR, S. VAN HOMBEECK, H. Exergy Analysis of Petroleum Separation Processes in Offshore Platforms. *Energy Conversion Management*. N^o: 15-17, pp. 1577-1584. 1997.

ONG, H.C. MAHLIA, T.M.I. MASJUKI, H.H. A review on energy scenario and sustainable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 639–647. 2011.

OWEN Nick A. INDERWILDI, Oliver R. KING, David A. The status of conventional world oil reserves—Hype or cause for concern? *Energy Policy*. Volume 38, Issue 8, Pages 4743-4749, August 2010.

REZENDE, C.E. LACERDA, L.D. OVALLE, A.R.C. SOUZA, C. M. M. The effect of an oil drilling operation on the trace metal concentrations in offshore bottom sediments of the Campos Basin oil field, SE Brazil *Marine Pollution Bulletin*. Volume 44, Issue 7, Pages 680-684, July 2002.

RODRIGUEIRO, Daniela A.; SOUZA, Luiz Gustavo Alves de. Do caos a consciência ecológica: breves reflexões sobre degradação e preservação ambiental. *RIPE – Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos*, Bauru, v. 41, n. 48, p. 337-350, jul./dez. 2007.

SILVA, Priscila Reis da. Transporte Marítimo de Petróleo e Derivados na Costa Brasileira: Estrutura e implicações ambientais. TESE Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. Abril 2004.

SZKLO, A. S. MACHADO, Giovani ; SCHAEFFER, Roberto. A Produção Futura de Petróleo no Brasil Estimativas Baseadas no Modelo de Hubbert. In: Alexandre Szklo; Alessandra Magrini. (Org.). Textos de Discussão em Geopolítica e Gestão Ambiental de Petróleo. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciências, v. 1, p. 35-48. 2008.

SZKLO, Alexandre S. CASTELO BRANCO, David A. GOMES, Gabriel L. Desafios e Oportunidades Tecnológicas para o Refino de Petróleo: O caso de uma refinaria no Brasil. 4º PDPETRO, Campinas, SP 4.2.0157-1 – 1. 21-24 de Outubro de 2007.

SZKLO, Alexandre, MACHADO, Giovani, SCHAEFFER, Roberto, MAGRINI, Alessandra, MARIANO, Jacqueline, SALA, Janaína e TAVARES, Marina Perspectivas de Expansão do Parque de Refino Brasileiro Até 2015. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. 2005.

TAVARES, Marina Elisabete Espinho. SKLO, Alexandre Salem. MACHADO, Vitoria Giovani Machado. SCHAEFFER Roberto. BARBOZA Jacqueline Mariano. Oil refining expansion criteria for Brazil Energy policy. ISSN 0301-4215. Vol. 34, no17, pp. 3027-3040. 2006.

USGS. U.S. Geological Survey World Energy Assessment Team — Description and results: U.S. Geological Survey Digital Data Series DDS-60, 4 CD-ROM. Disponível em <http://geology.cr.usgs.gov/energy/WorldEnergy/DDS-60/>. 2000.

Referencias usada na seção DSR Etanol:

BASTOS, V. D. Etanol, Alcoolquímica e Biorrefinarias. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.25, p.5-38, mar. 2007.

BERNDES, G., BIRD, N., COWLE, A. Bioenergy, Land Use Change and Climate Change Mitigation. IEA Bioenergy. 2010.

BNDES. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável / organização BNDES e CGEE. – Rio de Janeiro:,. 316 p. ISBN: 978-85-87545-24-4 1. Bioenergia. 2. Biocombustível. 3. Bioetanol. 4. Cana-de-açúcar. I. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. II. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2008.

BORRERO, M, “An environmental management method for sugar cane alcohol production in Brazil.” Biomass and Bioenergy 25, n.3 Sep/2003, 287-299 <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0961953403000321> acesso março 11, 2011.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, v2.: il. 2010.

C. DE FRAITURE et al. / Water Policy 10 Supplement 1 67–81. 2008.

CARDONA, C. A. SÁNCHEZ, O. J. Fuel ethanol production: process design trends and integration opportunities. Bioresource technology. Vol. 98, issue.12. doi 10.1016/j.biortech.2007.01.002. 2007.

COMPEÁN, ROBERTO GUERRERO, AND KAREN R. POLENSKE, “Antagonistic bioenergies: Technological divergence of the ethanol industry in Brazil.” Energy Policy, no. (December 2010) <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421510008414> (accessed March 11, 201) 2004.

CONTRERAS, ANA M., ELENA ROSA, MAYLIER PÉREZ, HERMAN VAN LANGENHOVE, AND JO DEWULF. “Comparative Life Cycle Assessment of four alternatives for using by-products of cane sugar production.” Journal of Cleaner Production. 17:772-779 Production. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652608003004>. 2009.

COSTA, MÁRCIO MACEDO DA. Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço [Rio de Janeiro] 2002. XIV, 257 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Planejamento Energético, 2002) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2002.

DE LUCENA, A., SZKLO, A., SCHAEFFER, R., DESOUZA, R., BORBA, B., DACOSTA, I., JUNIOR, A., DA CUNHA, S. The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil. *Energy Policy*. Vol.37. 2008.

DIAS, D. O. M. E., VAUGHAN, B.E., JR RYKIEL, E. J., Ethanol as Fuel: Energy, Carbon Dioxide Balances, and Ecological Footprint. *Bioscience*, vol.55. Issue: 7. Jul 2005.

DOUCET, G. Energia e Alterações Climáticas “sumário executivo.” World Energy Concil. 2007.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2010: Ano base 2009 /. – Rio de Janeiro : EPE, 276 p.180. 2010.

FAURE, JEAN-MARC. “Increased Biofuel Production In The Coming Decade: to What Extent Will It Affect Global Freshwater Resources ?” *Production* 160:148-160. 2009.

GALLARDO, A. L. C. F. BOND, A. Capturing the implications of land use change in Brazil through environmental assessment: Time for a strategic approach? *Environ Impact Asses Rev* (2010), doi:10.1016/j.eiar.2010.06.002. 2010.

GOLDEMBERG, J. COELHO, S. T. GUARDABASI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Energy Policy*. 36, 2008.

GOLDEMBERG, J. COELHO, S. T., NASTARI, P. M.; LUCON, O. “Ethanol learning curve—the Brazilian experience.” *Biomass and Bioenergy* 26:301-304. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0961953403001259> 2004. (Acesso Fevereiro, 2011).

GOLDEMBERG, J; Lucon, O. Energy and environment in Brazil. *Biomass*. Vol.21, Issue.59, pages: 7-20. 2007.

GOLDEMBERG, JOSÉ. Ethanol for a sustainable energy future. *Science* (New York, N.Y.) 2007. Vol.315. pages 808-10

_____. Pesquisa e Desenvolvimento na área de energia. São Paulo em Perspectiva – 2000.

IBGE. Lavoura temporária 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pb&tema=lavouratemporaria2009>. 2009. acesso em abril de 2011.

JUNJINGER, M. VAN DEN WALL BAKE, J.D. FAAIJ, A. POOT, T. WALTER, A. Explaining the experience curve: Cost reductions of Brazilian ethanol from sugarcane. *biomass and bioenergy* 33 644 – 658 . 2009.

KHATIWADA,D.,SILVEIRA, S. Net energy balance of molasses based ethanol: The case of Nepal. *Renewable and sustainable energy reviews*. Vol. 13. 2009.

LANGOWSKI, E. Queima da cana – uma prática usada e abusada. 2007. Disponível em: <<http://www.apromac.org.br/QUEIMA%20DA%20CANA.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2008.

LUO, L. VAN DER VOET, E. HUPPES, G. Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugarcane in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 13,. Issue, 6-7. Pags:1613-1619 2009.

LUO, L. VOET, E. HUPPES, G. UDO DE HAES, H. A. Allocation issues in LCA methodology: a case study of corn stover-based fuel ethanol. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 14. Issue, 6. Pages: 529-539 2009.

MACEDO, I. C. The current situation and prospects for ethanol. *Estudos Avançados* 21 (59). 2007.

MACEDO, I.C., Sugarcane's Energy: Twelve Studies on Brazilian Sugarcane Agribusiness and its Sustainability. *União da Agroindústria Canavieira de São Paulo*, p. 195. 2005.

MASIERO, G.,LOPES, H. Etanol e Biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia. *Ver. Bras. Polít. Int.* 51 (2): 60-79. 2008.

Matriz Energética Nacional 2030. MME. 2007.

MENICHETTI, E. OTTO, M. Energy Balance & Greenhouse Gas Emissions of Biofuels from a Life Cycle Perspective. *Environment* – 2009.

MORAES, M. A. F. D., Indicadores do Mercado de Trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período de 1992-2005. *Est. Econ.,São Paulo*, V.37, N.4, p.875-902 , 2007.

MORET, A. S. SGANDERLA, G. C. S. GUERRA, S. M. G. MARTA, J. M. C. Análise da Sustentabilidade do Biodiesel com uso da Análise de Custos Completos. *Espaço Energia* – Número 11. Outubro 2009.

NGUYEN, Thu Lan T. HERMANSEN, John E. SAGISAKA, Masayuki. Fossil energy savings potential of sugar cane bio-energy systems. *Applied Energy*, doi:10.1016/j.apenergy.2009.05.027. 2009.

NOTA TÉCNICA. O PAC o setor de hidrocarbonetos e a matriz energética Brasileira. Número 43. 2007.

NOVAES, J. R. P., “Campeões de produtividade: dores e febres nos canaviais paulistas.” *Estudos Avançados* 21, no. 59 (April 2007): 167-177
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0142007000100013&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. 2007.

PAPONG, SEKSAN, AND POMTHONG MALAKUL. 2010. “Life-cycle energy and environmental analysis of bioethanol production from cassava in Thailand.” *Bioresource technology* 101 Suppl :S112-8.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19766487> (Acesso fev 2011).

PELLEGRINI LF, de Oliveira Junior S, Combined production of sugar, ethanol and electricity:thermoeconomic and environmental..., *Energy* (2010),doi:10.1016/j.energy.08.011. 2010.

PLANO DECENAL DE EXPANÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA 2006-2015.

QUINTERO, J.A. MONTOYA, M.I. SÁNCHEZ, O.J. GIRALDO, O.H. CARDONA, C.A. Fuel ethanol production from sugarcane and corn: Comparative analysis for a Colombian case.*Energy*. vol.33, Issue – 3. pages:385-399 2008.

Reprinted from Sugarcane ethanol, Contributions to climate change mitigation and the environment, edited by Peter Zuurbier and Jos van de Vooren, Chapter 2, pp. 29–62, Wageningen Academic Publishers, ISBN 978-90-8686- 090-6. 2009.

RODRIGUES, D. ORTIZ L. Sustainability of ethanol form Brazil: in the context of demanded biofuels imports by The Netherlands;. Available at http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/Etanol_Sustentabilidade.pdf. . 2006.

RODRIGUES, Délcio; Ortiz, Lucia. Em direção à sustentabilidade da produção de etanol de cana de açúcar no Brasil. 2006.

SILALERTRUKSA, T. G., SHABBIR, H. Environmental sustainability assessment of bio-ethanol production in Thailand. *Energy*. vol.34.Issue, 11. 2009.

SILALERTRUKSA, Thapat. GHEEWALA, Shabbir H. Security of feedstocks supply for future bio-ethanol production in Thailand.*Energy Policy*. doi:10.1016/j.enpol.2010.08.034. 2010.

SILVEIRA, S. KATIWADA, D. Ethanol production and fuel substitution in Nepal —Opportunity to promote sustainable development and climate change mitigation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14, 1644 – 1652. 2010.

SLATER, Rachel. “Biofuels , Agriculture and Poverty Reduction.” *Soil and Water*. 2007.

SMEETS, E. JUNGINGER, M. FAAJI, A. WALTER, A. C, DOLZAN P. Sustainability of Brazilian bioethanol. Report NWS-E-2006-110. Brazil: Universiteit Utrecht Copernicus Institute, Department of Science, Technology and Society and University of Campinas; Available at <http://www.bioenergytrade.org/downloads/sustainabilityofbrazilianbioethanol.pdf>. 2006.

SMEETS, E., JUNGINGER, M., FAAIJ, A., WALTER, A., DOLZAN, P., TURKENBURG, W. The sustainability of Brazilian ethanol—An assessment of the possibilities of certified production. *Biomass and Bioenergy* –Vol.32. issue.8. pages .781-813 2008.

SOUZA Eduardo L. Leão de e MACEDO Isaias de Carvalho. Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética -- São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010.

SPAROVEKT, G. BERNDES, G. EGESKOC, A. FREITAS, F. L. M. GUSTAFSSON, S. HANSSON, J. Sugarcane ethanol production in brazil: na expansion model sensitive to socioeconomic and environmental concerns. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*. 1: 270–282 2007.

TAN, K. T. ã, KEAT T. L. MOHAMED, A. R. Role of energy policy in renewable energy accomplishment: The case of second-generation bioethanol. Vol. 36. *Environment* – 2008.

TOLMASQUIM, M. T., GUERREIRO, A., GORINI, R. Matriz energética Brasileira – Uma prospectiva. *Novos estudos*, p. 79. 2007.

Unica – Relatório de Sustentabilidade 2008. Disponível em www.unica.com.br/download.asp?mmdCode=28BEB5F1-2D21: acessado em fev 2008

VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. Ed. Atlas: São Paulo. 7ª ed.2006.

VICHI, F. M., MANSOR, M. T. C., *Energia, Meio Ambiente e Economia: o Brasil no contexto mundial*. *Quim.Nova*, Vol. 32, No. 03, 757-767, 2009.

VINTERBÄCK, JOHAN. “Global Potential of Sustainable Biomass for Energy Svetlana Ladanai.” *Technology*. 2009.

VIVIAN, C.E.F. PAVANI, A.A. HANASHIRO, M.M. OLIVEIRA, R.M.S. SOUZA, M.I.F. MARIN, F.R. Análise Da Expansão Da Agroindústria Canavieira No Centro-Sul Do Brasil. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.24, n.1/3, p. 11-38, jan/dez.2007.

WALTER, A. ENSINAS, A. V. Combined production of second-generation biofuels and electricity from sugarcane residues. Vol. 35. Issue 2. Energy – 2010.

WALTER, Arnaldo. DOLZAN, Paulo. QUILODRÁN, Oscar. OLIVEIRA, Janaina G. SILVA, Cinthia. PIACENTE, Fabricio. SEGERSTEDT, Anna. Sustainability assessment of bio-ethanol production in Brazil considering land use change, GHG emissions and socio-economic aspects. Energy Policy, doi:10.1016/j.enpol.2010.07.043. 2010.

WYMAN, O. Assessment of country energy and climate policy. WORLD ENERGY CONCIL.2010.

Referencias usada na seção DSR Biodiesel:

AHMAD, A.L.; MAT YASIN, N.H.; DEREK, C.J.C.; LIM, J.K. Microalgae as a sustainable energy source for biodiesel production: A review. School of Chemical Engineering, Engineering Campus, Universiti Sains Malaysia, Seri Ampangan, 14300 Nibong Tebal, Seberang Perai Selatan, Pulau Pinang, Malaysia, 2010.

ALIMENTAÇÃO. Organização das Nações Unidas para a agricultura e. Índice de la FAO para los precios de los alimentos. Disponível em: < <http://www.fao.org/worldfoodsituation/FoodPricesIndex/es/>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2011.

ATADASHI.I.M.; AROUA. M.K.; AZIZ. A. A. Biodiesel separation and purification: A review. Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, University Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia, 2010.

BIOTECH. Conselho de Informação sobre Biotecnologia. Biotecnologia pode contribuir para a recuperação de áreas poluídas. ano 2. n.o 4 junho 2004. Disponível em: < <http://www.cib.org.br/pdf/biotech08.pdf>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2007/pamclo2007.pdf>. > Acesso em: 28 de janeiro de 2011. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Estatística. Brasil: Importação de fertilizantes. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/vegetal/estatisticas> >. Acesso em: 28 de janeiro de 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário Estatístico da Agroenergia. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estat%C3%ADsticas/anuario_cana.pdf>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2011.

DEMIRBAS. A. Importance of biodiesel as transportation fuel. Sila Science, P. K. 216, TR-61035 Trabzon, Turkey, 2007.

-----A., DEMIRBAS.M. F. Importance of algae oil as a source of biodiesel. Sirnak University, Dean of Engineering Faculty, Sirnak, Turkey, 2010.

ENWEREMADU.C.C.;RUTTO.H.L. Combustion, emission and engine performance characteristics of used cooking oil biodiesel - A review. Department of Mechanical Engineering, Vaal University of Technology, Private Bag X021, Vanderbijl park 1900, South Africa, 2010.

GARCEZ, Catherine Aliana Gucciardi; VIANNA, João Nildo de Souza. Brazilian Biodiesel Policy: Social and environmental considerations of sustainability. Centre for Sustainable Development, University of Brasilia, Campus Universitário Darcy Ribeiro-Bloco C-Av.L3 Norte, AsaNorte, Brasília-DF, Brazil, 2008.

GOMES, A. S. NASA mapeia poluição do ar do planeta. Disponível em: <<http://updateordie.com/blog/2010/09/24/nasa-mapeia-poluicao-do-ar-do-planeta/>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2011.

GONÇALVES, Maria Beatriz Ribeiro de O. FERREIRA, Afonso Henriques Borges. Sustentabilidade ambiental: objetivo 7: garantir a sustentabilidade ambiental / [organização] UnB, PUC Minas /IDHS, PNUD. – Belo Horizonte: PUC Minas/IDHS, 308p. – (Coleção de estudos temáticos sobre os objetivos de desenvolvimento do milênio da rede de laboratórios acadêmicos para acompanhamento dos objetivos de desenvolvimento do milênio). 2004.

HU, Zhiyuan; TAN, Piqiang; YAN, Xiaoyu; LOU, Diming. Life cycle energy, environment and economic assessment of soybean-based biodiesel as an alternative automotive fuel in China. Shanghai, China, 2007.

HUANG, Yun-Hsun.; WU, Jung-Hua. Analysis of biodiesel promotion in Taiwan. ScienceDirect. Elsevier. Disponível em:< www.elsevier.com/locate/rser>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2011.

International Energy Agency. World Energy Statistics 2010. Disponível em:<http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1109>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2011.

JANULIS, P. Reduction of energy consumption in biodiesel fuel life cycle. Laboratory of

Agrotechnological Research, Institute of Environment, Lithuanian University of Agriculture, LT-4324 Akademija, Kaunas r., Lithuania, 2003.

JAYED.M.H.;MASJUKI.H.H.;SAIDUR.R.;KALAM.M.A.;JAHIRUL. M.I. Environmental aspects and challenges of oilseed produced biodiesel in Southeast Asia. Department of Mechanical Engineering, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia, 2009.

KAMAHARA. H.; HASANUDIN. U., et al. Improvement potential for net energy balance of biodiesel derived from palm oil: A case study from Indonesian practice. Institute of Science for Safety and Sustainability, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, Ibaraki 305-8569, Japan, 2010.

KISS, Ferenc E.; JOVANOVIC, Milenko; BOSKOVIC Goran C. Economic and ecological aspects of biodiesel production over homogeneous and heterogeneous catalysts. Novi Sad, Serbia, 2009.

KINPARA.D; I. ROCHA. M, G. Biodiesel e segurança alimentar. Agronegócio. Disponível em:<<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=23719>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2011.

MACHADO, G. E. R. ; OLIVEIRA, L. ; LOPES, J. S.; MOREIRA, Ricardo da Silva . A perspectiva do biodiesel a partir do cultivo da mamona no Brasil. In: ENEGEP, Fortaleza, 2006.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development Environment Directorate. Key environmental indicators. Paris, France; 2001. Disponível em <http://www.oecd.org/dataoecd/7/47/24993546.pdf> acesso em 10/09/2010.

PHAKORNKULE, Chantaraporn.; PETIRUKSAKUL, Anurak.; PUTHAVITHI, Wirote. Biodiesel production in a small community: Case study in Thailand. Thailand, 2008.

POUSA, Gabriella P.A.G.; SANTOS, André L.F.; SUAREZ, Paulo A.Z. History and policy of biodiesel in Brazil. Laboratório de Materiais e Combustíveis, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brazil, 2007.

QI.D.H.; CHEN.H.; MATTHEWS.R.D.; BIAN.Y.Zh. Combustion and emission characteristics of ethanol–biodiesel–water micro-emulsions used in a direct injection compression ignition engine. Department of Mechanical Engineering, University of Texas at Austin, Austin, TX 78712, USA, 2009.

SHARMA, Y.C.; SHINGH, B. Development of biodiesel: Current scenario. Department of Applied Chemistry, Institute of Technology, Banaras Hindu University, Varanasi 221005, India, 2008.

----- JAIN.S. Thermal stability of biodiesel and its blends: A review. Biofuel Research Laboratory, Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, Uttarakhand 247667, India, 2010.

SZULCZYK, Kenneth R.; MCCARL, Bruce A. Market penetration of biodiesel. United States, 2010.

TSAI, Wen-Tien T.; LIN, Chih-Chung; YEH, Ching-Wei. An analysis of biodiesel fuel from waste edible oil in Taiwan. Department of Environmental Engineering and Science, Chia nan University of Pharmacy and Science, Tainan 717, Taiwan, 2005.

OIL WORLD. Oil World Annual 2003. Disponível em: <<http://www.oilworld.biz/app.php?fid=1060&fpar=0&isSSL=0&aps=0&blub=65707b39e9020b063148896592bf6f2e>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2011.

TICA.S.; FILIPOVIC. S.A.; ZIVANOVIC. P.; MILOVANOVIC.B. Test run of biodiesel in public transport system in Belgrade. University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, 11000 Belgrade, Serbia, 2010.

USA. NASA. New Map Offers a Global View of Health-Sapping Air Pollution. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/topics/earth/features/health-sapping.html>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2011.

WARDLE.D.A. Global sale of green air travel supported using Biodiesel. Department of Physics, University of Auckland, Private Bag 92019, Auckland, New Zealand. Tel.: 64-9-373-7599. Fax: 64-9-373-7445. Disponível em: <<http://www.phy.auckland.ac.nz/staff/daw/>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2011.