



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA

ADRIANA RIPKA DE ALMEIDA

INDICADORES ENERGÉTICOS: instrumentos de apoio
ao desenvolvimento sustentável

DISSERTAÇÃO

CURITIBA
2016

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA**

ADRIANA RIPKA DE ALMEIDA

**INDICADORES ENERGÉTICOS: instrumentos de apoio ao desenvolvimento
sustentável**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA
2016

ADRIANA RIPKA DE ALMEIDA

INDICADORES ENERGÉTICOS: instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia – Área de Concentração: Tecnologia e Sociedade. Linha de Pesquisa: Tecnologia e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Christian Luiz da Silva
Co-orientador: Prof. Dr. Alain Hernández Santoyo

CURITIBA
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

A447i
2016 Almeida, Adriana Ripka de
Indicadores energéticos : instrumentos de apoio ao
desenvolvimento sustentável / Adriana Ripka de Almeida.-- 2016.
131 f.: il.; 30 cm

Texto em português com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Curitiba,
2016.
Bibliografia : f. 126-131.

1. Energia - Indicadores. 2. Desenvolvimento sustentável. 3.
Energia - Fontes alternativas. 4. Recursos energéticos -
Aspectos ambientais. 5. Política energética. 6. Processo
Decisório. 7. Pesquisa bibliográfica. 8. Tecnologia -
Dissertações. I. Silva, Christian Luiz da, orient. II. Santoyo,
Alain Hernández, coorient. III. Universidade Tecnológica
Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia. IV.
Título.

CDD: Ed. 22 -- 600

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação Nº 447

Indicadores Energéticos: instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável

por

Adriana Ripka de Almeida

Esta dissertação foi apresentada às 15h30 do dia 11 de fevereiro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA, Área de Concentração – Tecnologia e Sociedade, Linha de Pesquisa – , Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ APROVADO _____ (aprovado, aprovado com restrições, ou reprovado).

Prof. Dr. Décio Estevão do Nascimento
(UTFPR)

Prof. Dr. Marcelo Limont
(UP)

Prof. Dr. Ricardo Lobato Torres
(UTFPR)

Prof. Dr. Christian Luiz da Silva
(UTFPR)
Orientador

Visto da coordenação:

Prof^a. Dr^a. Faimara do Rocio Strauhs
Coordenadora do PPGTE

O documento original encontra-se arquivado na Secretaria do PPGTE



Ao meu marido Felipe Almeida e à minha mãe Jandira.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram, das mais diversas formas, para que eu concluísse esta pesquisa. Nem todas conseguirei nominar nestes agradecimentos, mas quero que saibam que reconheço a sua contribuição, desde o apoio nos momentos de exaustão até a compreensão diante das minhas faltas aos compromissos sociais.

A minha mãe Jandira, que apesar de não ter tido acesso ao estudo formal, sempre me incentivou a seguir com meus estudos, mesmo nos momentos mais restritivos, me dando apoio e inspiração.

Ao meu marido, companheiro e amigo Felipe Almeida, sem o qual, o caminho que percorri poderia ter se tornado penoso, ou até mesmo, eu poderia não ter chegado tão longe. Foi quem sempre me apoiou nas decisões mais difíceis e nos momentos em que estive mais frágil. Acreditou no meu potencial e compreendeu todos os finais de semana e feriados dedicados à pesquisa.

Ao meu orientador Christian que apostou na minha seleção para o mestrado, agora para o doutorado, e que ao longo destes anos tem me guiado e me auxiliado a crescer como pesquisadora. Além de ter me colocado em contato com o meu co-orientador Alain, a quem agradeço pela amizade e contribuição, principalmente, com os meus primeiros passos no tema desta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa que recebi durante o meu mestrado e pelo financiamento do MES/Cuba, Edital 046/2013, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do Edital Universal, 2014.

A toda a minha família, na forma mais abrangente da palavra, avô e avós, primos e primas, tios e tias, sogros e sogras, cunhado e concunhado, agradeço pela compreensão diante das minhas ausências nas comemorações e por todas as formas de incentivos que me deram ao longo desta trajetória. Alguns nomes devem ser citados aqui, por terem comemorado muito a cada progresso que tive durante o mestrado como: Valéria Alves, Claudia M. Almeida, Alexandre Alves, Nilciene, José Carlos de Almeida, Valéria Sanches, Caroline A Simões e Bernardo Simões.

À Michelle R Cardoso e ao Alisson Martins que acompanharam muitos dos meus tropeços e acertos na área acadêmica.

Aos amigos e amigas presentes desde antes do mestrado que, seja pessoalmente, seja por mensagens, sempre me trouxeram bons sentimentos para continuar minha trajetória. Dentre eles a Fernanda Yonamini, Fabiele Angeli, Angelita Bazotti, Caroll Zac, Tatiana Lima, Leonardo Grisotto, Eduardo Angeli, Ana Monteiro Costa, Wellington Pereira, Gustavo Aggio, Fabiany Brehm, Daniel Brehm, Evanio Felipe, Marco Tulio França, Dayane R de Pauli, Rafael de Pauli, Eliz Macedo, Ricardo Lobato Torres, Ariane Côrtes (principalmente, por ter me apresentado o PPGTE), Rodrigo Silvestre, Gabrielle A Cury, Adriana Paola, Adriano Renzi e Aline Renzi.

Aos amigos, amigas e colegas que o PPGTE me proporcionou, que com certeza não conseguirei citar o nome de todos aqui, mas que desde uma conversa durante o almoço a uma troca de ideias no corredor, ou na sala C-303, acabaram contribuindo de alguma forma com esta pesquisa. Dentre eles estão a Flávia Fachini, Gabriel M. Fugii, Flávia F. Gomes, Denise Rauber, Nabylla Fiori, Rejane Cioli, Andrea Souza, Manuela Dreyer, Janaina Buiar, Lalo Aquino, Mariana Prohmann, Mayara Yamanoe, Nadia Bassi, Rafael Kumoto, Fernanda Bornancin, Ana Lidia Walter, Elaine Andrade, Camille Bolson e Sandra Andreia, mas ainda há muito outros que não consegui nominar aqui.

Ao Rodrigo Müller e ao Jean Sauka pela grande amizade e parceria nas diversas disciplinas que cursamos juntos, além dos eventos que participamos. Com um destaque especial à paciência disposição do Rodrigo Müller em me auxiliar a revisar trechos desta pesquisa.

Aos professores Marcelo Limont, Décio Estevão do Nascimento e Ricardo Lobato Torres por avaliarem esta pesquisa e contribuírem com seus conhecimentos, trazendo novos pontos de vista a este trabalho.

Aos professores, servidores e estagiários do PPGTE, que acompanharam a minha rotina na UTFPR. Com destaque para a Bruna Bulla e a Karen Ueki, pela amizade e carinho, e à professora Faimara do Rocio Strauhs, por estar sempre presente e tentar extrair o meu melhor, como aluna e como ser humano.

[...] qualquer máquina quebrada sempre me deixa meio triste, porque ela não pode cumprir seu destino. [...] Vai ver que com pessoas é a mesma coisa. Se você perder a sua motivação... é como se estivesse quebrado. (SELZNICK, Brian, 2007).

RESUMO

ALMEIDA, Adriana Ripka de. **Indicadores energéticos**: instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

Os indicadores energéticos são instrumentos de apoio a processos decisórios, sobre energia, e com a crescente discussão sobre desenvolvimento sustentável estes instrumentos passaram a incorporar informações socioambientais, além dos tradicionais fatores econômicos. Sendo assim, na busca pelo desenvolvimento sustentável, torna-se relevante conhecer quais são as contribuições e limitações destes instrumentos. Com este fim, o objetivo geral é analisar as contribuições e limitações dos indicadores energéticos como instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável. Esta pesquisa é classificada como descritiva, utilizando levantamento bibliográfico e documental. Como resultado da análise documental foram selecionados 55 indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (*Energy Indicator for Sustainable Development – EISD*), sendo estes identificados a partir das instituições International Atomic Energy Agency (IAEA), Helio International e World Energy Council (WEC), dentre 19 instituições ligadas à pesquisa sobre energia identificadas na pesquisa. Durante a análise, percebeu-se que a maioria dos indicadores selecionados, 19 EISDs (34,54%), se concentra na dimensão econômica, seguidos de 10 EISDs (18,18%) na dimensão ambiental, 9 EISDs (16,36%) na dimensão social, 7 EISDs (12,45%) são classificados em resiliência, 4 EISDs (7,27%) em governança, 3 EISDs (5,45%) em vulnerabilidade e 3 EISDs (5,45%) em política. Apesar da inclusão de indicadores ligados a outras dimensões, além da econômica, a qualidade da informação gerada pelos indicadores surge como uma limitação destes, pois, identificou-se que, em casos recorrentes, as informações geradas pelos EISDs podem ser interpretadas tanto de forma a favorecer o desenvolvimento sustentável quanto a levar a ações opostas a este objetivo. Ainda, foram identificados EISDs cujos componentes não foram especificados, o que pode possibilitar a geração de informações afastadas do cenário real, caso sejam utilizados componentes que não possuem relação com o EISD, ou mesmo a não utilização de componentes relevantes. Ainda assim, apesar das limitações, a existência de conjuntos de EISDs para auxiliar os tomadores de decisão é um fato que contribui na busca por desenvolvimento sustentável, e que deve ser aprimorado, pois a disponibilidade de informações envolvendo questões socioambientais, como emissão de poluentes atmosféricos, de solo e de água, resultantes de fontes energética, possibilita identificar quais fontes são mais, ou menos, prejudiciais ao desenvolvimento sustentável. Contudo, a dificuldade na coleta de dados, na identificação dos componentes para o cálculo de cada indicador e mesmo na interpretação deste, como destacado, pode não só deixar de contribuir com o desenvolvimento sustentável, como pode protelar a tomada de decisões corretivas ou preventivas.

Palavras-chave: Energia. Indicadores energéticos. Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

ALMEIDA, Adriana Ripka de. **Energy indicators: tools to support sustainable development**. 2016. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

Energy indicators are tools to support decision-making on energy. The growing debate on sustainable development, contributed to the energy indicators began to incorporate, besides the traditional economic, social and environmental information. Therefore, taking sustainable development into account, it is important to know contributions and limitations of these tools. The overall goal of this study is to analyze the contributions and limitations of the energy indicators as assets to support sustainable development. This study can be classified as descriptive because it relies on bibliographical and documental material. As a result of documental analysis, 55 energy indicators for sustainable development (EISDs) were selected. The selection took place by identification of those indicators through the institutions International Atomic Energy Agency (IAEA), Helio International and World Energy Council (WEC), among 19 institutions involved in research on energy identified in the survey. The study stresses that most of the selected indicators focuses on the economic dimension, 19 EISDs (34.54%), followed by 10 EISDs (18.18%) focused on the environmental dimension, 9 EISDs (16.36%) focused on the social issues, 7 EISDs (12.45%) are classified as resilience, 4 EISDs (7.27%) is about governance, 3 EISDs (5.45%) focused on vulnerability and 3 EISDs (5.45%) is about policy. Despite the inclusion of indicators associated with other dimensions than economy, information provided by those indicators emerges as their own limitation. Because, recently, indicators' information were used to promote sustainable development as well as the opposite. Additionally, the study identified EISDs whose components were not specified. They may enable generation of information far from the real scenario, if components dissociated EISD would be taking into consideration or even the non-consideration of relevant components. Despite limitations, EISDs assisting decision-makers contributes to the pursuit of sustainable development. But they may be improved through information about environmental issues, such as emission of atmospheric pollutants, soil and water, resulting from energy sources, helps identifying which sources are more or less harmful for sustainable development. However, difficulty in collecting data, identifying the components for calculation of each indicator and even interpretation of this, as analyzed, may not only fail to contribute to sustainable development, as can delay taking corrective or preventive decisions.

Keywords: Energy. Energy indicators. Sustainable development.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Avanço internacional na construção de Indicadores Energéticos para o Desenvolvimento Sustentável	47
Quadro 2 – Quadro comparativo de indicadores energéticos	66
Quadro 3 – Benefícios e impactos das fontes energéticas.....	72
Quadro 4 – Principais referências pesquisadas sobre desenvolvimento sustentável, indicadores e energia	76
Quadro 5 – Categorização do conteúdo pesquisado	78
Quadro 6 – Instituições selecionadas, ligadas à pesquisa sobre energia	80
Quadro 7 – Indicadores sem correspondência com os EISDs divulgados pela IAEA.....	84
Quadro 8 – Critérios gerais para o desenvolvimento sustentável	87
Quadro 9 – Indicadores selecionados e seus componentes	92
Quadro 10 – Classificação dos EISD divulgados pela IAEA	98
Quadro 11 – Contribuições e limitações do EISDs.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equivalência entre combustíveis para a mesma quantidade de energia..	52
Figura 2 – Processo de definição de categorias.....	78
Figura 3 – Procedimentos para a identificação das instituições ligadas à pesquisa sobre energia e conjuntos de EISDs	82
Figura 4 – Quantidades de EISDs distribuídos em conjuntos e quantidade de EISDs sem correspondência com os EISDs da IAEA	83
Figura 5 – Estrutura desenvolvida no Capítulo 4 e questões respondidas na análise	88

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Turbina modelo Pelton	54
Fotografia 2 – Turbinas eólicas de eixo horizontal	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Proporção das instituições que utilizam o conjunto de EISDs, divulgados pela IAEA, e instituições que possuem conjuntos de EISDs próprios	100
Gráfico 2 – Distribuição dos indicadores energéticos da IAEA nas dimensões econômica (ECO), ambiental (AMB) e social (SOC)	101
Gráfico 3 – Distribuição dos indicadores energéticos nas dimensões apresentadas pela IAEA, HELIO e WEC	102

LISTA DE SIGLAS

CDS	Critérios para o desenvolvimento sustentável
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CSD-9	The ninth session of Commission on Sustainable Development
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
EEA	European Environment Agency
EISD	Energy Indicator for Sustainable Development
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GN	Gás Natural
IAEA	International Atomic Energy Agency
IDS	Indicador de Desenvolvimento Sustentável
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MME	Ministério de Minas e Energia
PCHs	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PPGTE	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
TVA	Tennessee Valley Authority
UNFPA	United Nations Population Fund
UPR	Universidad Pinar del Río
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE UNIDADES E ABREVIATURAS

BTU	British Thermal Unit
CO ₂	Dióxido de Carbono
Kg	Quilograma
kW	Quilowatt
m ²	Metro quadrado
UF ₆	Hexafluoreto de Urânio
UO ₂	Dióxido de Urânio

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANRE	Agency for Natural Resources and Energy
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
ECO	Econômica
EFCHINA	Energy Foundation China
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EREC	European Renewable Energy Council
EUROSTAT	European Statistics
FEPC	Federation of Electric Power Companies of Japan
GOV	Governança
ISED	Indicators for Sustainable Energy Development
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
ONU	Organização das Nações Unidas
POL	Política
RES	Resiliência
SCOT	Social Construction of Technology
SEG	Segurança Energética
SHAKTI	Shakti Sustainable Energy Foundation
SOC	Social
UNDESA	United Nations Department of Economic and Social Affairs
UN-ENERGY	United Nations' Inter-agency Mechanism on Energy
WEC	World Energy Council

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 PROBLEMA	18
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo geral	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
1.5 RELEVÂNCIA DA PESQUISA	22
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	23
2 ENERGIA E SOCIEDADE	25
2.1 O PAPEL DA ENERGIA NA SOCIEDADE	25
2.1.1 Construção Social da Tecnologia.....	29
2.1.2 Sistema Tecnológico	30
2.1.3 Instituições e sociedade	32
2.2 DIMENSÕES PARA ANÁLISE DOS INDICADORES ENERGÉTICOS.....	35
2.2.1 Dimensão econômica	36
2.2.2 Dimensão social	38
2.2.3 Dimensão ambiental.....	39
2.2.4 Dimensão espacial / geográfica	41
2.2.5 Dimensão cultural.....	42
2.3 CONCEITO E A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES	43
2.4 FONTES DE ENERGIA, TECNOLOGIAS E IMPACTOS	48
2.4.1 Petróleo.....	48
2.4.2 Outros combustíveis fósseis não renováveis	50
2.4.3 Energia nuclear	51

2.4.4 Energia hidráulica.....	53
2.4.5 Energia solar	55
2.4.6 Energia eólica.....	56
2.4.7 Energia da biomassa.....	58
2.4.8 Energia oceânica.....	59
2.5 INDICADORES ENERGÉTICOS COMO INSTRUMENTOS DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E INSTITUIÇÕES LIGADAS À PESQUISA SOBRE ENERGIA	60
2.6 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS.....	70
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	74
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E TIPOLOGIA DOS DADOS	74
3.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	75
3.3 CATEGORIZAÇÃO	77
3.4 PESQUISA DOCUMENTAL E SELEÇÃO DOS INDICADORES	79
3.5 TÉCNICAS DE ANÁLISE	85
4 ANÁLISE DOS INDICADORES ENERGÉTICOS	89
4.1 APRESENTAÇÃO DOS INDICADORES ENERGÉTICOS	89
4.2 ANÁLISE DOS INDICADORES ENERGÉTICOS.....	98
4.3 QUADRO ANALÍTICO DAS CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DOS INDICADORES ENERGÉTICOS	104
4.4 CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	114
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	124
5.2 PROPOSIÇÕES DE NOVOS ESTUDOS.....	125
REFERÊNCIAS.....	126

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

No início de 2016, já estávamos com mais de 7,3 bilhões de pessoas no mundo. Trata-se de um número expressivo, principalmente quando verificamos que foram necessários milhares de anos para que se chegasse a 2,5 bilhões de pessoas, em 1950, e apenas 66 anos para se aproximar dos 7,4 bilhões (WORLDOMETERS, 2016; UNITED..., 2014, p. 2). Alguns fatores proporcionaram este aumento, por exemplo, a redução da taxa de mortalidade infantil, o aumento da expectativa de vida, melhores condições sanitárias e inovações tecnológicas no setor produtivo (SILVA, et al., 2015; MARTINS, 2015).

Tal crescimento passou a exigir um volume maior de alimentos, produtos manufaturados, moradia, entre outros fatores essenciais para a manutenção desta nova proporção populacional. Para isso, foi necessária a introdução de novas tecnologias, funcionando como uma solução imediata para o aumento na escala produtiva. Como consequência do aumento no número de tecnologias, passou-se a demandar quantidades cada vez maiores de energia. Segundo Pinto Junior et al. (2007, p. 2), “[...] ter acesso à energia passou a ser sinônimo de progresso, desenvolvimento econômico e social e bem-estar; ao passo que não ter acesso a ela passou a representar o atraso, a pobreza e o desconforto”.

O aumento da oferta de energia, até o começo dos anos de 1970, ocorreu essencialmente por meio da intensificação da exploração das reservas energéticas, principalmente fósseis, e pela descoberta de novas reservas, predominando os aspectos econômicos¹, na decisão de qual fonte de energia utilizar. Segundo Furtado (2003), até este período o petróleo, uma das fontes de maior participação nas matrizes energéticas, foi amplamente utilizado devido ao seu baixo custo, resultado da disponibilidade abundante até o início dos anos de 1970.

Em termos monetários, até 1973 o barril de petróleo era vendido por menos de US\$5,00 (dólares nominais) e, após a crise energética, devido a limitações de acesso a este recurso, no mesmo ano, o valor do barril passou para mais de US\$13,00

¹ Após a Conferência das Nações Unidas, no Rio de Janeiro (Brasil) sobre o meio ambiente em 1992, questões sociais e ambientais ganharam maior visibilidade e espaço nos estudos que antecedem a tomada de decisão. (PEREIRA JUNIOR et al., 2013; VAN BELLEN (2006); INTERNATIONAL..., 2005).

(dólares nominais). Outros choques, fatos e acontecimentos que influenciaram na disponibilidade do petróleo, continuaram a elevar os valores do barril, por exemplo, passando para US\$44,00 (dólares nominais) em 1978/79 e para mais de US\$100,00 (dólares nominais) em 2011 (HINRICHS et al., 2014, p. 25).

Mesmo com o encarecimento do petróleo, uma das principais fontes, o consumo de energia manteve-se crescente, dado o aumento da população e consequentemente da demanda de energia. Hinrichs et al. (2014, p. 29) apresentam a evolução do consumo per capita de energia nos Estados Unidos, que “entre 1900 e 1980, aumentou de 80 milhões para 320 milhões de Btu² por ano”, chegando a 350 milhões em 2000 e se mantendo acima dos 315 milhões em 2011, segundo United States Energy Information Administration (2011).

O aumento do consumo de energia, pela intensificação do uso das tecnologias e das reservas energéticas, gerou um aumento das externalidades negativas o que levou a mudanças climáticas, desastres ambientais, poluição e limitação de recursos, que foram sentidos pela sociedade, principalmente, a partir dos anos de 1960 (VAN BELLEN, 2006). Isso estimulou pesquisas de fontes de energia alternativa tendo como objetivo não só a segurança no fornecimento energético, mas também a redução dos impactos negativos.

A partir dos anos de 1970, o reconhecimento de que as tecnologias, além de benefícios, também geram impactos negativos se deu, principalmente, nas discussões ligadas aos estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que passaram a envolver questões sociais e ambientais. Estes estudos também impulsionaram movimentos, acadêmicos e sociais, para tentar solucionar problemas enfrentados pela sociedade. Movimentos estes, que se formalizaram em organizações, grupos e eventos globais, voltados a temas principalmente socioambientais (CUTCLIFFE, 2003).

No que diz respeito à teoria relacionada aos estudos de CTS, a Construção Social da Tecnologia (*Social Construction of Technology* - SCOT) e Sistemas Tecnológicos são dois exemplos em que se observa como a tecnologia, a sociedade e o ambiente se relacionam e geram impactos mútuos, como no caso da opção por um tipo específico de energia, como o carvão mineral. Optar pelo uso do carvão mineral, por exemplo, é “aceitar” impactos como os problemas com a erosão do solo,

² Um Btu equivale a uma unidade de energia.

em áreas de extração, e a alta emissão de gases de efeito estufa durante o seu uso. Tais externalidades prejudicam a saúde e o bem estar da sociedade, que buscará alternativas para solucionar os problemas gerados pela escolha anterior.

Tanto para a manutenção das escolhas quanto para alterá-las, verifica-se o envolvimento de diversas instituições, tais como políticas, leis, agências reguladoras, entre outras. As quais, segundo Félix (2001), são construídas historicamente conforme a necessidade da sociedade, podendo auxiliar na diminuição das incertezas. Dois exemplos destas instituições, no caso específico do planejamento energético, são: em 1974, a criação da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA) e, em 1975, a criação da Agência Internacional de Energia Atômica (International Atomic Energy Agency – IAEA).

Inicialmente ambas as agências foram criadas voltadas para a segurança energética³, devido à crise do petróleo em 1973. Possuíam foco no levantamento de informações, pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para questões econômicas e de eficiência energética, contudo, após a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (Rio-92), incorporaram, também, as questões ligadas aos impactos da energia no meio ambiente e na sociedade (PEDERNEIRAS, 2007, p. 23; UNITED..., 2002).

1.2 PROBLEMA

Neste contexto, a busca de soluções para se manter o atendimento da crescente demanda de energia, tornou-se mais complexa, devido à intensificação na extração de recursos energéticos deixar de ser uma simples resposta econômica e, com a geração de resultados indesejados (impactos negativos), exigir maior atenção na relação entre energia e questões socioambientais (CIMA, 2006). Para isso, os indicadores energéticos, como instrumentos capazes de fornecer informações que podem auxiliar na análise destas relações, contribuem para a tomada de decisão, minimizando as incertezas e incorporando dados pertinentes à necessidade corrente.

Os primeiros indicadores energéticos foram desenvolvidos observando as necessidades econômicas, para o atendimento da demanda crescente, ajustada ao

³ Segurança energética refere-se aqui à garantia do fornecimento constante e suficiente de energia, para atender a demanda.

menor custo, e possibilitando a manutenção de uma trajetória intensiva em energia. À medida que limitações ao acesso dos recursos energéticos, como a crise de 1973, dificultavam o atendimento da demanda, buscou-se novas formas de alcançar o equilíbrio, voltando o foco do planejamento energético para a eficiência no consumo, com a utilização de tecnologias que exigissem menor quantidade de energia (CIMA, 2006; FURTADO, 2003).

Alguns fatores não contribuíram para a redução da demanda total por energia, pela eficiência energética, como o aumento populacional e a mecanização de atividades, que antes utilizavam força humana ou animal, resultando ainda na intensificação do processo de extração dos recursos energéticos. Com isso os impactos negativos, produzidos por essa intensificação, se tornaram mais visíveis na sociedade e no ambiente, e ganharam espaço na discussão sobre energia, demandando a incorporação de informações sobre estas externalidades tanto no processo de geração, quanto nos resultados do consumo de energia, buscando um desenvolvimento que se sustentasse no longo prazo (CIMA, 2006; FURTADO, 2003).

Os indicadores energéticos, voltados para o desenvolvimento sustentável, constituem uma ferramenta importante para o levantamento de dados para o planejamento energético (PHILIPPI JR; MALHEIROS, 2012). Contudo, a adaptação dos indicadores, com metodologias construídas com foco econômico, para que meçam os impactos nas dimensões social ou ambiental, gera alguns questionamentos sobre o real atendimento a estas duas outras dimensões. No caso de indicadores com metodologias construídas com o foco social, e/ou ambiental, a dificuldade encontra-se na capacidade de coleta de dados e na frequência com que são coletados, para que governo e empresas possam ter maior qualidade e segurança nas decisões (MARTÍNEZ, 2007).

Como um avanço na construção de indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável, a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), em 1999, iniciou a construção de indicadores com este objetivo, como esforço para atender as indicações da Agenda 21 global, elaborada na Rio-92 (PEREIRA JUNIOR et al., 2013, p. 51). Em 2005, em parceria com a Agência Internacional de Energia (IEA) e outras instituições, a IAEA apresentou um conjunto de trinta (30) indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável – Energy Indicator for Sustainable Development (EISDs) – divididos nas dimensões econômica, social e ambiental (INTERNATIONAL..., 2005).

Estes indicadores energéticos mais complexos, dado o envolvimento de mais dimensões em sua elaboração, têm sido utilizados como base, tanto para aplicação direta, quanto para adaptação dos mesmos, para que diversos países possam adequá-los ao seu planejamento energético, não se tratando de indicadores absolutos. Diante do exposto se chega à seguinte questão: **Quais são as contribuições e limitações dos indicadores energéticos como instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável?**

Esta questão instiga o desenvolvimento da presente dissertação, pois, trata-se de um tema que ainda apresenta lacunas sobre a relação entre energia e desenvolvimento sustentável.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral é analisar as contribuições e limitações dos indicadores energéticos como instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar e selecionar os indicadores energéticos a serem submetidos à análise;
- Identificar as principais características dos indicadores energéticos selecionados;
- Identificar na metodologia dos indicadores energéticos selecionados, os elementos relacionados com o desenvolvimento sustentável;
- Elaborar um quadro analítico com as contribuições e as limitações dos indicadores selecionados, como instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho, com base nas classificações de pesquisa, apresentadas por Gil (2010, p. 25-29), se classifica segundo a área de conhecimento como

interdisciplinar. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, empregando como método o levantamento bibliográfico/documental.

Para o levantamento bibliográfico, de livros, artigos e teses/dissertações, utilizou-se a ferramenta de pesquisa EBSCO Discovery Service – disponibilizada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Esta ferramenta, apresenta resultados das principais bases de dados como a Web of Science, Scielo, Science Direct, Academic OneFile, Scopus e repositórios acadêmicos, possibilitando uma pesquisa ampla e integrada.

Com relação à seleção dos indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável, e identificação das metodologias aplicadas na elaboração destes, além da pesquisa pela ferramenta EBSCO, foi feita uma pesquisa documental, conforme indicada por Marconi e Lakatos (2012, p. 48-57), utilizando fontes escritas secundárias. Os principais documentos desta pesquisa documental foram relatórios disponibilizados por organizações como: International Energy Agency (IEA), International Atomic Energy Agency (IAEA), Latin American Energy Organization (OLADE), Eurostat e Ministério de Minas e Energia (MME). Para a seleção e classificação destes documentos, foi utilizada como técnica a análise de conteúdo apresentada por Bardin (2011).

Com base em Bardin (2011) e Gil (2010), a presente pesquisa foi dividida em cinco principais etapas, sendo que, como os autores destacam, não há a obrigatoriedade de que sejam desenvolvidas de forma rigidamente sequencial e sim de forma complementar. Segue o detalhamento das etapas.

1. Pesquisa bibliográfica – Mapeamento das principais referências e conceitos de base relacionados aos indicadores energéticos, tecnologia e desenvolvimento sustentável;
2. Categorização – Definição das categorias e critérios para a análise dos indicadores energéticos selecionados;
3. Pesquisa documental – Seleção dos principais indicadores energéticos e identificação das metodologias aplicadas na elaboração dos indicadores;
4. Elaboração de quadro analítico – Com as contribuições e as limitações dos indicadores energéticos selecionados, como instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável;

5. Considerações finais – Verificação do atendimento dos objetivos da pesquisa e contribuições da pesquisa.

No terceiro capítulo são apresentadas maiores informações e detalhamento dos procedimentos metodológicos adotados.

1.5 RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Por se tratar de uma pesquisa interdisciplinar, envolvendo áreas como economia, sociologia, tecnologia, gestão, engenharia e ambiental, este trabalho atende aos temas de interesses da linha de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

O desenvolvimento desta dissertação também possui vínculo com o projeto de pesquisa intitulado “Energias Renováveis: construção de uma matriz de decisão multicritério para opção da matriz tecnológica”⁴. Sendo este coordenado pelo orientador desta dissertação e financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – MES/Cuba, Edital 046/2013, e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Edital Universal 2014. Esse projeto, como o próprio título sugere, trata-se de uma proposta de uma matriz de decisão, envolvendo tecnologias renováveis e indicadores de sustentabilidade, para a escolha das fontes de energia mais “adequadas” a compor a matriz energética em determinada região. Devido à cooperação entre a UTFPR e a Universidad Pinar del Río (UPR), em Cuba, o projeto terá foco aplicado no estado do Paraná (Brasil) e em Pinar del Río (Cuba). Desta forma, o conteúdo gerado por esta dissertação contribuirá para os objetivos do projeto citado.

A presente pesquisa também possui alinhamento com o grupo de pesquisa Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável, da UTFPR, registrado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e liderado pelo orientador desta dissertação e pelo professor, do mesmo programa de pós-graduação, Dr. Eduardo Leite Krüger. Um dos pontos de alinhamento, desta pesquisa com o

⁴ Para maiores informações sobre projeto acessar: <https://prospeccaoenegiasrenovaveis.wordpress.com/>.

grupo, é o foco deste último na análise dos impactos socioambientais, urbanos e econômicos da inserção de novas tecnologias na sociedade.

Para a área acadêmica, esta dissertação pode contribuir somando aos conteúdos bibliográficos sobre o tema, e servindo de base para projetos e novos estudos que abordem: indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável. Esperam-se também benefícios socioambientais e econômicos, devido à geração de informações que possam contribuir para tomadores de decisão, do setor privado, e para a elaboração, ou ajustes, de políticas públicas com foco no desenvolvimento sustentável.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação é composta por cinco capítulos, sendo eles intitulados: 1) Introdução; 2) Energia e sociedade; 3) Metodologia da pesquisa; 4) Análise dos indicadores energéticos; e 5) Considerações finais.

O capítulo 1 refere-se a presente introdução, na qual são apresentados: o contexto e justificativa do tema, o problema, os objetivos geral e específicos, os procedimentos metodológicos, a relevância da pesquisa e a estrutura da dissertação.

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica dividida em seis seções. A primeira baseada nos estudos de Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) e na abordagem institucional – compreendendo autores como Stephen Cutcliffe (2003), Trevor Pinch e Wiebe Bijker (1989), Thomas Hughes (1993; 1989) e Douglas North (1990) –, com destaque para a teoria da Construção Social da Tecnologia (*Social Construction of Technology - SCOT*), Sistemas Tecnológicos e Instituições. A segunda seção traz os principais conceitos relacionados às dimensões econômica, social, ambiental, espacial/geográfica e cultural, sob o ponto de vista de Sachs (2002; 1993), Daly (2004; 1991), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Silva (2008) e Pereira Junior et al. (2013).

A terceira seção apresenta a definição de indicadores e sua relevância para a tomada de decisão, considerando os trabalhos de Van Bellen (2006), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Guimarães, (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012) e Pereira Junior et al. (2013). Na quarta seção são identificados os tipos de

fontes relacionadas à geração de energia, bem como, os seus impactos socioambientais, sob o ponto de vista de Goldemberg (2012), Jannuzzi (1997), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Ardizzon et al. (2014) e Cypriani et al. (2012).

Na quinta seção é feita uma comparação entre os conjuntos de indicadores voltados para o desenvolvimento sustentável, a partir de dezenove (19) instituições ligadas à pesquisa sobre energia, com o objetivo de iniciar a identificação e seleção dos indicadores a serem analisados. A comparação se deu a partir de: International... (2005; 2016), Helio International (2014), Intergovernmental... (2014), Organización... (2013), World... (2015), Wyman (2013), Patusco (2015), Camargo et al. (2004), Hydro-Québec (2015; 2014), Tennessee... (2014; 2013), Agency... (2014) e Shakti... (2015). A sexta seção trata das considerações teóricas, reunindo os principais elementos apresentados, no segundo capítulo, que norteiam a análise das contribuições e limitações dos indicadores energéticos como ferramentas de apoio ao desenvolvimento sustentável.

No capítulo 3, referente à metodologia, é feita a apresentação das referências metodológicas, como Gil (2010) e Bardin (2011), que guiaram o desenvolvimento desta pesquisa. Sendo apresentado o detalhamento dos procedimentos metodológicos utilizados para: o levantamento bibliográfico, para a seleção dos indicadores energéticos e procedimentos de análise. O quarto capítulo é dividido em quatro seções. Na primeira é feita a apresentação dos indicadores selecionados na pesquisa. Na segunda seção é feita uma análise geral da utilização dos indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável – Energy Indicator for Sustainable Development (EISDs) – pelas instituições ligadas à pesquisa sobre energia, bem como, a apresentação da classificação dos EISDs nas dimensões voltadas para o desenvolvimento sustentável. A terceira seção traz a apresentação do quadro com a análise individual da contribuição e limitação de cada EISD. Na quarta seção são destacados os principais pontos identificados, das contribuições e limitações, a partir da análise.

No quinto e último capítulo, são apresentadas as considerações finais, retomando os pontos relevantes da pesquisa, os resultados alcançados, as dificuldades encontradas e as possibilidades de aplicação deste estudo.

2 ENERGIA E SOCIEDADE

Este capítulo trata de uma revisão teórica para a construção da base que norteia a análise dos indicadores energéticos selecionados, durante a pesquisa, possibilitando verificar quais são as suas contribuições e limitações como instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável. A primeira seção apresenta a relação da sociedade com a energia e, para tanto, recorre-se a abordagens dos estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), como a Construção Social da Tecnologia (*Social Construction of Technology* - SCOT), os Sistemas Tecnológicos e a abordagem institucional. Na segunda seção são especificados os principais elementos que compõem as dimensões econômica, social, ambiental, espacial / geográfica e cultural, do desenvolvimento sustentável. A terceira seção traz o conceito de indicador e a relevância deste como fonte de informação para a tomada de decisão. Na quarta seção, como forma de se compreender os possíveis tipos de impactos, são apresentadas as fontes utilizadas para a geração dos principais tipos de energia: petróleo, gás natural, carvão, nuclear, hidráulica, solar, eólica, biomassa e oceânica. A quinta seção traz a comparação entre os conjuntos de indicadores voltados para o desenvolvimento sustentável, a partir de dezenove (19) instituições ligadas à pesquisa sobre energia. Na sexta seção são feitas as considerações teóricas deste capítulo, destacando os principais elementos a serem considerados para a análise dos indicadores energéticos selecionados.

2.1 O PAPEL DA ENERGIA NA SOCIEDADE

A energia é a capacidade de qualquer corpo produzir trabalho, ação ou movimento e, segundo Hinrichs et al. (2014) e Pinto Junior et al. (2007), ela não pode ser criada, ou destruída, e sim convertida, por meio de tecnologia, de uma forma primária de energia à outra passível de uso pela sociedade – energia útil. Estes autores também destacam que a energia é um importante constituinte da sociedade pós-industrialização, devido à dependência de energia para a produção de bens e fornecimento de serviços. Assim, deve-se observar que a energia não é um fim em si,

pois, a busca por suficiência energética se dá pelo uso que a energia proporciona e não pela sua mera geração.

Sobre as fontes energéticas, Pinto Junior et al. (2007, p. 4) destacam que a energia pode ser apresentada de diversas formas, dependendo da tecnologia utilizada para a sua obtenção, podendo ser: energia mecânica (trabalho ou movimento); energia térmica (calor); energia das ligações químicas (química); energia das ligações físicas (nuclear); energia elétrica e energia das radiações eletromagnéticas⁵.

Tais tecnologias de geração de energia foram evoluindo ao longo do tempo, de acordo com as necessidades (e capacidades) da sociedade, definindo a sustentabilidade do sistema socioeconômico mundial, e de cada bloco de países, conforme foram dadas as trajetórias de desenvolvimento tecnológico, ou seja, a opção de industrialização e consumo de energia de cada bloco (FURTADO, 2003). Segundo Furtado (2003), a sociedade industrial foi baseada em uma trajetória de desenvolvimento intensiva em energia (energo-intensiva), cujo objetivo centrava no aumento do uso de energia per capita, seja na mecanização do trabalho, ou de atividades ligadas ao transporte, seja nas atividades domésticas (eletrodomésticos). No entanto, o autor destaca que esta trajetória foi ao encontro de problemas como os limites de reservas energéticas e a limitação ambiental em absorver os poluentes, emitidos no processo de geração e uso de energia.

A determinação do tipo de energia a ser utilizada, até a década de 1970, era uma decisão de foco econômico, onde o custo (de extração e fornecimento) e a disponibilidade da energia eram os principais fatores. Com este pensamento, o petróleo passou a ser a energia dominante no processo de industrialização, pois, o descobrimento de novas reservas aumentava cada vez mais o volume de petróleo ofertado e, conseqüentemente, diminuía o seu custo (HINRICHS et al., 2014; REIS et al., 2012). No entanto, este cenário foi modificado em 1973, pois, houve uma ruptura energética, devido à alteração na relação entre países exportadores de petróleo, que fez com que o custo deste se elevasse, e conseqüentemente deixasse de ser uma fonte de energia barata (FURTADO, 2003).

Junto a essa ruptura, problemas como a limitação de reservas naturais, e outros impactos ambientais, passaram a ter destaque na discussão sobre desenvolvimento e, segundo Furtado (2003), isso abriu a possibilidade para que se buscassem

⁵ Estas formas de energia são detalhadas na quarta seção deste capítulo.

tecnologias em que a energia fosse utilizada de forma mais eficiente, para minimizar tais limitações e impactos. Contudo, a trajetória tecnológica de cada sociedade – países desenvolvidos ou em desenvolvimento – se deu de forma diferenciada, de acordo com as macro-opções tecnológicas feitas por essas.

Além da disponibilidade tecnológica, a decisão de se utilizar uma fonte de energia, ou outra, continua implicando na avaliação de elementos econômicos, contudo, a partir dos anos de 1970, como já citado, elementos sociais e ambientais também passaram a ter relevância na escolha energética. Como um dos motivos desta inclusão, pode-se atribuir ao destaque do desenvolvimento dos estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), pois, como apontado por Cavalcanti et al. (2014) e Cutcliffe (2003), este movimento trouxe contribuições ao pensamento ambientalista, a partir de obras e eventos voltados ao tema.

Aos estudos de CTS também se atribui o fato de trazer questionamentos à visão que se tinha, de que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia trazia apenas benefícios à sociedade (CUTCLIFFE, 2003; CAVALCANTI et al., 2014). Este é um dos pontos que se alinham com a pesquisa desta dissertação, pois, com a análise dos indicadores energéticos serão verificados tanto os benefícios, que as diferentes formas de energia podem oferecer, para um desenvolvimento sustentável, quanto os impactos que estas podem causar.

Segundo Cutcliffe (2003), foi nos Estados Unidos, na década de 1960, que surgiram no ambiente acadêmico os estudos de CTS. Após um período de reconstrução, pós Segunda Guerra Mundial, onde o aumento do uso de tecnologia era tido como a solução para todos os problemas, os estudos de CTS trouxeram questionamentos sobre os reais impactos da tecnologia, tanto sociais quanto ambientais. Na liderança destes estudos estavam acadêmicos, escritores e críticos ativistas, sendo estes últimos responsáveis por temas de interesse público como direitos civis, meio ambiente, fontes de energia, consumismo, entre outros (CUTCLIFFE, 2003).

A inclusão de elementos sociais e ambientais, na discussão de CTS, segundo Gibbons et al. (1994), contribuiu com uma formação mais ampla do pesquisador, possibilitando estudos sob uma visão interdisciplinar. Essa interdisciplinaridade nos estudos resultou em trabalhos mais reflexivos, que trouxeram elementos para fundamentar também movimentos sociais. Sobre o meio ambiente, por exemplo, podem ser citados como resultados dos estudos de CTS o livro de Rachel Carson, em

1962, intitulado *Silent Spring* e o da Donella Meadows et al., em 1972, *Limits to Growth*.

Deve-se destacar que, inicialmente, grande parte da literatura desenvolvida, a partir dos estudos de CTS, foi focada em críticas à tecnologia, gerando assim conteúdo sobre os impactos negativos desta, como forma de contrapor à visão determinista de que a tecnologia só traria benefícios. Contudo, com o passar do tempo, e amadurecimento das discussões, os estudos de CTS passaram a tratar a ciência e tecnologia de forma mais ampla, considerando nas publicações tanto os benefícios quanto os impactos que estas geram (CUTCLIFFE, 2003).

A partir da intensificação dos estudos de CTS, e sua difusão para outros países, os questionamentos levantados sobre os impactos causados, pela ciência e tecnologia, geraram grandes movimentos sociais que resultaram na criação de diversas instituições com objetivos ligados às demandas apresentadas (CUTCLIFFE, 2003).

Num primeiro momento, à parte dos estudos de CTS, como respostas às restrições energéticas vivenciadas em 1973, criou-se nos Estados Unidos a Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA), em 1974, para buscar soluções de abastecimento da demanda por energia (INTERNATIONAL..., 2015). No ano seguinte, em 1975, foi criada a Agência Internacional de Energia Atômica (International Atomic Energy Agency – IAEA), com o objetivo de regulação e promoção da energia atômica (PEDERNEIRAS, 2007; UNITED..., 2002). Com o fortalecimento das discussões socioambientais nas mais variadas áreas relacionadas ao desenvolvimento, trouxe à IEA e à IAEA, entre outras instituições ligadas à energia, mais uma função: atingir seus objetivos considerando a sustentabilidade. Tanto a IEA quanto a IAEA possuem papel importante no que se refere à energia, pois, entre outras funções, promovem o levantamento de informações que auxiliam os tomadores de decisões, que buscam tais dados.

Cabe ressaltar, sobre a inclusão do tema sustentabilidade no desempenho da IEA e IAEA, que a partir da leitura de Pereira Junior et al. (2013) e Van Bellen (2006), que indicam como um dos motivadores para o desenvolvimento de indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (Rio-92), pode-se reconhecer a contribuição dos estudos de CTS para estas instituições. Isso se deve à contribuição, citada anteriormente, dos estudos de CTS para questões relacionadas à sustentabilidade, que estimulou

movimentos como a própria conferência RIO-92 (CUTCLIFFE, 2003; CAVALCANTI et al., 2014).

2.1.1 Construção Social da Tecnologia

Dos estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) também surgiu a teoria da Construção Social da Tecnologia (*Social Construction of Technology – SCOT*) originada, em 1987, no artigo de Trevor Pinch e Wiebe Bijker, desenvolvida como resposta ao determinismo tecnológico (KLEIN; KLEINMAN, 2002, p. 29).

A SCOT parte do princípio de que estruturas sociais influenciam na construção de artefatos tecnológicos, assim, de acordo com essa teoria, não se pode dizer que as ações da sociedade são apenas determinadas pela tecnologia. O uso que se faz desta, também, não se trata de uma atividade isolada e sim do resultado do contexto social em que a tecnologia foi desenvolvida, ou modificada. Esta relação entre sociedade e artefato tecnológico é que define se este será adotado, abandonado ou se sofrerá modificações, necessárias para se adequar no cenário social vigente (KLEIN; KLEINMAN, 2002; PINCH; BIJKER, 1989).

Pinch e Bijker (1989), para a apresentação da SCOT, criam um modelo multidirecional, no qual se destacam dois elementos importantes: a existência de grupos sociais relevantes e a flexibilidade interpretativa. Sobre o grupo social relevante, segundo os autores, para a formação deste é necessária uma similaridade do significado que cada membro atribui a um mesmo artefato tecnológico, contudo diferentes grupos podem atribuir diferentes significados ao mesmo. Quando se refere a significados, atribuídos a um artefato tecnológico, pode-se entender como identificação de benefícios e/ou problemas, sendo estes últimos destacados como os que estimulam modificações no artefato, ou até mesmo o abandono deste (PINCH; BIJKER, 1989).

A construção social de um artefato tecnológico pode se iniciar com a apresentação deste a diferentes grupos sociais relevantes. A estes grupos é incumbida a tarefa de verificar os possíveis problemas que o artefato possa apresentar, ou gerar, e a partir destes problemas são sugeridas diversas possibilidades de solução. Devido aos diferentes significados que cada grupo pode

atribuir ao artefato tecnológico, faz-se necessário o segundo elemento apontado por Pinch e Bijker (1989), a flexibilidade interpretativa.

A flexibilidade interpretativa permite que sejam considerados e ponderados os diferentes problemas – às vezes até contraditórios – apontados pelos grupos sociais, sendo que estes problemas podem expor conflitos “de ordem técnica, moral, política, econômica, etc.” (MATIELLO, 2011, p. 44). Isto também leva a uma série de possíveis soluções, podendo estas serem consideradas ou descartadas conforme a necessidade identificada no contexto social. A flexibilidade interpretativa nos problemas, conflitos e soluções é o elemento que possibilita uma tomada de uma decisão que possibilita o atendimento de pelo menos parte das necessidades dos diferentes grupos, possibilitando a estabilização do artefato (KLEIN; KLEINMAN, 2002; PINCH; BIJKER, 1989).

Segundo Pinch e Bijker (1989), a estabilização do artefato tecnológico é observada quando este passa a ser utilizado pela sociedade e os problemas são considerados como resolvidos, ou pelo menos os principais, necessitando cada vez menos alterações. Contudo, a fase de estabilização de um artefato tecnológico não pode ser considerada como permanente, pois, mudanças no contexto social podem levar a um cenário diferente, no qual o artefato tecnológico volta ao processo de reconstrução, podendo ser adaptado ou substituído.

2.1.2 Sistema tecnológico

Alinhado à teoria da Construção Social da Tecnologia (SCOT), Hughes (1989, p. 51) apresenta o sistema tecnológico como um conjunto complexo de elementos – não físicos ou físicos – voltados para a resolução de um problema crítico (*reverse salients*) ou demanda específica. Dentre os elementos que podem compor o sistema tecnológico, o autor cita: conhecimentos científicos, artefatos físicos (dispositivos técnicos), artefatos legislativos, políticos, econômicos, organizacionais, recursos naturais, entre outros elementos que podem ser socialmente construídos e adaptados. Destacando que os elementos não físicos e físicos possuem igual importância dentro de um sistema tecnológico.

Assim como na SCOT, no sistema tecnológico o artefato tecnológico não é uma solução isolada, como nos moldes da teoria determinista, e sim, apenas um

componente socialmente construído, dentro do sistema (HUGHES, 1989; MATIELLO, 2011). Neste sistema, os componentes interagem entre si de forma direta ou indireta em prol do objetivo comum, contudo, caso um dos componentes seja alterado, todos os demais sofrem alguma alteração (HUGHES, 1989, p. 51).

Os sistemas tecnológicos, como apresentados, resolvem problemas a partir dos elementos que estão disponíveis, e se adaptam às modificações que um (ou mais) de seus componentes possam ter sofrido. No entanto, um problema a ser resolvido pode decorrer de um sistema tecnológico que, em um momento anterior, atendeu a outra demanda (HUGHES, 1989, p. 53).

Sobre o padrão da evolução dos sistemas, Hughes destaca que estes não evoluem de forma sequencial, pois, os sistemas podem se sobrepor ou até mesmo retroceder à um sistema anterior, mas um padrão que pode ser atribuído ao sistema tecnológico, segundo as observações do autor, é que este tende a evoluir e expandir (1989, p. 56). Já quanto às fases pelas quais o sistema pode passar, pode haver períodos em que haja a predominância da “invenção, desenvolvimento, inovação, transferência e crescimento, concorrência e consolidação”.

Na fase em que o sistema tecnológico se encontra consolidado, com ampla aceitação pela sociedade – que podemos associar a estabilização, da SCOT – Hughes destaca que este sistema pode adquirir uma característica que faz com que o sistema tenha um funcionamento em uma velocidade constante, a qual o autor chama de *Momentum*, que atua enquanto os componentes do sistema se mantêm os mesmos (HUGHES, 1989, 1993).

Tanto no livro *Networks of power: electrification in Western society, 1880-1930* (HUGHES, 1993), quanto no livro *The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology* (BIJKER et al., 1989) estão presentes exemplos ligados à energia que podem ser relacionados a SCOT e aos sistemas tecnológicos.

O fornecimento de energia, por exemplo, depende de uma série de fatores que, sob a perspectiva da SCOT, podem-se destacar grupos técnicos e sociais para avaliação dos problemas e benefícios de uma tecnologia de geração energética, a tecnologia em si (o artefato) e a flexibilidade interpretativa dos significados atribuídos pelos grupos. O mesmo fornecimento de energia, sob a perspectiva dos sistemas tecnológicos, pode-se ter a tecnologia de geração energética, a energia em si, os

agentes envolvidos, o meio ambiente⁶, os regulamentos, entre outros, como os componentes do sistema.

Em ambas as abordagens, tanto a estabilização quanto a consolidação ocorrem a partir do momento em que há ampla aceitação da sociedade para a tecnologia socialmente construída. O caso do petróleo, até o início dos anos de 1970, pode ser um exemplo de artefato em estabilização (SCOT) e/ou consolidação (sistema tecnológico). Contudo, após 1973 se verifica alteração em componentes do sistema, exigindo a busca de soluções para o atendimento das demandas da sociedade e contornar problemas que decorreram do próprio sistema (impactos econômicos, sociais e ambientais), por exemplo.

Os indicadores energéticos podem, assim, desempenhar um papel importante para o levantamento de informações sobre os diversos fatores envolvidos no fornecimento e consumo de energia. Podendo expor quadros favoráveis e desfavoráveis para cada tipo de fonte energética, auxiliando na tomada de decisão. Contudo, a utilidade e confiabilidade das informações geradas, por esses indicadores, estão relacionadas principalmente à metodologia utilizada para a sua elaboração e com o rigor na coleta de dados. A metodologia para a elaboração de indicadores energéticos confiáveis implica em conhecer quais variáveis devem ser consideradas e com quais fatores, do fornecimento e consumo de energia, estas se relacionam. Assim, o conhecimento sobre as diferentes dimensões e fontes de energia, se faz necessário.

2.1.3 Instituições e sociedade

Apresentada a SCOT e os Sistemas Tecnológicos, cabe somar a esta seção a abordagem institucional, pois, esta vem complementar as observações sobre o comportamento da sociedade diante de momentos de tomada de decisão, e a relação entre a sociedade e as instituições. Cabe destacar que a abordagem institucional apresentada nesta dissertação se refere às teorias relacionadas ao neo-

⁶ No sistema tecnológico, o ambiente é considerado como componente integrante quando este influencia e é influenciado pelo sistema. Em situações em que a influência é unilateral o componente não é considerado como parte integrante do sistema.

institucionalismo (ou novo institucionalismo), devido ao alinhamento dos autores aqui citados.

O neo-institucionalismo, segundo Andrews (2005, p. 271), “pode ser considerada uma das abordagens mais influentes na ciência política”, devido à base de sua teoria repousar na ideia de que “as instituições afetam o comportamento de atores sociais” (ANDREWS, 2005, p. 271). Para North (1990, p. 3), “as instituições representam as regras do jogo de uma sociedade ou, mais formalmente, as restrições visualizadas que conformam a interação humana”. De forma complementar, Félix (2001, p. 194) afirma que tais regras regem a vida econômica, política e social, e explicam o êxito ou fracasso.

As instituições são construídas a partir de processos históricos, que buscam atender as necessidades de uma determinada sociedade em um determinado momento no tempo, como, por exemplo, a criação de agências ligadas à energia, em um período em que se vivia uma crise de abastecimento, na década de 1970. Quando estabelecidas, as instituições trazem uma certa estabilidade às decisões ligadas ao problema que a originou, minimizando incertezas e aumentando a previsibilidade por parte dos agentes tomadores de decisão, por exemplo, no caso de leis e regulamentos, que levam limites aos agentes, fazendo com que certas tomadas de decisão sejam, de certa forma, “previsíveis” (CAVALCANTI et al., 2014; FÉLIX, 2001).

Contudo, as instituições também podem gerar assimetria, à medida que, no estabelecimento destas, seus objetivos não estejam alinhados com a necessidade da sociedade corrente. Assim, apesar de as instituições possuírem caráter estável, ou inercial, de acordo com North (1990), elas são adaptáveis a novas necessidades, ou seja, podem ser alteradas, para que sua função volte a ser de interesse da sociedade corrente. Por exemplo, a inclusão de questões ligadas à sustentabilidade como um ponto a ser levado em consideração na busca por desenvolvimento.

No entanto, a instituição carrega tanto os resultados positivos quanto os negativos de ações executadas em períodos passados, como investimentos ou mesmo déficits estruturais, influenciando a estrutura da instituição no período presente, isso se deve a sua construção decorrer de um processo histórico. North (1990) destaca esse processo como trajetória dependente (*path dependent*), na qual, a formação histórica é um componente importante para a forma que a instituição assume no presente, ou assumirá no futuro. Assim, a trajetória dependente, como citada por Silva e Mendes (2005, p. 35), pode ser considerada “uma barreira para

mudanças bruscas”, impedindo que as instituições se adaptem imediatamente a novas condições emergentes do contexto sócio-político-econômico, determinando que sua evolução (transformação), ou o surgimento de novas instituições, ocorra em um momento posterior às mudanças das necessidades da sociedade.

Para Espino (1999 apud SILVA; MENDES, 2005, p. 35), as instituições podem ser divididas em dois tipos: 1) Instituição formal, que é de domínio público, composta por leis e regulamentos, sendo assim, de cumprimento obrigatório e coercitivo para se atacar problemas específicos; e 2) Instituição informal, que é de domínio privado, composta por regras não escritas e convenções, de cumprimento voluntário e se cumpre automaticamente, com o objetivo de se alcançar códigos de conduta e valores morais.

Da instituição informal, formada por fatores culturais, pode-se chegar a instituição formal, incorporando, nesta última, os códigos de conduta e valores morais estabelecidos na instituição informal. Destacando que estes fatores culturais “não somente conectam o passado com o presente e o futuro, como provêm uma chave para explicar o caminho da mudança histórica” de uma instituição (SILVA; MENDES, 2005, p. 35).

A política, como instituição, que se constrói e se modifica, seguindo os “moldes” apresentados até o momento, é vista por Sachs (2002) como de grande relevância na busca por sustentabilidade. O autor cita, que deve haver dois tipos de sustentabilidade política a serem consideradas: a nacional e a internacional. A sustentabilidade política nacional apresenta relevância no que se refere a questões internas ao país, ou como o próprio autor destaca, coordenando “o processo de reconciliação do desenvolvimento com a conservação da biodiversidade” (SACHS, 2002, p. 72). A sustentabilidade política internacional, com uma abrangência maior, apresenta relevância para se “manter a paz – as guerras modernas são não apenas genocidas, mas também ecocidas – e para o desenvolvimento de um sistema de administração para o patrimônio comum da humanidade” (SACHS, 2002, p. 72).

2.2 DIMENSÕES PARA ANÁLISE DOS INDICADORES ENERGÉTICOS

A partir dos estudos de CTS, a relação da sociedade e do ambiente com a ciência e tecnologia passou a ganhar relevância sobre a tomada de decisão em diversos temas. Contudo, no que se refere ao desenvolvimento, que antes era atrelado ao crescimento econômico, a inclusão das dimensões social e ambiental, nas discussões, levou a uma maior reflexão sobre o significado do termo desenvolvimento. Afastando, com o tempo, a ideia de que o crescimento apenas econômico – sem considerar elementos de outras áreas – seria a real demanda da sociedade.

Assim, apesar de o reconhecimento da mútua influência entre fatores socioambientais e econômicos ter se iniciado em anos anteriores, foi em 1987 que surgiu o termo desenvolvimento sustentável, tendo sua definição formalizada no Relatório Brundtland – Nosso Futuro Comum (BRUNDTLAND, 1991). Na definição deste termo, foi enfatizada a participação humana na discussão das dimensões econômico, social e ambiental (VAN BELLEN, 2006).

O termo dimensão refere-se, aqui, a um foco de análise, uma perspectiva, sob a qual um objeto pode ser analisado, priorizando o atendimento das necessidades de um ou outro fator. Mas, apesar de existirem diferentes perspectivas, percebe-se que, como destaca Holzbach (2012, p. 54), “o desenvolvimento ocorre sempre de maneira inter-relacionada e não isoladamente em cada perspectiva”. Assim, os objetivos das diferentes dimensões não devem competir entre si e sim serem complementares umas às outras, como forma de se alcançar o desenvolvimento sustentável (SACHS, 1993).

Sachs (1993) destacou cinco dimensões relacionadas à sustentabilidade: a social, a econômica, a ecológica, a espacial/ geográfica e a cultural. Posteriormente, Sachs (2002) acrescentou, a estas, mais três dimensões: a ambiental, a política nacional e a política internacional. Para fins didáticos da análise, desenvolvida no quarto capítulo, após análise do conteúdo das oito dimensões e considerando os objetivos desta dissertação, optou-se pela apresentação, neste capítulo, de cinco dimensões: a econômica, a social, a ambiental – incorporando o conteúdo da dimensão ecológica –, a espacial/ geográfica e a cultural. Para a análise dos indicadores sobre questões políticas nacional e/ou internacional foi retomada a abordagem institucional, apresentada na seção 2.1.3.

2.2.1 Dimensão econômica

A dimensão econômica está ligada a diferentes formas de interação entre o homem e os recursos que, em geral, geram valores quantificáveis. Daly (1991) e Van Bellen (2006) afirmam que a teoria econômica, base desta dimensão, tem entre seus objetivos a alocação, distribuição (de recursos e bens) e escala. E corroborando isso, Silva (2008, p. 165) destaca que esta dimensão “recebe influência sobre os meios que estimulam a atividade econômica, a economia formal e, conseqüentemente, os níveis de renda da população”.

Pinto Junior et al. (2007, p. 22) dividem a dimensão econômica em duas: a dimensão macroeconômica e a microeconômica. Na dimensão macro os fatores a serem considerados possuem caráter mais amplo, estando relacionados à elasticidade-renda da demanda de energia, à escala dos empreendimentos, à distribuição desigual dos recursos energéticos e à dependência das atividades econômicas ligadas à disponibilidade de energia, levando à preocupação com o custo desta.

A dimensão microeconômica, apontada por Pinto Junior et al. (2007, p. 23), reporta “às funções de custo e aos critérios de formação de preço” e às questões ligadas ao processo de tomada de decisão de investimento e financiamento para a expansão energética. A necessidade de expansão no fornecimento de energia é dada pelo aumento da demanda, aumentando conseqüentemente as relações econômicas. Sobre o crescimento econômico dos países, Pereira Junior et al. destacam que:

(...) depende fortemente da oferta de energia com qualidade e segurança no fornecimento. Todos os setores da economia necessitam de formas modernas de energia, seja para aumentar a produtividade, ou para ter uma melhor qualidade de vida (PEREIRA JUNIOR et al., 2013, p. 55).

A expressão “melhor qualidade de vida”, no contexto de crescimento econômico, pode-se atribuir à possibilidade de consumir bens e serviços de acordo com as necessidades e interesses do indivíduo. Desta forma, uma limitação energética impactando no setor produtivo levaria a uma piora na qualidade de vida. Para uma economia baseada em energia não renovável o limite é dado à quantidade de energia disponível a um custo aceitável pelo mercado. Neste caso, as “formas modernas de energia” citadas por Pereira Junior et al. (2013), ou seja, inovações

tecnológicas e ganhos de escala das energias renováveis podem ser uma alternativa para a saúde do setor econômico.

Daly (2004) e Sachs (1993) assumem que a limitação dos recursos não renováveis exige o planejamento econômico e a substituição destes recursos limitados por outros que possuam fontes renováveis. Destacam, também, a importância do levantamento de dados que permitam análise, embasando assim as tomadas de decisões relativas à substituição de recursos. Contudo, os autores consideram que além das informações ligadas à dimensão econômica também sejam consideradas outras dimensões, dada à interdisciplinaridade da ação.

Tal pensamento já se remete ao crescimento econômico/energético aliado ao objetivo do desenvolvimento sustentável. Neste sentido, em se tratando da dimensão econômica, quando se objetiva o “aumento da produção e da riqueza social, sem dependência externa”, para Montibeller-Filho (2008, p. 55) há, pelo menos, quatro pontos que devem ser discutidos.

- Fluxo permanente de investimentos públicos e privados (estes últimos com especial destaque para o cooperativismo).
- Manejo eficiente dos recursos.
- Absorção, pela empresa, dos custos ambientais.
- Endogeneização: contar com suas próprias forças.

Estes pontos, levantados inicialmente por Sachs (1993), podem nortear a análise dos indicadores energéticos selecionados, pois trazem elementos relevantes do ponto de vista econômico para o desenvolvimento sustentável. Os constantes investimentos em energia viabilizam não só a manutenção e funcionamento da infraestrutura, mas, principalmente, o investimento em tecnologias “mais adequadas” às novas quantidades de energia demandada, entre outros objetivos. Já sobre o manejo eficiente de recursos, à medida que se aperfeiçoa a extração e utilização destes, os custos e o desperdício são reduzidos. A valoração dos impactos ambientais, e repasse dos custos para os agentes causadores, estimulam o uso consciente dos recursos, reduzindo custos com recuperação ambiental. E por fim a endogeneização, promove a autossuficiência que, em geral, reduz custos com importação, além do incentivo a inovações.

Como destacado na introdução desta seção, não há um isolamento entre as variáveis atribuídas a cada uma das dimensões. Os pontos elencados que estão associados à dimensão econômica poderiam ser associados à ambiental, à espacial/

geográfica, à cultural e principalmente à social, dada à presença do homem em tais ações.

2.2.2 Dimensão social

Analisar indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável, considerando a dimensão social, implica em se observar fatores que possuam ligação com a energia e a sociedade, tais como acesso à energia e capacidade de pagamento (PEREIRA JUNIOR et al., 2013; INTERNATIONAL..., 2005).

Em países em desenvolvimento esta dimensão passa a ter maior importância do que em países desenvolvidos, por refletir aspectos ligados à desigualdade. Mas, independente da situação do país, a preocupação maior desta dimensão é considerar “o bem estar humano, a condição humana e os meios utilizados para aumentar a qualidade de vida” (VAN BELLEN, 2006, p. 37).

Nas obras de Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Daly (1991) e Sachs (2002; 1993), verifica-se que a dimensão social implica no foco nas necessidades da sociedade, garantindo que as pessoas tenham acesso a bens e serviços básicos de boa qualidade, necessários a uma vida digna. Corroborando este pensamento, Philippi Jr e Malheiros (2012, p. 21) destacam que a sustentabilidade social é orientada por uma visão de sociedade “fundada em uma civilização do ser, em que exista maior equidade na distribuição do ter e da renda, de modo a melhorar substancialmente os direitos e as condições de amplas massas de população”, reduzindo a diferença entre os diferentes padrões de vida.

Dois pontos gerais podem ser destacados como critérios, que podem ser considerados quando se pensa em indicadores energéticos, no que se refere à dimensão social (MONTIBELLER-FILHO, 2008, p. 55):

- Criação de postos de trabalho que permitam a obtenção de renda individual adequada (à melhor condição de vida; à maior qualificação profissional).
- Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais.

Destes pontos, a diminuição do desemprego gera a possibilidade monetária de se ter acesso à energia necessária, a ser consumida diariamente pelo indivíduo. Já ao que se refere à produção prioritária às necessidades básicas, esta gera a possibilidade estrutural para o acesso do indivíduo, por exemplo, à construção de

redes elétricas. O não atendimento a um destes pontos inviabiliza o atendimento da demanda energética da sociedade, pois, considerando uma sociedade capitalista, sem recursos para pagar os custos de acesso à energia, esta não é disponibilizada, e no caso da ausência de infraestrutura, mesmo com a população empregada o acesso também se torna restrito.

De forma complementar a estes pontos, com a leitura de Sen (2000), pode-se associar o desenvolvimento a liberdades tangíveis e intangíveis, que garantam condições dignas de vida. Estas liberdades estão ligadas, além das condições de acesso a bens/serviços e oportunidades econômicas, que de alguma forma podem ser relacionadas à energia, também à erradicação da pobreza, remoção da tirania, negligências e repressão. Contudo, para a formação de indicadores, estes últimos itens são de avaliação mais complexa, dado o possível envolvimento de aspectos políticos, culturais e até religiosos.

Sobre esta gama de áreas que permeiam a dimensão social, pode-se notar a ligação destas áreas, também, com as demais dimensões, pois, de forma simplificada, as ações relacionadas a emprego, produção e consumo – por exemplo – movimentam valores que movimentam a dimensão econômica e se relacionam com a dimensão espacial/geográfica. No caso dos bens e serviços, propriamente ditos, as ações ligadas à extração de recursos e emissão de poluentes e gases de efeito estufa, que podem refletir aspectos culturais, degradam o ambiente e, em contrapartida, prejudicam a qualidade de vida.

2.2.3 Dimensão ambiental

Observando autores que tratam do tema desenvolvimento sustentável, como Ignacy Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006) e Montibeller-Filho (2008), se pode assumir que a inclusão da dimensão ambiental, como tema, nas discussões de desenvolvimento, ocorreu devido ao reconhecimento de que os processos de produção e consumo geram algum impacto no meio ambiente, resultando em problemas ambientais.

Ao se falar de sustentabilidade, encontra-se na literatura tanto o termo ambiental quanto o ecológico. Sachs os diferencia, apresentando a sustentabilidade ecológica como sendo referente à “preservação do potencial do capital na sua

produção de recursos renováveis” e à limitação do “uso dos recursos não-renováveis” (SACHS, 2002, p. 86). Ao passo que a sustentabilidade ambiental se refere ao “respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais” (SACHS, 2002, p. 86). A dimensão ambiental, apresentada nesta dissertação, abrange estas duas definições.

Dentre os problemas ambientais, Cima (2006, p. 27) destaca como relevantes “a poluição atmosférica, da água e dos solos, o desflorestamento das áreas florestais e o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera”. E ainda, menciona que quando se busca o que ocasiona tais problemas chega-se à extração, transformação e consumo de recursos energéticos. Sendo que, estes processos também levam ao esgotamento dos recursos não renováveis, trazendo incertezas a respeito da sustentabilidade do fornecimento de energia, de fontes específicas, no longo prazo.

Assim, para que um tomador de decisão possa planejar formas de garantir o suprimento futuro de energia, é necessário o levantamento e a análise de informações que incluam elementos da dimensão ambiental. Segundo Montibeller-Filho (2008), estas informações devem possibilitar: decisões que levem ao uso dos potenciais dos ecossistemas, minimizando os danos a estes; e a preservação das fontes de recursos energéticos e naturais.

Sobre a otimização do uso dos recursos energéticos, Daly (1991, p. 34-35) faz uma crítica ao atendimento do aumento da demanda pela simples expansão dos modelos já existentes, sugerindo que, além do planejamento na geração de energia, também seja estudada e planejada uma forma de alcançar maior eficiência no consumo energético final, reduzindo o desperdício e a poluição.

Para se mudar o cenário que existe hoje, é necessária uma mudança de foco, ou seja, “em lugar de se concentrar em ações corretivas, as novas abordagens ao desenvolvimento devem prevenir as agressões ao meio ambiente e [conseqüentemente] os custos sociais excessivos” (SACHS, 1993, p. 43).

Montibeller-Filho (2008, p. 55), em resumo dos elementos apresentados por Sachs (1993), relacionados à dimensão ambiental, cita seis pontos que devem ser considerados, quando se objetiva a “melhoria da qualidade do meio ambiente e preservação das fontes de recursos energéticos e naturais para as próximas gerações”:

- Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas.
- Prudência no uso de recursos naturais não renováveis.
- Prioridade à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis.
- Redução da intensidade energética e aumento da conservação de energia.
- Tecnologias e processos produtivos de baixo índice de resíduos.
- Cuidados ambientais.

Na construção de indicadores, como citado por Philippi Jr e Malheiros (2012), estudos e critérios devem ser cuidadosamente escolhidos. No caso dos indicadores energéticos os pontos destacados, por Montibeller-Filho (2008), podem ter relevância como tais critérios para a dimensão ambiental.

2.2.4 Dimensão espacial / geográfica

A sustentabilidade espacial / geográfica, foco desta dimensão, também é conhecida como sustentabilidade territorial. Indiferente do termo utilizado, acaba apresentando o mesmo objetivo: “evitar a excessiva concentração geográfica de populações, de atividades e do poder” (MONTIBELLER-FILHO, 2008, p. 53). O desequilíbrio destes elementos gera externalidades negativas que afetam o ambiente e que, conseqüentemente, leva a um distanciamento do desenvolvimento sustentável.

A alta concentração populacional, em uma determinada região, acarreta em desgaste ambiental devido, principalmente, à intensificação da extração de recursos naturais, reduzindo a possibilidade da reposição natural destes, e a geração e acúmulo de resíduos, resultando em poluição (PEREIRA; PASINATO, 2015). Este é um exemplo do que um desequilíbrio espacial pode causar, podendo envolver também a destruição de ecossistemas frágeis, entre outros impactos.

A dimensão espacial / geográfica refere-se, também, ao espaço analítico envolvido nos estudos para o desenvolvimento sustentável (SILVA; MENDES, 2005, p. 29), que associado a outros elementos, como limites territoriais, potencial econômico e interesse político, podem explicar o estímulo ou as limitações na busca pela sustentabilidade. Segundo Silva e Mendes (2005, p. 29), “o espaço de análise deve delimitar os atores e recursos em curso para identificar o processo de desenvolvimento”.

Em regiões rurais, as dificuldades para se alcançar a sustentabilidade repousam, principalmente, no modo de produção adotada por estas, que pode

apresentar tanto características altamente sustentáveis quanto insustentáveis. Pode-se citar alguns fatores de insustentabilidade, tais como: gerar desmatamento, uso excessivo de agrotóxico e desencadear processos de erosão, entre outros impactos.

Exposto isto, Sachs (2002, p. 86) destaca algumas medidas para se alcançar a sustentabilidade desta dimensão: mantendo atenção às configurações urbanas e rurais balanceadas – com a eliminação das inclinações urbanas nas alocações do investimento público –, melhoria do ambiente urbano, superação das disparidades inter-regionais e estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis.

A busca por esta relação mais equilibrada entre a cidade e o campo, é resumida em três pontos, para Montibeller-Filho (2008, p. 55):

- Desconcentração espacial (de atividades; de população).
- Desconcentração/democratização do poder local e regional.
- Relação cidade/campo equilibrada (benefícios centrípetos).

Os quais são relacionados a objetivos de se evitar excesso de aglomerações, com a desconcentração espacial, a desconcentração e democratização do poder local e regional e o equilíbrio na relação entre a cidade e o campo.

2.2.5 Dimensão cultural

Assim como as instituições, a cultura é construída a partir de um processo histórico e é conceituada por Silva e Mendes (2005, p. 32) como sendo “um conjunto de experiências humanas ‘cultivadas’ por uma determinada sociedade”. A cultura possui influência na execução de ações e determinação de conceitos como, por exemplo, o que é, ou não, recurso. Sachs (2002, p. 70), atribuindo a definição de recurso ao conhecimento do potencial do meio ambiente e a um processo cultural e histórico, destaca que “o que hoje é recurso, ontem não o era, e alguns dos recursos dos quais somos dependentes hoje serão descartados amanhã”.

A influência mútua, entre a dimensão cultural e as demais dimensões, faz com que a sustentabilidade cultural tenha grande importância na busca por desenvolvimento sustentável. Pois, a cultura está presente desde a formulação de leis e políticas até em questões econômicas, devido à influência da cultura nos padrões de consumo. Contudo, tal influência não é unilateral, sendo assim, a busca pela

sustentabilidade cultural, segundo Van Bellen (2006, p. 38), “está relacionada ao caminho da modernização sem o rompimento da identidade cultural”.

Este “caminho da modernização”, citado por Van Bellen (2006), refere-se às transformações necessárias para se atender as novas demandas da sociedade, ou mesmo, atender demandas antigas, a partir de uma nova forma de agir. O não rompimento da identidade cultural significa que esta não será desconsiderada, o que não significa que esta não possa ser modificada ao longo da história, quando necessário para atender a objetivos mais atuais. Por exemplo, diante da busca por desenvolvimento sustentável, uma determinada sociedade pode optar por substituir uma fonte energética que faz parte de sua cultura, por outra menos poluente.

Sachs (2002, p. 85-86) defende que, para que a sustentabilidade cultural seja alcançada, deve haver uma harmonia entre o respeito à tradição e a inovação, além de autonomia para a elaboração de projetos nacionais, considerando as especificidades da nação, e autoconfiança. Montibeller-Filho (2008, p. 55), baseado em Sachs (1993), destaca a necessidade de se atentar para os dois pontos, que seguem, com o objetivo de “evitar conflitos culturais com potencial regressivo”:

- Soluções adaptadas a cada ecossistema.
- Respeito à formação cultural comunitária.

2.3 CONCEITO E A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES

Os indicadores são instrumentos que geram dados e informações a respeito de um determinado objeto de estudo, que podem ser utilizados, em geral, para a formulação de políticas públicas e posicionamento dos tomadores de decisão. Os componentes, ou parâmetros⁷, a serem medidos/observados dependem diretamente do objetivo para o qual os indicadores foram elaborados, e isso reflete na qualidade das informações geradas. Por exemplo, problemas na coleta de dados ou uso de parâmetros inadequados, ao objeto estudado, podem levar a resultados distorcidos da realidade, resultando em tomadas de decisões ineficientes e até contraditórias aos objetivos iniciais.

⁷ A *Organisation for Economic Co-operation and Development* (2005, p. 143) define parâmetro como uma propriedade que é medida ou observada.

A Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (*Organisation for Economic Co-Operation and Development – OECD*) define indicador como sendo “um parâmetro, ou um valor derivado de parâmetros, que objetiva fornecer informações, descrevendo o estado de um fenômeno, ambiente ou área, com um significado que ultrapassa a associação direta a um valor de parâmetro” (ORGANISATION..., 2005, p. 143). Desta definição, vale ressaltar que não somente o valor apresentado por um indicador deve ser considerado, mas o significado diverso que este valor possa trazer, junto a um determinado contexto, deve ser somado à análise.

Van Bellen (2006, p. 42) afirma que o objetivo dos indicadores é “agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente”, seria uma forma de simplificar as informações sobre fenômenos complexos, deixando-as mais acessíveis. A melhora na comunicação gerada pelos indicadores, segundo Hammond et al. (1995, p. 1), pode ser considerada como uma função social, mas a sua utilização na tomada de decisões, sobre novas dinâmicas sociais ou a eficácia das políticas, acaba tendo um ganho mais amplo.

Assim como são verificadas mudanças nos cenários socioeconômicos, e ambientais, os indicadores também devem ser dinâmicos para que as informações geradas se mantenham condizentes, dentro do contexto estudado. Segundo Bossel (1999, p. 41), a principal razão para a busca de indicadores é o interesse em se antecipar aos problemas, que podem surgir por mudanças que estejam ocorrendo no sistema. Tal antecipação deve possibilitar ações preventivas, ou imediatas, para as novas necessidades, permitindo um rápido controle e até oposição ao processo que pode gerar impactos negativos.

Sobre indicadores utilizados para a elaboração de políticas públicas, preventivas ou corretivas, Hammond et al. (1995) elencam três características que estes devem apresentar para serem eficientes: 1) devem transmitir informação significativa e compreensível aos tomadores de decisão, refletindo a meta de uma sociedade; 2) apresentar relevância para a política, não só tecnicamente mas apresentando tendências ou progressos ambientais em direção a objetivos de política

nacional; e 3) devem apresentar agregação⁸ dos componentes, para que sua utilização seja viável.

Destacando esta relevância para decisões de ordem pública, Martínez (2007, p. 8) afirma que os indicadores têm sido reconhecidos como ferramentas úteis na formulação de políticas e no planejamento estratégico, contudo, o autor faz uma ressalva sobre o processo de elaboração destes. Ele destaca que existem obstáculos para o desenvolvimento de indicadores, como restrições financeiras, principalmente no que diz respeito à dimensão ambiental, influenciando na quantidade e qualidade das informações disponíveis sobre determinados temas.

Segundo Meadows (1998, p. 4), tanto a escolha quanto a utilização de indicadores pode envolver armadilhas, que podem prejudicar o resultado esperado. As seis armadilhas citadas por Meadows (1998, p. 4), e destacadas por Philippi Jr e Malheiros (2012, p. 78), são: 1) Agregação exagerada, de forma que o grande volume de informações pode impossibilitar a compreensão do indicador; 2) Medir o que é mensurável em detrimento do que é importante, optar por medidas como valores monetários em vez de qualidade de vida ou educação; 3) Dependência de um falso modelo, por exemplo, pensar em abundância subterrânea de petróleo, quando isso primeiramente nos diz sobre a capacidade construída de poços de petróleo em relação à capacidade de consumo deste combustível; 4) Falsificação deliberada, manipular os componentes dos indicadores para que os resultados reflitam um cenário melhor do que a realidade; 5) Desviar a atenção da experiência direta, ou seja, confiar cegamente nos números gerados pelos indicadores, mesmo que a experiência mostre um cenário totalmente oposto ao apresentado pelos números; e 6) Incompletude, que é quando os indicadores deixam de incluir detalhes em sua composição, gerando um reflexo parcial da realidade.

Observando os obstáculos, apresentados por Martínez (2007), e as armadilhas, por Meadows (1998), pode-se compreender a dificuldade para que um indicador, ou um conjunto de indicadores, seja reconhecido pelos tomadores de decisão e estudiosos como capaz de contribuir com informação crível e de reduzir as incertezas. De forma mais ampla, pode-se discutir a escolha e utilização de indicadores, como

⁸ Apesar de Hammond et al. (1995) apresentar “agregação” como uma característica de indicador eficiente, vale destacar que a agregação exagerada é tida como prejudicial à compreensão dos indicadores, como destacam Philippi Jr e Malheiros (2012) e Meadows (1998).

um conjunto, classificados pela relação com um tema específico e atribuídos a determinadas dimensões, como as apresentadas na seção anterior.

Nas discussões sobre energia, por exemplo, em períodos anteriores à inclusão das dimensões social e ambiental, os indicadores da dimensão econômica eram a principal referência para muitas tomadas de decisões. Assim, dada a necessidade de informações econômicas, pode-se assumir que os indicadores econômicos estão presentes na pauta de investimentos, e financiamentos, há mais tempo que indicadores de outras dimensões, podendo ser uma explicação, em parte, à ressalva feita por Martínez (2007). Em uma classificação mais atual, segundo Guimarães (2008, p. 47), os indicadores podem ser considerados “ambientais, econômicos, sociais ou indicadores de desenvolvimento sustentável, nesse caso, desenvolvidos incorporando-se essas três dimensões e mais a dimensão político-institucional”.

Apesar de comparativamente os indicadores econômicos serem em maior número e, em geral, com metodologias mais consolidadas, do que os associados a outras dimensões, Philippi Jr e Malheiros (2012, p. 82) destacam que “há uma grande diversidade de indicadores sociais, econômicos e ambientais em uso”, mas, que parte da dificuldade é que “a sua utilização sem estudos e critérios adequados poderá dificultar a avaliação e a comunicação do processo de desenvolvimento sustentável”. Desta forma, estudos mais aprofundados, não só na elaboração de indicadores, mas também na coleta de dados e análise dos resultados, podem fazer com que os indicadores se tornem mais compreensivos.

Objetivando o desenvolvimento sustentável, diversos temas possuem relevância no processo de tomada de decisão. Sendo assim, para a formação dos indicadores, voltados a este objetivo, tiveram que ser reavaliadas algumas metodologias, quando da existência de um indicador anterior (adaptável), ou elaborados a partir das demandas vigentes, resultando em indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS). No caso da energia, os indicadores energéticos, antes voltados para questões econômicas, ou de eficiência energética, tiveram seus objetivos ampliados para buscar o atendimento às demais dimensões. Segundo Pereira Junior et al. (2013, p. 51), foi em 1999 que a “Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) iniciou um programa de longo prazo para a construção de Indicadores para o Desenvolvimento Energético Sustentável”.

O quadro 1 é um esforço em se resumir alguns dos principais fatos relacionados ao processo de desenvolvimento dos indicadores energéticos, para o desenvolvimento sustentável.

Quadro 1 – Avanço internacional na construção de Indicadores Energéticos para o Desenvolvimento Sustentável

Motivação	<ul style="list-style-type: none"> - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no <i>Rio</i> de Janeiro (Rio-92). - Destaque de áreas chaves para o desenvolvimento sustentável.
Em 1992	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração da Agenda 21 global (Rio-92): Necessidade da criação de indicadores para apoiar decisões para o desenvolvimento sustentável, incluindo sobre energia. - Em resposta à Agenda 21, o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da ONU (UNDESA) iniciou a elaboração de um conjunto de indicadores para o desenvolvimento sustentável (IDS). Resultou em 58 indicadores, sendo apenas 3 indicadores energéticos.
Em 1999	<ul style="list-style-type: none"> - A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) iniciou um programa para construção de Indicadores para o Desenvolvimento Energético Sustentável (Indicator for Sustainable Energy Development – ISED).
Em 2001	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de um projeto para a formulação de um conjunto de indicadores energéticos (ISEDs), da IAEA, na nona seção da Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS-9).
Em 2005	<ul style="list-style-type: none"> - A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) em conjunto com a Agência Internacional de Energia (IEA), o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da ONU (UNDESA – UN-ENERGY), Agência de estatísticas da Europa (Eurostat) e a Agência do Meio Ambiente da Europa (EEA) constroem uma nova série de Indicadores Energéticos para o Desenvolvimento Sustentável (Energy Indicator for Sustainable Development – EISD). Resultou em um conjunto com 30 EISDs, divididos nas dimensões social, econômica e ambiental.

Fonte: Adaptado de Pereira Junior et al. (2013), Van Bellen (2006) e International... (2005).

A construção dos indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISD) foi um avanço para se ampliar o conhecimento sobre energia, em diferentes dimensões. Fornecendo base para o fortalecimento destes indicadores, para aplicação global, e até mesmo, a adaptação destes, para a sua utilização em escalas menores, como os necessários para as Agendas 21 locais.

Segundo Silva e Wiens (2010), da mesma forma que o desenvolvimento sustentável é dinâmico, os indicadores também devem ser. Tal dinamicidade, ou adaptabilidade, possibilita que as informações, geradas pelos EISDs, sejam alinhadas às necessidades dos tomadores de decisão, minimizando as incertezas para a resolução de problemas.

2.4 FONTES DE ENERGIA, TECNOLOGIAS E IMPACTOS

A construção desta seção se fez necessária, como forma de conhecer qual tecnologia é utilizada, para cada uma das principais fontes de energia, possibilitando o reconhecimento dos benefícios e impactos negativos, relacionados às dimensões voltadas para o desenvolvimento sustentável.

A energia, bem como sua fonte energética, é classificada em não renovável e renovável. A energia não renovável é aquela cujo recurso é esgotável, ou seja, limitado à quantidade existente no planeta, não sendo possível a sua renovação na velocidade exigida pela demanda, como os combustíveis fósseis e energia nuclear. Já a energia renovável é aquela cujas fontes são capazes de renovação, por meios naturais, sendo assim consideradas como fontes inesgotáveis de energia, como a energia hidráulica, solar, eólica, biomassa e oceânica (GOLDEMBERG, 2012).

Aos diferentes tipos de energia são empregadas tecnologias para sua extração e conversão em energia útil. Para Jannuzzi (1997, p. 9), energia útil é “a energia realmente demandada pelo consumidor” e geradora, não só de benefícios, mas, de impactos negativos nas diversas dimensões. Hinrichs et al. (2014), sobre isso, destacam que qualquer ação do homem gera algum impacto no meio ambiente. Assim, a introdução de tecnologias para extração, transformação ou consumo de recurso energético resultará em algum tipo de impacto, o qual poderá ser mais danoso, ou menos, dependendo do tipo de alteração que promoverá.

Para compreender alguns tipos de impactos socioambientais, que determinadas tecnologias podem gerar, segue uma breve apresentação dos principais recursos energéticos não renováveis e renováveis.

2.4.1 Petróleo

O petróleo possui grande representatividade nas matrizes energéticas, em todo o mundo, e o interesse por este recurso se deve a uma série de combustíveis e produtos (como plástico e borracha), derivados dele. Nas décadas de 1950 e 1960, o seu uso foi difundido principalmente pelo seu baixo custo, proporcionado pela disponibilidade abundante, e condizente com o objetivo de crescimento econômico

dos países, na época. Tal difusão resultou no desenvolvimento de tecnologias, baseadas neste combustível, que continuaram exigindo a utilização desta energia, mesmo quando limitações, na sua disponibilidade, fizeram com que o seu custo não fosse tão atrativo. O aumento dos custos e a limitação de acesso ao petróleo, junto à análise de impactos ambientais – causados por esta fonte energética –, estimularam a busca por fontes de energias alternativas (HINRICHS et al., 2014).

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos líquidos, de diferentes classificações, que é utilizada como base de combustíveis, não renováveis, e outros produtos derivados. Segundo Hinrichs et al. (2014) e Reis et al. (2012), há um consenso de que, para a formação do petróleo, há a necessidade de matéria orgânica acumulada e depositada em bacias sedimentares, sob o efeito de altas temperaturas e pressão, ao longo de muito tempo (milhares de anos). Dada esta formação, os combustíveis derivados do petróleo são considerados de origem fóssil.

As jazidas de petróleo podem ser exploradas por perfuração, utilizando sondas em terra (*onshore*), ou no mar (*offshore*), obtendo assim poços de extração. Para se utilizar o petróleo, é necessário que este passe por um processo de refinamento, para a transformação do estado bruto em seus derivados, que dentre eles estão os combustíveis: gás liquefeito de petróleo (GLP); gasolina; querosene; óleo diesel e óleo combustível – usualmente utilizados para obtenção de calor (REIS et al., 2012; HINRICHS et al. 2014).

Para a transformação destes combustíveis em energia útil – energia mecânica, térmica ou elétrica – é necessário que estes passem pelo processo de combustão, resultando na emissão de grande quantidade de gases de efeito estufa (GEE), que geram impactos negativos à saúde e ao meio ambiente, com a poluição do ar e alterações climáticas. Outros graves impactos, relacionados ao petróleo, decorrem de vazamentos deste, durante a sua extração ou transporte, podendo gerar graves problemas ambientais, como o aumento de toxicidade da água e do solo, envenenamento de seres vivos, bloqueio da luz solar no mar (essencial para a vida marinha) e outros problemas gerados pelo contato do petróleo com a vegetação, solo, mar e seres vivos (HINRICHS et al., 2014).

2.4.2 Outros combustíveis fósseis não renováveis

- Gás natural

O gás natural (GN) pode ser convertido, por meio de combustão, em energia térmica, com fins de aquecimento, ou em energias mecânica e elétrica, com o uso de turbinas e geradores movidos à combustão. O GN é abundante e pode ser encontrado na natureza na forma de gás associado, quando encontrado em reservas de petróleo, e gás não associado quando encontrado sozinho. O principal composto do GN é o metano e pode ser encontrado no estado gasoso ou acumulado em formações rochosas. Sua exploração é dada, de forma similar à exploração do petróleo, a partir da perfuração de poços. Sua formação é como base na lenta decomposição de matéria orgânica, com pouco oxigênio, sob elevadas temperaturas e pressão. A distribuição pode ser feita por meio de redes de gasodutos (HINRICHS et al., 2014, p. 274).

- Carvão mineral

Assim como o GN, o carvão mineral é convertido em energia útil por meio de combustão. Sua formação também envolve decomposição de matéria orgânica, com pouco oxigênio, sob elevadas temperaturas e pressão. O carvão mineral se apresenta em estado sólido e é classificado em quatro tipos diferentes, de acordo com a idade, teor de água e valor calorífico, podendo ser: lignitos; sub-betuminoso; betuminoso (tipo mais abundante e valor calorífico elevado); e antracito (carvão muito duro, alto valor calorífico e com queima prolongada).

A sua extração é feita por mineração de superfície, ou seja, a terra e rochas sobre o carvão são retiradas com escavadeiras, para então se fazer a extração do carvão, com a fragmentação e transporte por caminhões. Tal processo, como apresentado por Hinrichs et al. (2014) é altamente danoso ao meio ambiente, pois ao remover a vegetação e vida selvagem presentes na superfície explorada, a capacidade de recuperação do local torna-se incerta. Em casos em que não é feita a reposição cuidadosa do solo é desencadeado o processo de erosão. No entanto, a recolocação do solo, e reflorestamento, não garante a revitalização do local, pois com a extração do carvão pode-se alterar o suprimento de água, ocasionando seca, e

alterar a acidez da água, de forma nociva para a vegetação e vida aquática nas proximidades.

Em ambos os casos, do gás natural e do carvão mineral, além dos impactos ligados à extração o impacto da queima destes recursos, para transformação em energia útil, libera gases de efeito estufa, em especial o dióxido de carbono (CO₂).

2.4.3 Energia nuclear

A energia nuclear trata-se da “energia armazenada no núcleo dos átomos” (REIS et al., 2012, p. 232), que pode ser convertida em energia elétrica. O principal elemento utilizado para a geração da energia nuclear é o urânio, metal encontrado nas rochas da crosta terrestre, que, além de sua utilidade na geração de energia, também é utilizado para produzir material radioativo para utilização na medicina e na agricultura.

O urânio é um minério encontrado em abundância na natureza e é obtido pelo processo de mineração, dada a sua formação, similar a do petróleo, gás natural e carvão mineral, é considerada uma energia fóssil. Segundo Reis et al. (2012, p. 233), para a utilização do urânio como “combustível em um reator nuclear, para geração de eletricidade, este deve ser processado por uma série de etapas: a estas etapas dá-se o nome de ciclo do combustível nuclear”.

Parte deste ciclo, de forma simplificada, inicia a partir da mineração de rochas contendo o urânio, a qual passa pelo processo de trituração, até obter uma forma fina, e em seguida passa por processo de lixivação⁹, com ácido sulfúrico, para separação do urânio dos resíduos rochosos. Após precipitação da solução resultante, obtém-se um concentrado de ácido de urânio – *yellow cake*. Este material é gaseificado em uma usina de conversão e posteriormente enriquecido até níveis requeridos, tornando-se gás hexafluoreto de urânio (UF₆) enriquecido. O UF₆ enriquecido é transformado em pó de dióxido de urânio (UO₂), que é prensado e colocado em cilindros de uma liga de zircônio, ou de aço inoxidável, para que sejam formadas varetas de elementos

⁹ Processo em que o movimento de uma substância aquosa em determinado material composto permite a separação dos materiais que o compõem.

combustíveis, para uso em reatores nucleares (REIS et al., 2012, p. 234-237; HINRICHS et al., 2014, p. 571-586).

Para a geração de energia elétrica é necessário que haja a fissão nuclear, controlada, dos elementos combustíveis citados. A fissão nuclear, segundo Reis et al. (2012) e Hinrichs et al. (2014), é o processo de quebra do núcleo atômico em dois fragmentos, com a liberação de grande quantidade de energia. Este processo, quando feito com o urânio enriquecido, dá início a reações em cadeia de fissão consecutiva e crescente, em progressão geométrica, fazendo com que o processo de fissão se auto sustente e que a quantidade de energia gerada seja crescente a cada processo. Na figura 1 podem ser verificadas as quantidades de carvão ou petróleo equivalentes para gerar a mesma quantidade de energia que um quilo (1Kg) de urânio.

Figura 1 – Equivalência entre combustíveis para a mesma quantidade de energia



Fonte: Hinrichs et al. (2014, p. 565).

Apesar de a energia nuclear ser considerada uma energia limpa por não emitir gases do efeito estufa (CO_2), o seu processo de geração, resulta em resíduos dotados de radioatividade e toxicidade, ambos altamente prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Assim, os grandes impasses sobre o uso da energia nuclear giram em torno do controle do processo de fissão, nos reatores nucleares, e da segurança dos resíduos resultantes. Atualmente o armazenamento destes resíduos é feito de duas formas, conforme o tipo de resíduo: 1) resíduos radioativos de “alto teor” permanecem termicamente aquecidos, por mais de 1.000 anos, e são armazenados em piscinas de água, para garantia de isolamento radioativo e resfriamento térmico; e 2) resíduos radioativos de “baixo teor” não possuem a necessidade de controle térmico, assim,

após o seu selamento em recipientes adequados são enterrados (REIS et al., 2012; HINRICHS et al., 2014).

Apesar do controle dos processos de geração de energia nuclear, e do cuidado com o armazenamento de resíduos, o risco de vazamento é um problema constantemente levantado na discussão sobre a ampliação do uso desta energia. Tal temor possui base em incidentes já ocorridos na história. Por exemplo, em Three Mile Island (nos Estados Unidos, em 1979), quando um problema no sistema de refrigeração gerou a liberação de gás radioativo na atmosfera, e em Chernobyl (na União Soviética, atual Ucrânia, em 1986), quando o superaquecimento de um reator incorreu em uma explosão, seguida da liberação de material radioativo. Em Fukushima Daiichi (no Japão, em 2011), diferente dos dois casos anteriores que decorreram de problemas operacionais, foi um terremoto seguido de tsunami que danificou a estrutura da usina nuclear, resultando em explosões e liberação de material radioativo.

2.4.4 Energia hidráulica

O recurso hidráulico trata-se de uma fonte renovável de energia, que consiste no uso do fluxo de água para conversão em energia útil. Este recurso energético, segundo Reis et al. (2012, p. 252), foi difundido na Europa por volta do século XVIII, no entanto, não era gerada energia elétrica e sim energia mecânica, por meio de moinhos hidráulicos. Com a descoberta da energia elétrica, este sistema inovou para o uso de turbinas-geradores, capazes de transformar a energia hidráulica em energia elétrica. Existem duas formas de obtenção da energia hidráulica: usinas hidrelétricas, para se gerar energia em grande escala; e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), ou microusinas hidrelétricas, que geram energia em pequena escala.

As PCHs possuem menor porte e não exige à construção de barragens, sendo assim, são consideradas de baixo impacto ambiental, seu sistema consiste no uso de pequeno, mas constantes, fluxo de água advinda de rios (fio d'água) e o uso de roda-d'água ou turbina. Sua geração pode ser utilizada para suprir a demanda elétrica de

uma a cem casas, à exceção do uso de aquecimento elétrico que exige potências mais elevadas (HINRICHS et al., 2014; ARDIZZON et al., 2014).

No caso das usinas hidrelétricas, estas são capazes de gerar grandes quantidades de energia elétrica e, por meio de redes de transmissão, distribuí-la para diversas localidades. As usinas hidrelétricas necessitam da construção de grandes reservatórios de água e uso de turbinas de grande porte. Dentre os modelos de turbinas estão as do tipo Pelton (fotografia 1) – queda d'água de 350m a 1100m – e a Francis – queda d'água de 40m a 400m (HINRICHS et al., 2014; REIS et al., 2012; CYPRIANI et al., 2012).

Fotografia 1 – Turbina modelo Pelton



Fonte: Arquivo pessoal – Visitação à Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza, em Antonina (PR) – 15/05/2004.

Apesar de as usinas hidrelétricas não gerarem poluição com o seu funcionamento, ainda assim, geram impactos sociais e ambientais. Segundo Hinrichs et al. (2014, p. 508-509), a construção das barragens, para a formação de reservatórios da água, necessário para o funcionamento das turbinas-geradoras, implica no alagamento de grandes áreas. Este processo impacta diretamente no bioma, pela eliminação do hábitat de espécies animais e vegetais, que podem até

apresentar risco de extinção, além do desalojamento de moradores da região (vilas, fazendas e até cidades).

Outros pontos negativos, com relação à água represada, referem-se aos riscos estruturais da barragem. Por exemplo, com um movimento de placas tectônicas, podem-se gerar fissuras na estrutura, resultando na liberação de grandes volumes de água em regiões povoadas. Os reservatórios também podem proporcionar: a retenção de poluentes produzidos pelas cidades; o aumento de vetores de protozoários; a diminuição do fluxo de nutrientes; e a modificação da vida aquática (HINRICHS et al., 2014, p. 509).

2.4.5 Energia Solar

A energia solar é uma fonte renovável abundante, da qual se pode obter energia térmica ou elétrica, dependendo do tipo de tecnologia usada para a conversão da radiação solar¹⁰. As tecnologias utilizadas para tal conversão são: a termossolar e a fotovoltaica. A energia termossolar, consiste na captação da energia térmica do sol, por meio de tecnologia baseada em vidro ou espelho, dependendo da intensidade térmica desejada.

Segundo Reis et al. (2012, p. 243), a energia termossolar se divide em três tipos de sistemas de aproveitamento da energia térmica: 1) Sistema solar ativo, que consiste na captação da energia solar à baixa temperatura, com a utilização de vidros. Esta energia pode ser utilizada para o aquecimento de água e ambientes e, até mesmo, para transformação de água salina em água doce; 2) Sistema termossolar, propriamente dito, possui tecnologia mais complexa que o sistema solar ativo, normalmente envolvendo espelhos, cuja captação da radiação solar gera temperaturas elevadas, possibilitando até a vaporização de líquidos, que podem ser utilizados para movimentar turbinas; e 3) Sistema solar passível, relacionado a projetos arquitetônico com o objetivo de conforto térmico e otimização da luminosidade natural.

A energia solar fotovoltaica parte da utilização de fotocélulas para captação da irradiação solar, para transformação direta em energia elétrica. De acordo com

¹⁰ A radiação solar é indiretamente responsável por outras fontes de energia como a eólica, a de biomassa, a das ondas, etc. Tal utilização não será discutida nesta dissertação.

Hinrichs et al. (2014, p. 481), as fotocélulas são responsáveis pelo processo fotovoltaico, ou seja, a liberação de elétrons quando a luz atinge determinados metais, como silício monocristalino, arseneto de gálio, sulfeto de cádmio, entre outros. Dada a atual abundância de silício, este é o material presente na maioria das fotocélulas.

Sobre a utilização da energia fotovoltaica, ela pode se dar em três sistemas. O sistema autônomo isolado, sem conexão com a rede elétrica, que pode ser com ou sem armazenamento de energia em baterias. O segundo sistema é o autônomo híbrido, isolado da rede elétrica, mas com geração integrada com geradores a diesel ou turbinas eólicas, por exemplo. O terceiro sistema é conectado à rede elétrica, como uma fonte complementar a esta rede (REIS et al., 2012, p. 251).

A disponibilidade da principal matéria-prima das fotocélulas, o silício, permite a expansão do uso da energia solar. Contudo o elevado preço desta tecnologia limita a sua difusão. Quanto aos impactos sociais e ambientais, Hinrichs et al. (2014, p. 479) destacam que não há impactos relacionados ao uso ou, pelo menos, são mínimos.

2.4.6 Energia eólica

A utilização da energia eólica vem, segundo Reis et al. (2012, p. 256), desde as velas utilizadas para impulsionar barcos, passando pelos moinhos, utilizados para moagem de grãos e bombeamento de água, até chegar à utilização de turbinas eólicas, para transformação da energia dos ventos em eletricidade. Trata-se de uma energia renovável, abundante, que não emite gases de efeito estufa (GEE) ou resíduos. Segundo os autores, a energia eólica consiste:

[...] na energia cinética contida nos movimentos das massas de ar na atmosfera (ventos), produzidos essencialmente por meio do aquecimento diferenciado das camadas de ar pelo sol (geração de diferentes densidades e gradientes de pressão), e por meio do movimento de rotação da Terra sobre o seu próprio eixo (REIS et al., 2012, p. 257).

As turbinas eólicas, utilizadas para a captação da energia cinética, podem se apresentar em diferentes tamanhos, que resultam em diferentes potências. Quanto à posição do rotor, componente principal na captação da energia, é ela que caracteriza

as turbinas eólicas em horizontais, como as apresentadas na fotografia 2, ou em verticais. Tais diferenças de especificações são determinantes para a potência gerada, entre outros fatores, dependendo da área de implantação das turbinas, de questões geográficas e do clima. A escolha do tipo e da magnitude da turbina para uma determinada localidade depende de levantamento de diversos dados técnicos, tais como: força e direção do vento, condições do solo, vegetação, etc (HINRICHS et al., 2014; REIS et al., 2012).

Fotografia 2 – Turbinas eólicas de eixo horizontal



Fonte: Arquivo pessoal – Visitação à Usina eólica Cerro Chato III, em Santana do Livramento (RS) - 03/10/ 2011.

A respeito da aplicação da energia gerada pelas turbinas, Reis et al. (2012, p. 261) classificam em três sistemas: 1) Sistemas independentes ou isolados, de pequeno porte, até 80 kW, possuem custos elevados devido à necessidade de sistema de armazenamento de energia; 2) Sistemas de apoio (híbrido), de pequeno a médio porte, de 81 a 500 kW, atuam em conjunto com outra fonte de energia, como geradores a diesel ou módulos fotovoltaicos, com o objetivo de obter otimização energética; e 3) Sistemas interligados à rede elétrica, de grande porte, e podem apresentar ligação com a rede de modo direto ou indireto, dependendo do tipo de gerador utilizado.

Segundo Hinrichs et al. (2014, p. 493), a diferença de tamanho das turbinas eólicas e os diferentes tipos de sistema de aplicação, possibilitam uma maior adaptabilidade às demandas energéticas, podendo ser utilizada desde a escala residencial até em grandes escalas, como parques eólicos. Essa diversidade de escala e sistema de aplicação se caracteriza como um fator positivo para a sua utilização.

No que se refere aos impactos negativos, apesar de serem considerados pequenos, se comparados com as fontes energias não renováveis, a energia eólica possui impactos tanto sociais, quanto ambientais. Hinrichs et al. (2014) destacam como os principais problemas identificados: a poluição visual; barulho gerado pela rotação das pás; interferências nas comunicações; e impactos de aves e morcegos com as pás.

2.4.7 Energia da biomassa

A energia da biomassa deriva de matéria orgânica, podendo ter como origem a matéria oriunda: das florestas nativas e plantadas (madeira, folhas, etc); da agroindústria (grãos); e dos resíduos orgânicos urbanos (restos de alimentos e outros elementos orgânicos). Essa energia pode ser utilizada em diferentes formas: a partir do estado sólido, por exemplo, pedaços de madeira que podem ser queimados para a liberação de energia; a partir do estado líquido, formado pelo processo de fermentação dos grãos e alguns resíduos (etanol e metanol); e a partir do estado gasoso, formado pelo processo de altas temperaturas e pressão (biogás) (REIS et al., 2012; HINRICHS et al., 2014).

A função deste recurso é diversa, tanto em residências, quanto em indústria, podendo movimentar veículos, aquecer água e ambientes, movimentar geradores, reduzir resíduos sólidos orgânicos, entre outros. Da mesma forma que as possibilidades de sua utilização são amplas, seus impactos socioambientais também possuem diversos apontamentos. Segundo Hinrichs et al. (2014), no que se refere ao uso de biomassa pela queima de madeira e à produção e uso do biogás, além da emissão de CO₂, existem outros impactos a serem considerados.

Dentre estes impactos, no caso do uso da madeira como combustível, a preocupação também se dá com a extração deste recurso, pois ela pode gerar o empobrecimento do solo, erosão e outras interferências no meio ambiente decorrentes do desmatamento, que pode não ser compensado pelo reflorestamento. Sobre o biogás, a emissão de CO₂ ocorre, não só com o consumo do combustível, mas, também no processo da sua geração, seja pela decomposição dos resíduos orgânicos (sem a presença de oxigênio e com temperatura elevada), seja pela incineração de resíduos urbanos, que gera vapores, capazes de movimentar geradores. Sobre a incineração, discute-se que os gases emitidos pela sua produção, possuem metais pesados e dioxinas em sua composição. Já houve comprovação de que as dioxinas “causam câncer em animais e estão relacionadas a uma série de outros problemas de saúde, inclusive efeitos genéticos” (HINRICHS et al., 2014, p. 688-689).

Com relação aos combustíveis à base de grãos, que também emitem dióxido de carbono no processo de combustão, apesar desta emissão ser menor do que a combustão de combustíveis fósseis, eles também geram impacto social pela utilização de recursos (grãos) que poderiam ser destinados à alimentação humana e animal (HINRICHS et al., 2014).

2.4.8 Energia oceânica

A energia oceânica é uma fonte de energia renovável, abundante e que não gera resíduo ou gases de efeito estufa. Ela pode ser captada de duas formas, para a conversão em energia útil, por meio da energia das marés e pela energia das ondas. Segundo Reis et al. (2012), a captação da energia das marés é feita pela construção de barragens em áreas de transição (estuário) entre a água doce, de rios e córregos, e a salgada do mar. Nestas barragens são instaladas turbinas, nas passagens de água, para a captação do movimento gerado pela mudança no nível de água no estuário, transformando-o em energia útil. O movimento das marés é ocasionado pela força gravitacional entre a lua e o sol e o movimento de rotação da Terra.

No caso da energia das ondas, ela é baseada na captação do movimento das ondas para a conversão em energia útil. Reis et al. (2012) destaca que, para

interceptar as ondas, para a captação do movimento, pode-se utilizar equipamentos de sistemas fixos ou flutuantes. Ambos os sistemas possuem equipamento que transformam o movimento das ondas em energia mecânica, que ligadas a uma turbina e um gerador, a convertem em energia elétrica.

Sobre os impactos da energia oceânica, em geral, são centrados em problemas ambientais, ligados à diminuição do fluxo de água, na alteração do nível das marés, ou mesmo a redução da energia das ondas, sendo estes, problemas atribuídos à instalação dos equipamentos de captação de movimento. Tal interferência no fluxo de água gera modificações nos organismos marinhos, interferência no ciclo reprodutivo e na cadeia alimentar de seres aquáticos e de algumas aves (REIS et al., 2012).

2.5 INDICADORES ENERGÉTICOS COMO INSTRUMENTOS DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E INSTITUIÇÕES LIGADAS À PESQUISA SOBRE ENERGIA

Apresentadas a Teoria da Construção Social da Tecnologia (SCOT), Sistemas Tecnológicos e a Abordagem Institucional, na primeira seção, passando nas seções seguintes pelas dimensões relacionadas ao desenvolvimento sustentável, o conceito de indicadores e as diferentes fontes de energia, cabe nesta seção trazer os conjuntos de indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISDs) e as instituições ligadas à pesquisa sobre energia.

A iniciativa da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) em conjunto com a Agência Internacional de Energia (IEA), o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da ONU (UNDESA – UN-ENERGY), Agência de estatísticas da Europa (Eurostat) e a Agência do Meio Ambiente da Europa (EEA) em construir os indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISD), como já apresentado, resultou em 30 EISDs, divididos nas dimensões social, econômica e ambiental.

Buscou-se, a partir desta informação, verificar a repercussão dos EISDs divulgados pela IAEA, bem como seu *status* até 2016. Este foi um primeiro passo para a seleção dos indicadores energéticos para esta dissertação. No entanto, os passos metodológicos utilizados para seleção dos indicadores e análise, da bibliografia e

documentos levantados, encontram-se detalhados no Capítulo 3. Nesta seção, cabe uma prévia apresentação do conjunto de EISDs, divulgados pela IAEA, e sobre a sua relação com as instituições ligadas à pesquisa sobre energia, em diversos países.

Sobre tais instituições, após a análise bibliográfica, foram identificadas dezenove (19), de origens diversas. Além do Brasil (Agência Nacional de Energia Elétrica; Petrobrás; Empresa de Energia Elétrica; e Ministério de Minas e Energia) foram identificadas origens como França (Helio International), Canadá (Hydro-Québec), Japão (Agency for Natural Resources and Energy; Federation of Electric Power Companies of Japan; e Ministry of Economy, Trade and Industry), China (Energy Foundation China), Índia (Shakti Sustainable Energy Foundation), Europa (European Statistics), Nações Unidas (International Atomic Energy Agency; International Energy Agency; Intergovernmental Panel on Climate Change; United Nations' Inter-agency Mechanism on Energy; e World Energy Council), Estados Unidos (Tennessee Valley Authority) e América Latina e Caribe (Organización Latinoamericana de Energía).

A respeito da identificação de conjuntos de EISDs, nos documentos levantados a partir das dezenove (19) instituições citadas, e algumas bibliografias relacionadas a estas, buscou-se conjuntos de indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável, ou seja, que se apresentassem com, no mínimo, as dimensões econômica, social e ambiental. Ao serem identificados tais conjuntos, verificou-se que o que apresenta o maior número de EISDs é o divulgado pela IAEA, com trinta (30) indicadores, tornando-se assim a base para a comparação com os demais EISDs, divulgados por outras instituições. Segue o detalhamento sobre os conjuntos identificados em cada instituição.

Com relação aos indicadores energéticos no Brasil, durante o desenvolvimento desta dissertação, em pesquisas na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Petrobrás, Empresa de Energia Elétrica (EPE) e Ministério de Minas e Energia (MME) não foi localizado um conjunto específico¹¹ de indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável. Os indicadores apresentados, por exemplo, no Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2015), trazem informações sobre consumo dos diversos tipos de energia, que fazem parte da matriz energética brasileira,

¹¹ Nas instituições citadas existem indicadores que podem ser selecionados e analisados com a finalidade de alcançar o desenvolvimento sustentável, contudo não se encontrou um conjunto voltado para este fim.

gerando informações com foco na dimensão econômica, não sendo assim, apresentados como um conjunto de EISDs. A apresentação do cenário energético, envolvendo produção de energia, consumo e eficiência, voltados para a dimensão econômica, repetiu-se na ANEEL, Petrobrás e MME.

Em contato com o Ministério de Minas e Energia, confirmou-se que não há uma classificação de indicadores energéticos nas dimensões econômica, social e ambiental, especificamente para o desenvolvimento sustentável. Contudo, Patusco (2015) cita a existência de um “vasto material estatístico de energia, população e economia, que permite obter algumas centenas de indicadores, que cobrem estas dimensões”.

Sobre a Helio Internacional (França), em documento a respeito do processamento de informação para políticas de energia e eco-desenvolvimento¹², é destacada a relevância de um sistema de informação sobre energia (HELIO..., 2014, p. 11). Neste documento é apresentado um conjunto composto por vinte e quatro (24) indicadores.

No caso da Hydro-Québec (Canadá) e da Tennessee Valley Authority (TVA – Estados Unidos), Camargo et al. (2004, p.13-15), em uma proposta de definição de indicadores de sustentabilidade relacionados à geração de energia elétrica, desenvolveram um quadro comparativo dos indicadores das duas instituições. Neste quadro os indicadores, de ambas as instituições, tiveram sua composição detalhada. Com o objetivo de confirmação e atualização deste conteúdo, os conjuntos de indicadores de ambas as instituições, apresentados por Camargo et al. (2004), foram comparados com os seus respectivos relatórios atualizados.

Confirmou-se que tanto a Hydro-Québec quanto a TVA apresentaram um conjunto com seis (6) indicadores, que coincidem entre si, sendo eles: qualidade do ar, eficiência energética, utilização de recursos naturais, qualidade ambiental, qualidade da água, responsabilidade social e ambiental. Tal confirmação foi feita a partir do conteúdo dos documentos: Hydro-Québec (2015), Hydro-Québec (2014), Tennessee... (2014) e Tennessee... (2013). Permitindo assim considerar, como em Camargo et al. (2004, p.13-15), o mesmo conjunto de seis (6) EISDs para a Hydro-Québec e a TVA, para comparar ao conjunto divulgado pela IAEA.

¹² Termo em que envolve dimensões variadas, de forma similar ao desenvolvimento sustentável.

Na América Latina e Caribe, a Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), em Organización... (2003) foi identificado um conjunto de oito (8) EISDs. Buscou-se conteúdo mais recente, contudo não foi obtido sucesso, desta forma optou-se por utilizar este conjunto para a comparação com os EISDs, divulgados pela IAEA, dada a ausência de relatórios atualizados.

Já na World Energy Council (WEC), que tem como origem as Nações Unidas, foi possível localizar documentos recentes, nos quais foram identificados vinte e três (23) indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável (WORLD..., 2015; WYMAN, 2013).

Ao se analisar os documentos disponibilizados pela Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), também das Nações Unidas, pode-se reconhecer a utilização dos EISDs, divulgados pela IAEA, em seus estudos. Esta utilização se confirmou em Intergovernmental... (2014).

Na pesquisa realizada nas instituições japonesas ligadas à energia, ou seja, na Agency for Natural Resources and Energy (ANRE), na Federation of Electric Power Companies of Japan (FEPC) e no Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), ocorreu situação semelhante às buscas nas instituições brasileiras. Encontraram-se estudos com indicadores sobre produção e consumo de energia, com foco na dimensão econômica, contudo não se localizou um conjunto específico de indicadores voltados para o desenvolvimento sustentável. Na Energy Foundation China (EFCHINA - China) e na Shakti Sustainable Energy Foundation (SHAKTI - Índia) obteve-se o mesmo resultado.

Em documentos como a da Agency... (2014), do Japão, e a da Shakti... (2015), da Índia, encontrou-se referência aos EISDs da IAEA. Retomando a pesquisa dos documentos da IAEA, verificou-se em International... (2016) que alguns países não membros da IAEA também utilizam os EISDs divulgados por esta instituição. Dentre eles estão apontados: Brasil, Japão, China e Índia.

Assim, com base em International... (2016), Intergovernmental... (2014), Agency... (2014) e Shakti... (2015), as instituições ligadas à pesquisa sobre energia do Brasil, Japão, China e Índia, citadas nesta dissertação, bem como o IPCC são consideradas instituições que compartilham da utilização do conjunto do EISDs divulgado pela IAEA. Sendo assim, na ausência da divulgação, por parte destas instituições, de conjuntos de EISDs próprios, e diante da informação do compartilhamento do conjunto de EISDs divulgado pela IAEA, para comparação

destas instituições com os trinta (30) EISDs foi considerada a equivalência com todos os EISDs.

Sobre as instituições ligadas à pesquisa sobre energia que participaram da elaboração dos EISDs divulgados pela International Atomic Energy Agency (IAEA), considerou-se a International Energy Agency (IEA), Agência de estatística da Europa (EUROSTAT) e a United Nations' Inter-agency Mechanism on Energy (UN-ENERGY)¹³, de forma conjunta com a IAEA, durante a comparação dos indicadores, sendo estas citadas em apenas uma coluna, no Quadro 2.

O mesmo procedimento foi utilizado para as instituições que possuem equivalência entre os EISDs, como a Hydro-Québec e a TVA. Para as instituições do Brasil, Japão, China, Índia e o IPCC, citadas nesta dissertação, foram separadas em colunas por origem da instituição. A Helio com vinte e quatro (24) EISD, a OLADE com oito (8) EISDs e a WEC com vinte e três (23) EISDs, cada uma é representada em uma coluna para comparação. Desta forma segue a composição de cada coluna do Quadro 2, totalizando as dezenove (19) instituições ligadas à pesquisa sobre energia:

- 1ª coluna: Sigla dos indicadores divulgados pela IAEA.
- 2ª coluna: 4 instituições que participaram da elaboração do conjunto com trinta (30) indicadores – IAEA; IEA; EUROSTAT; e UN- ENERGY.
- 3ª coluna: 1 instituição da França – Helio.
- 4ª coluna: 2 instituições – Hydro-Québec (Canadá) e a TVA (Estados Unidos).
- 5ª coluna: 3 instituições do Japão – ANRE; FEPC; e METI.
- 6ª coluna: 1 instituição da China – EFCHINA.
- 7ª coluna: 4 instituições do Brasil – ANEEL; Petrobrás; EPE; e MME.
- 8ª coluna: 1 instituição das Nações Unidas – IPCC.
- 9ª coluna: 1 instituição da América Latina e Caribe – OLADE.
- 10ª coluna: 1 instituição da Índia – SHAKTI.
- 11ª coluna: 1 instituição das Nações Unidas – WEC.

A comparação dos conjuntos de indicadores para o desenvolvimento sustentável, identificados entre as quinze instituições¹⁴, com os EISDs divulgados pela IAEA foi feita com base nos componentes que formam os indicadores, tendo o seu resultado apresentado no Quadro 2. Foram identificadas quatro situações: (0) a qual não se encontrou equivalência com determinado EISD, ou componente, em nenhum dos indicadores energéticos da instituição comparada; (1) a qual o EISD possui um

¹³ A United Nations' Inter-agency Mechanism on Energy (UN- ENERGY) faz parte do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da ONU (UNDESA).

¹⁴ Excluindo as instituições que participaram da elaboração dos EISDs.

correspondente equivalente nos indicadores energéticos da instituição comparada; (2) a qual o EISD não foi encontrado como equivalente nos indicadores energéticos da instituição comparada, contudo, a sua composição aparece dividida em mais de um indicador da instituição comparada; e (1 e 2) a qual o EISD possui um correspondente equivalente nos indicadores energéticos da instituição comparada e, adicionalmente, seus componentes também estão presentes na forma de indicadores.

Com a intenção de se obter uma visão geral do resultado desta comparação, optou-se por também apresentar, no Quadro 2, as instituições ligadas à pesquisa sobre energia que, apesar de não apresentarem um conjunto específico, utilizam os EISDs (países não membros).

Quadro 2 – Quadro comparativo de indicadores energéticos

(continua)

	IAEA / IEA / EUROSTAT/ UN-ENERGY	Helio	Hydro-Québec /TVA	ANRE/ FEPC/ METI	EFCHINA	ANEEL/ Petrobrás/ EPE/ MME	IPCC	OLADE	SHAKTI	WEC
ECO1	Uso de energia per capita	0	0	1	1	1	1	2	1	2
ECO2	Uso de energia por unidade do PIB	0	0	1	1	1	1	2	1	2
ECO3	Eficiência da conversão e distribuição de energia	1 e 2	1	1	1	1	1	2	1	1
ECO4	Relação reservas/ produção	0	2	1	1	1	1	0	1	0
ECO5	Relação recursos/ produção	0	2	1	1	1	1	0	1	2
ECO6	Intensidades energéticas da indústria	2	0	1	1	1	1	0	1	2
ECO7	Intensidades energéticas do setor agrícola	2	0	1	1	1	1	0	1	2
ECO8	Intensidades energéticas do setor de serviços/ comercial	2	0	1	1	1	1	0	1	2
ECO9	Intensidade energética residencial	2	0	1	1	1	1	0	1	2
ECO10	Intensidades energéticas do transporte	2	0	1	1	1	1	0	1	2
ECO11	Porcentagens de combustíveis na energia e eletricidade	0	2	1	1	1	1	2	1	2
ECO12	Porcentagem de energia não baseada no carbono na energia e eletricidade.	0	2	1	1	1	1	2	1	2
ECO13	Porcentagem de energias renováveis na energia e eletricidade	1	2	1	1	1	1	1	1	2
ECO14	Preços da energia de uso final por combustível e setor	0	0	1	1	1	1	0	1	0
ECO15	Dependência líquida de importações de energia	1	0	1	1	1	1	1 e 2	1	2
ECO16	Reservas de combustíveis críticos por consumo do combustível correspondente	1	2	1	1	1	1	0	1	2

(continua)

	IAEA / IEA / EUROSTAT/ UN-ENERGY	Helio	Hydro-Québec /TVA	ANRE/ FEPC/ METI	EFCHINA	ANEEL/ Petrobrás/ EPE/ MME	IPCC	OLADE	SHAKTI	WEC
SOC1	Porcentagem de residências (ou de população) sem eletricidade ou energia comercial, ou muito dependentes de energias não comerciais	2	0	1	1	1	1	1 e 2	1	2
SOC2	Porcentagem do rendimento familiar gasto em combustível e eletricidade	2	0	1	1	1	1	2	1	2
SOC3	Uso residencial de energia por faixa de renda e correspondente combinação de combustíveis utilizados.	1	0	1	1	1	1	2	1	0
SOC4	Vítimas mortais de acidentes por energia produzida por cadeia de combustíveis	0	0	1	1	1	1	0	1	0
AMB1	Emissões de gases de efeito estufa (GEE) procedentes da produção e uso de energia, per capita e por unidade do PIB	1	2	1	1	1	1	2	1	2
AMB2	Concentrações ambientais de poluentes atmosféricos nas áreas urbanas	2	2	1	1	1	1	2	1	2
AMB3	Emissões de poluentes atmosféricos procedentes dos sistemas energéticos	2	2	1	1	1	1	2	1	2
AMB4	Descargas de contaminantes em efluentes líquidos procedentes dos sistemas energéticos, incluindo as descargas de petróleo	2	1	1	1	1	1	0	1	2
AMB5	Área de solo onde a acidificação excede carga crítica	2	2	1	1	1	1	0	1	0
AMB6	Taxa de desflorestamento atribuída ao uso de energia	1	2	1	1	1	1	0	1	0

(conclusão)

	IAEA / IEA / EUROSTAT/ UN-ENERGY	Helio	Hydro-Québec /TVA	ANRE/ FEPC/ METI	EFCHINA	ANEEL/ Petrobrás/ EPE/ MME	IPCC	OLADE	SHAKTI	WEC
AMB7	Relação entre a geração de resíduos sólidos e unidade de energia produzida	2	2	1	1	1	1	0	1	0
AMB8	Relação entre os resíduos sólidos descartados adequadamente pelo total de resíduos sólidos gerados	2	2	1	1	1	1	0	1	0
AMB9	Relação entre os resíduos sólidos radioativos e unidade de energia produzida	2	2	1	1	1	1	0	1	0
AMB10	Relação entre os resíduos sólidos radioativos em espera de destinação e o total de resíduos sólidos radioativos gerados	2	2	1	1	1	1	0	1	0

Fonte: International... (2005; 2016), Helio International (2014), Intergovernmental... (2014), Organización... (2013), World... (2015), Patusco (2015), Camargo et al. (2004), Hydro- Québec (2015; 2014), Tennessee... (2014; 2013), Agency... (2014) e Shakti... (2015).

Legenda

0	Não identificado indicador equivalente ou que possua algum dos componentes do indicador da IAEA
1	Identificado indicador equivalente ao indicador da IAEA
2	Apresenta indicadores com componentes do indicador da IAEA
1 e 2	Identificado indicador equivalente ao indicador da IAEA e indicador com componentes do indicador da IAEA

Os EISDs, apresentados no Quadro 2, receberam três tipos diferentes de prefixo, que compõem a sigla de cada EISD, seguindo a apresentação original destes, para que se possa distinguir as três dimensões em que os indicadores estão classificados. Assim, o prefixo ECO refere-se a indicadores da dimensão econômica, o prefixo SOC a indicadores da dimensão social e, por fim, o prefixo AMB a indicadores da dimensão ambiental.

Das dezenove (19) instituições ligadas à pesquisa sobre energia, identificadas na literatura, foi verificado que, em porcentagens aproximadas, 21% (4 instituições) participaram da elaboração dos EISDs divulgados pela IAEA, 26,4% (5 instituições) apresentaram em seus documentos um conjunto de indicadores voltados para o desenvolvimento sustentável e 52,6% (10 instituições) utilizam os EISDs divulgados pela IAEA. Desta forma, tem-se aproximadamente 73,6% (14 instituições) de um total de dezenove (19) instituições citadas, em bibliografia, que se referenciam aos EISDs, divulgados pela IAEA, diretamente. Isso reforça a relevância em se analisar este conjunto de indicadores energéticos.

Cabe destacar que, a Helio, a Hydro-Québec, a TVA, a OLADE e a WEC, ao apresentarem conjuntos de indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável, passíveis de comparação com os EISDs da IAEA, não significa que estas não utilizem estes EISDs em seus estudos, pois em Helio International (2014), por exemplo, encontra-se referência aos EISDs divulgados pela IAEA.

Outro ponto a ser destacado, é que a comparação entre os indicadores energéticos possibilita o entendimento de que, a maioria das instituições ligadas à pesquisa sobre energia utilizam os EISDs divulgados pela IAEA. Sobre as cinco instituições que apresentam conjuntos de EISDs próprios, durante a comparação seus indicadores apresentaram alguma relação (1, 2 ou 1 e 2) com os indicadores energéticos da IAEA, isso reforça que a análise destes EISDs, pode gerar conteúdo, para a análise, tanto aos tomadores de decisão que utilizam o conjunto divulgado pela IAEA, quanto pelos que utilizarem os conjuntos divulgados pela Helio, Hydro-Québec, TVA, OLADE ou WEC.

2.6 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Os estudos de ciência, tecnologia e sociedade (CTS) contribuíram para que houvesse a inclusão das dimensões social e ambiental na análise de diversos temas relacionados à tecnologia, por exemplo, a energia. Isso fez com que o planejamento e a tomada de decisão, sobre os mais diversos assuntos, se tornassem mais complexos, devido ao ganho de interdisciplinaridade nas análises. Neste sentido, a teoria da construção social da tecnologia (SCOT), apresentada por Pinch e Bijker, contribuiu não só como teoria, mas forneceu um modelo multidirecional passível de ser aplicado, como um modelo metodológico, a diferentes artefatos. Já o sistema tecnológico, de Hughes, apresentou a integração entre os elementos físicos, ou não, dentro de um mesmo sistema, destacando que a alteração de qualquer um dos componentes implica na modificação dos demais.

Tanto para a SCOT, quanto para os sistemas tecnológicos, a informação e a tomada de decisão possuem relevância e são capazes de gerar modificações significativas, se combinadas às necessidades existentes, em cada período. As dificuldades energéticas, nos anos de 1970, por exemplo, impactaram como um problema a ser resolvido, citado em diversos estudos de CTS. Neste período, no que se refere à energia, as inovações tecnológicas e os indicadores energéticos começaram a ganhar destaque nas discussões, bem como, a necessidade de se ponderar elementos como os das dimensões social e ambiental, junto à econômica.

Com a abordagem institucional, sob o ponto de vista de autores como Cavalcanti et al. (2014), Andrews (2005), Silva e Mendes (2005), Félix (2001) e North (1990), pode-se conhecer a definição para instituição, a sua construção e principalmente a inter-relação entre esta e a sociedade, o que contribui como pano de fundo para a apresentação dos indicadores e das dimensões abordadas nesta dissertação.

Sobre as diferentes dimensões, pode-se verificar que entre elas há uma inter-relação e elementos comuns, e para efeito didático nesta pesquisa, se optou por apresentar cinco dimensões para a análise: econômica, social, ambiental, espacial / geográfica e cultural. Apoiado em autores como Sachs (2002; 1993), Daly (2004; 1991), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Silva (2008), Pereira Junior et al. (2013), Pereira e Pasinato (2015), Silva e Mendes (2005)

e Holzbach (2012) obteve-se elementos que possibilitam a análise de indicadores energéticos, de forma mais ampla do que se restringisse apenas às três dimensões em que a IAEA classificou os EISDs.

A partir dos autores Sachs (1993; 2002) e Montibeller-Filho (2008), destacou-se um total de dezessete critérios gerais, para se alcançar o desenvolvimento sustentável, a serem considerados na análise dos indicadores energéticos selecionados. Na dimensão econômica foram destacados quatro: 1) Fluxo permanente de investimentos públicos e privados; 2) Manejo eficiente dos recursos; 3) Absorção, pela empresa, dos custos ambientais; e 4) Endogeneização.

Na dimensão social, destacaram-se dois critérios: 1) Criação de postos de trabalho que permitam a obtenção de renda individual adequada; e 2) Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais. Na dimensão ambiental, destacaram-se seis critérios: 1) Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas; 2) Prudência no uso de recursos naturais não renováveis; 3) Prioridade à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis; 4) Redução da intensidade energética e aumento da conservação de energia; 5) Tecnologias e processos produtivos de baixo índice de resíduos; e 6) Cuidados ambientais.

Na dimensão espacial / geográfica, foram apresentados três critérios: 1) Desconcentração espacial (de atividades; de população); 2) Desconcentração/democratização do poder local e regional; e 3) Relação cidade/campo equilibrada (benefícios centrípetos). Já na dimensão cultural, foram destacados dois critérios: 1) Soluções adaptadas a cada ecossistema; e 2) Respeito à formação cultural comunitária.

Sobre os indicadores, a partir dos autores Van Bellen (2006), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Guimarães, (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010), além da OECD, verifica-se que, para a análise dos indicadores energéticos selecionados, se deve observar características como: a capacidade de transmissão de informação, compreensibilidade, relevância, agregação¹⁵ e dinamicidade.

¹⁵ No que se refere a indicadores, a agregação é um ponto a ser considerado, contudo, assim como Meadows (1998, p. 23) destaca, deve-se evitar a agregação exagerada, pois esta pode tornar a informação, gerada pelo indicador, indecifrável.

Puderam ser observadas as informações sobre as fontes energéticas e impactos econômicos e socioambientais, causados por estas, a partir dos autores Goldemberg (2012), Jannuzzi (1997), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Ardizzon et al. (2014) e Cypriani et al. (2012). Dentre os impactos negativos, citados, deve-se destacar que a emissão de gases de efeito estufa (CO₂) está presente na maioria das energias e os impactos como alterações nas cadeias alimentares, e habitat, dos seres vivos, também devem ser considerados nas análises.

Outro ponto que deve ser verificado é que, devido a diferentes escalas de geração de energia e requisitos naturais, se faz necessário o levantamento de dados sobre quais energias são de possível instalação em cada região, considerando o menor impacto para as dimensões econômica e socioambiental. No quadro 3, pode-se ver um resumo dos benefícios e impactos das energias apresentadas na seção 2.4.

Quadro 3 – Benefícios e impactos das fontes energéticas

(continua)

Energia	Forma de aquisição	Benefícios	Impactos
Petróleo	Extração – Poços	- Ampla diversidade de derivados combustíveis	- Alta emissão de gases de efeito estufa durante a geração de energia. - Por vazamentos: aumento de toxicidade da água e solo, envenenamento de seres vivos, bloqueio da luz solar no mar e outros problemas gerados pelo contato do petróleo com a vegetação, solo, mar e seres vivos.
Gás natural	Extração – Poços	- Abundância na natureza.	- Alta emissão de gases de efeito estufa durante a geração de energia.
Carvão mineral	Extração – Superfície	- Tipos de carvão com alto valor calorífico	- Alta emissão de gases de efeito estufa durante a geração de energia. - Erosão do solo devido à exploração de superfície.
Nuclear	Extração – Mineração	- Não emite gases de efeito estufa. - Abundância na natureza.	- Geração de resíduos nucleares. - Alto custo com segurança dos resíduos.
Solar	Captação de irradiação solar	- Abundante. - Não gera resíduo. - Pode ser associado a outras energias.	- Alto custo da tecnologia.
Eólica	Captação de energia dos ventos	- Abundante. - Não gera resíduo. - Pode ser associado a outras energias. - Diferentes escalas.	- Poluição visual. - Barulho gerado pela rotação das pás. - Interferências nas comunicações. - Impactos de aves e morcegos com as pás.

(conclusão)

Energia	Forma de aquisição	Benefícios	Impactos
Hidráulica	Movimentação de turbinas por água	<ul style="list-style-type: none"> - Não emite gases de efeito estufa. - Não gera resíduo. - Abundante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Em grande escala, necessidade de alagamento de grandes áreas. - Degradação de vegetação e remoção de população, decorrentes de alagamentos. - Risco de alagamento, devido à fissura nas barragens, de áreas povoadas. - Retenção de poluentes produzidos pelas cidades. - Aumento de vetores de protozoários. - Diminuição do fluxo de nutrientes. - Modificação da vida aquática. - Em pequena escala, impactos no fluxo de rios e em cadeias alimentares.
Biomassa	Processamento de resíduos orgânicos	<ul style="list-style-type: none"> - Abundante. - Redução de resíduo orgânico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emissão de gases de efeito estufa. - Uso de alimentos (grãos); - Emissão de metais pesados e dioxinas (cancerígenas). - Desflorestamento para coleta de madeira. - Empobrecimento do solo em áreas desflorestadas.
Oceânica – Marés	Movimentação de turbinas por água	<ul style="list-style-type: none"> - Abundante. - Não gera resíduo. - Não emite gases de efeito estufa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração do fluxo dos rios. - Retenção de resíduos presentes na água, elevando a poluição em pontos específicos. - Alteração no ciclo reprodutivo e alimentar de seres aquáticos.
Oceânica – Ondas	Movimentação de turbinas por água	<ul style="list-style-type: none"> - Abundante. - Não gera resíduo. - Não emite gases de efeito estufa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração na energia das ondas. Como consequência há a alteração no ciclo reprodutivo e alimentar de seres aquáticos e de algumas aves.

Fonte: Autoria Própria a partir de Goldemberg (2012), Jannuzzi (1997), Hinrichs et al. (2014), Reis et al. (2012), Ardizzon et al. (2014) e Cypriani et al. (2012).

Adicionalmente foi feita uma prévia apresentação dos EISDs divulgados pela IAEA e das instituições ligadas à pesquisa sobre energia. Na literatura, foram identificadas dezenove (19) instituições, as quais tiveram seus documentos pesquisados e analisados na busca por conjuntos de EISDs. Além do conjunto divulgado pela IAEA, foram identificados também na Helio, na Hydro-Québec, na TVA, na OLADE e na WEC, os quais foram comparados com os trinta (30) EISDs divulgados pela IAEA.

No capítulo seguinte é apresentada a trajetória metodológica adotada para o desenvolvimento desta pesquisa.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Prodanov e Freitas (2013, p. 253), a metodologia é “o capítulo que apresenta, descreve e detalha os materiais, os métodos/procedimentos e as técnicas que foram utilizados na realização da pesquisa”. Trata-se de uma etapa importante do trabalho, pois, o seu desenvolvimento permitirá que a coleta de dados seja alinhada aos objetivos.

Assim este capítulo apresenta a metodologia dividida em cinco seções, sendo a primeira de caracterização da pesquisa e tipologia dos dados, a segunda referente à pesquisa bibliográfica, seguida da seção de categorização. A quarta seção traz o método utilizado para a pesquisa documental e na última seção são apresentadas as técnicas de análise que foram aplicadas para o desenvolvimento do capítulo 4.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E TIPOLOGIA DOS DADOS

A pesquisa quando fundamentada em fontes confiáveis e direcionada por questionamentos alinhados ao problema que se pretende resolver, ou adquirir conhecimento para sua posterior solução, permite o enriquecimento científico e amplia as possibilidades decisórias. Na visão de Booth et al. (2008, p. 7), a pesquisa trata da reunião de conteúdo, guiada por uma ou mais perguntas, para resolução de um problema específico.

O presente trabalho, de acordo com os critérios apresentados por Gil (2010, p. 25-29), é classificado, segundo a área de conhecimento, como interdisciplinar envolvendo conteúdos de economia, sociologia, engenharia, gestão, tecnologia e ambiental. A abordagem interdisciplinar permite que um tema possa ser analisado de forma mais ampla, do que se fosse utilizada apenas uma disciplina específica. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, dado que os resultados serão passíveis de aplicação, ou podem ser utilizados na solução de problemas existentes (MARCONI; LAKATOS, 2012). Ao que se refere aos objetivos, geral e específicos, de acordo com Gil (2010) a presente pesquisa é descritiva, pois, visa apresentar as características dos EISDs frente a demanda por sustentabilidade.

Quanto à coleta de dados foi empregando como método o levantamento bibliográfico e documental, sendo utilizada a técnica de análise qualitativa. Segundo Bardin (2011, p. 145-146), a análise qualitativa trata-se de um processo intuitivo,

maleável e adaptável a índices não previstos, que por não estar atrelado a frequências – como a análise quantitativa – possibilita a “elaboração das deduções específicas sobre um acontecimento ou uma variável de inferência precisa” (BARDIN, 2011, p. 145).

Os dados coletados no levantamento bibliográfico/documental, para esta pesquisa, são do tipo secundário baseados em livros, artigos, relatórios, guias/manuais, teses e dissertações, considerando o alinhamento com o tema da pesquisa, a confiabilidade das publicações e disponibilidade (BARDIN, 2011; GIL, 2010; BOOTH et al., 2008). Nas próximas seções são detalhados os métodos aplicados.

3.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica tem como base a contribuição de diversos autores a cerca de um tema específico, neste método não são utilizados dados primários¹⁶, apenas secundários¹⁷ (PRODANOV; FREITAS, 2013). Nesta pesquisa o levantamento bibliográfico foi utilizado para se fazer um mapeamento das principais referências e conceitos de base, relacionados aos indicadores energéticos, tecnologia e desenvolvimento sustentável.

Para tanto foi utilizada a ferramenta *online* EBSCO Discovery Service, disponibilizada na plataforma da UTFPR. Esta ferramenta possibilita a pesquisa simultânea em diversas bases de dados, de forma integrada. Dentre os provedores de conteúdo estão: Academic OneFile; Networked Digital Library of Theses & Dissertations; InfoTrac Newsstand, ScienceDirect; SocINDEX; SciELO; eBook Academic Collection (EBSCOhost); Repositório Institucional da UTFPR; World History in Context; Directory of Open Access Journals e U.S. History in Context.

Os termos pesquisados foram elaborados a partir do tema e palavras-chave propostos para a dissertação, sendo eles: “energia renovável e não renovável”; “indicadores energéticos”; “desenvolvimento sustentável” e “tecnologia e energia”. Todas as pesquisas foram repetidas com os termos pesquisados em três idiomas, o inglês, o português e o espanhol. Ao longo da pesquisa, utilizou-se o operador boleano

¹⁶ Dados brutos sem nenhum tratamento analítico.

¹⁷ Dados analisados por outros autores.

“and” entre as palavras para que a pesquisa apresentasse resultados com todas as palavras pesquisadas, e o símbolo (*) na raiz de algumas palavras como “energ*” que faz com que a pesquisa considere palavras derivadas¹⁸. Na EBSCO foram utilizados, ainda, os limitadores “textos completos” e “português/ inglês/ espanhol”, sendo este último aplicado de acordo com o idioma do termo pesquisado.

A partir dos resultados da pesquisa a seleção dos materiais foi feita na seguinte ordem: 1) Se verificou o alinhamento dos termos encontrados com o tema da dissertação, descartando conteúdos relacionados a disciplinas não pertinentes, como a biologia ou arquitetura, por exemplo; 2) Excluiu-se o conteúdo voltado apenas para questões econômicas e de eficiência energética, ou seja, que não considerasse os impactos socioambientais, evitando assim análises limitadas a apenas à dimensão econômica; e 3) Verificou-se as obras com o maior número de citações, somadas todas as edições disponíveis. Das obras com alinhamento ao tema, mas que não apresentavam citações, considerou-se as referências que embasaram a obra, como um parâmetro de credibilidade ao conteúdo.

No quadro 3 podem ser observadas as principais referências selecionadas na pesquisa bibliográfica.

Quadro 4 – Principais referências pesquisadas sobre desenvolvimento sustentável, indicadores e energia

Ano	Principais referências	Citações
1994	GIBBONS et al. <i>The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies</i>	12.260
1989	BIJKER et al. <i>The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology</i>	4.549
2000	SEN. Desenvolvimento como liberdade	4.139
1993	HUGHES. <i>Networks of power: electrification in Western society, 1880-1930</i>	3.493
1991	DALY. <i>Steady-state economics: with new essays</i>	3.228
2002	SACHS. Caminhos para o desenvolvimento sustentável	1.507
1999	BOSSSEL. Indicators for sustainable development: theory, method, applications	1.113
2006	VAN BELLEN. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa	857
1995	HAMMOND et al. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development.	769
2014	HINRICHS et al. Energia e Meio Ambiente	154
2012	REIS et al. Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável	68

Fonte: Autoria própria.

¹⁸ Por exemplo, uma pesquisa com o termo “energ*” gera resultados que incluem as palavras que possuem a mesma raiz, incluindo gêneros diferentes, singular e plural, tais como: energia; energética; energético, entre outros.

Além das referências indicadas no Quadro 4, seguindo dos critérios apresentados anteriormente – à exceção no número de citações –, foram selecionados livros, artigos e teses/dissertações com número de citações menores, ou mesmo sem citações, quando estes apresentavam conteúdo pertinente a esta pesquisa e embasamento em obras reconhecidas. As referências, aqui citadas, são utilizadas ao longo do Capítulo 2, construindo a fundamentação teórica.

A leitura analítica dos conteúdos selecionados possibilitou, também, que fosse feita uma categorização, como apresentada na próxima seção.

3.3 CATEGORIZAÇÃO

Como forma de simplificar a apresentação, e análise, do conteúdo selecionado na pesquisa bibliográfica, optou-se pelo método de categorização de Bardin (2011), que possibilita classificar os principais elementos teóricos em categorias mais abrangentes. Esta categorização guiou a forma de exposição do conteúdo teórico, no capítulo 2, e contribuirá para o desenvolvimento do capítulo 4, sendo retomada para a análise das contribuições e limitações dos indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável.

A definição das categorias se deu por um processo inverso, apresentado na figura 2. As categorias não foram fornecidas inicialmente e sim surgiram como resultado da “classificação analógica progressiva dos elementos” verificados na pesquisa bibliográfica (BARDIN, 2011, p. 149). Os critérios empregados na classificação foram adaptados ao conteúdo analisado, a partir da determinação de funções explicativas, seguida da separação dos elementos teóricos por proximidade entre si. A partir disso, após a investigação dos pontos em comum entre os elementos teóricos, foram definidas cinco categorias, sendo elas: Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), Instituições, Dimensões, Indicadores e Fontes Energéticas.

Figura 2 – Processo de definição de categorias

Fonte: Adaptado de Bardin (2011).

O processo de categorização é dividido em duas etapas, o inventário e a classificação. Para esta dissertação a etapa relacionada ao inventário corresponde à pesquisa, seleção e separação dos elementos teóricos, e a classificação corresponde a repartição destes elementos em categorias mais abrangentes. Para Bardin (2011, p. 148) “o processo classificatório possui uma importância considerável em toda e qualquer atividade científica”, sendo assim relevante para o desenvolvimento desta pesquisa. O resultado da categorização, com os principais autores, pode ser observado no quadro 5.

Quadro 5 – Categorização do conteúdo pesquisado

Categoria	Elemento teórico	Função	Principais Autores
CTS	<ul style="list-style-type: none"> • SCOT • Sistemas Tecnológicos 	Compreender a complexidade das relações entre a sociedade e as tecnologias, destacando a existência de influência mútua.	Cutcliffe (2003), Pinch e Bijker (1989) e Hughes (1989; 1993).
Instituições	<ul style="list-style-type: none"> • Inter-relação entre atores • Trajetória dependente 	Compreender a inter-relação entre atores e a sua representatividade no estabelecimento de instituições e na alteração destas, quando necessária.	Cavalcanti (2014); Andrews (2005); Silva e Mendes (2005); Félix (2001) e North (1990)

(conclusão)			
Categoria	Elemento teórico	Função	Principais Autores
Dimensões	<ul style="list-style-type: none"> • Econômica • Social • Ambiental • Espacial/geográfica • Cultural 	Verificar elementos relevantes de cada dimensão para se alcançar o desenvolvimento sustentável	Sachs (1993) e Montibeller-Filho (2008)
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores Energéticos • Indicadores de desenvolvimento sustentável 	Conceituar os indicadores e verificar a sua funcionalidade como ferramenta na tomada de decisão.	Van Bellen (2006); Philippi Jr e Malheiros (2012), Pereira Junior et al. (2013)
Fontes energética	<ul style="list-style-type: none"> • Petróleo • Gás natural • Carvão • Nuclear • Hidrelétrica • Solar • Eólica • Biomassa • Oceânica 	Elencar os benefícios gerados por cada tipo de tecnologia e identificar os possíveis impactos negativos nas três dimensões.	Reis et al. (2012) e Hinrichs et al. (2014)

Fonte: Autoria própria.

3.4 PESQUISA DOCUMENTAL E SELEÇÃO DOS INDICADORES

Com relação à seleção dos indicadores energéticos, para o desenvolvimento sustentável, e identificação das metodologias aplicadas na elaboração destes, foi feita uma pesquisa documental, conforme indicada por Marconi e Lakatos (2012, p. 48-57), utilizando fontes escritas secundárias – relatórios de instituições ligadas à pesquisa sobre energia. Prodanov e Freitas (2013, p. 56) definem documento como “qualquer registro que possa ser usado como fonte de informação, por meio de investigação, que engloba”: observação; leitura; reflexão; e crítica.

Para a seleção e classificação destes documentos, foi utilizada como técnica a análise de conteúdo apresentada por Bardin (2011). Contudo, para esta seleção foram necessárias algumas etapas, a partir da pesquisa bibliográfica. Após a seleção de conteúdo, descrita na seção anterior, o material foi reanalisado com foco na busca de instituições ligadas à energia, que disponibilizassem conteúdo envolvendo indicadores energéticos e desenvolvimento sustentável.

Criou-se uma relação com dezenove (19) instituições de origens diversas, como o Brasil, Estados Unidos, Nações Unidas, França, Canadá, Japão, Europa,

América Latina e Caribe, China e Índia, apresentadas no Quadro 6. A partir da citação do nome de uma instituição, em alguma das obras analisadas, se buscou o endereço eletrônico, na *Internet*, e foi iniciada coleta de relatórios e outros documentos, sobre indicadores energéticos, disponibilizados por cada uma das dezenove (19) instituições.

No Quadro 6 pode ser verificada a relação de instituições e suas respectivas origem e endereço eletrônico.

Quadro 6 – Instituições selecionadas, ligadas à pesquisa sobre energia

(continua)

Sigla	Instituição	Origem	Website
-	Helio International	França	www.helio-international.org/
-	Hydro-Québec	Canadá	www.hydroquebec.com/en/
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica	Brasil	www.aneel.gov.br
ANRE	Agency for Natural Resources and Energy	Japão	www.enecho.meti.go.jp/en/
-	Petrobrás	Brasil	http://sites.petrobras.com.br/minisite/ambiental/
EFCHINA	Energy Foundation China	China	www.efchina.org
EPE	Empresa de Energia Elétrica	Brasil	www.epe.gov.br
EUROSTAT	European Statistics	Europa	http://ec.europa.eu/eurostat/
FEPC	Federation of Electric Power Companies of Japan	Japão	www.fepec.or.jp/english/
IAEA	International Atomic Energy Agency	Nações Unidas	www.iaea.org
IEA	International Energy Agency	Nações Unidas	www.iea.org
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Nações Unidas	www.ipcc.ch
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	Japão	www.meti.go.jp/english/
MME	Ministério de Minas e Energia	Brasil	www.mme.gov.br
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía	América Latina e Caribe	www.olade.org
SHAKTI	Shakti Sustainable Energy Foundation	Índia	www.shaktifoundation.in

(conclusão)

Sigla	Instituição	Origem	Website
TVA	Tennessee Valley Authority	Estados Unidos	www.tva.com/power/
UN-ENERGY	United Nations' Inter-agency Mechanism on Energy	Nações Unidas	www.un-energy.org
WEC	World Energy Council	Nações Unidas	www.worldenergy.org

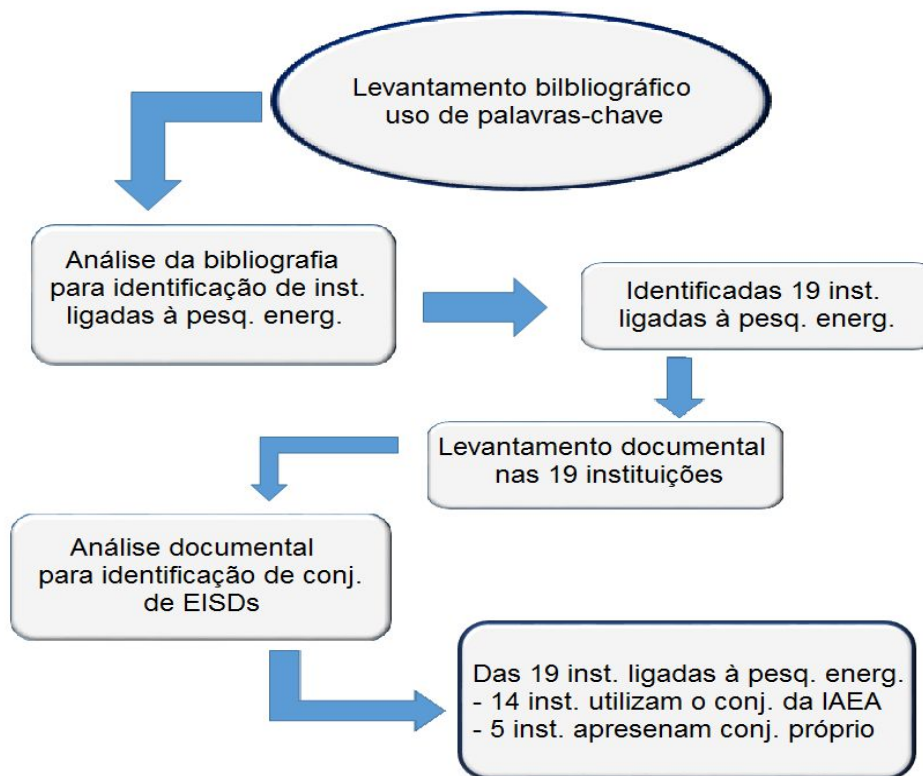
Fonte: Autoria Própria.

Como resultado inicial desta pesquisa, havia se encontrado também a European Renewable Energy Council (EREC – Europa), contudo, em dezembro de 2015, ao tentar reaccessar o endereço eletrônico, com o objetivo de buscar documentos atualizados, verificou-se que o site (<http://www.erec.org>) estava desativado. Buscando mais informações, em sites de notícias da Europa, descobriu-se que após quase 10 anos de atividade, a EREC foi liquidada voluntariamente¹⁹. Até o início de 2015 o site permanecia ativo com os documentos divulgados, contudo, a desativação fez com que tais informações ficassem inacessíveis virtualmente. Desta forma, não foi possível a pesquisa de indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável na EREC, para a comparação apresentada no Quadro 2, na seção 2.3.

A Figura 3 apresenta os procedimentos, a partir do levantamento bibliográfico até a identificação das instituições ligadas à pesquisa sobre energia e a identificação dos conjuntos de EISDs utilizados por estas.

¹⁹ Notícia original em: <http://www.energypost.eu/european-renewable-energy-council-forced-liquidation/>

Figura 3 – Procedimentos para a identificação das instituições ligadas à pesquisa sobre energia e conjuntos de EISDs



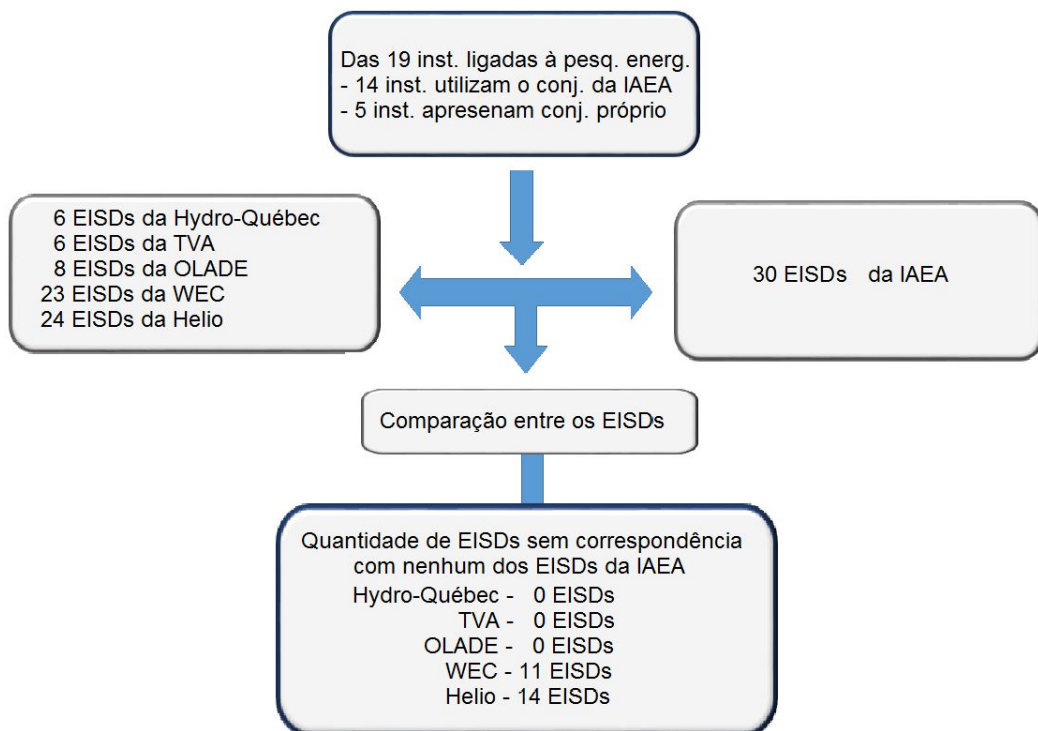
Fonte: Autoria própria.

Das dezenove (19) instituições ligadas à pesquisa sobre energia, cabe destacar alguns documentos divulgados por destas instituições e bibliografias referente a estas, que se destacaram para a identificação dos conjuntos de EISDs: International... (2005; 2016), Helio International (2014), Intergovernmental... (2014), Organización... (2013), World... (2015), Patusco (2015), Camargo et al. (2004), Hydro- Québec (2015; 2014), Tennessee... (2014; 2013), Agency... (2014) e Shakti... (2015).

A partir destas referências, que auxiliaram na construção do quadro comparativo (Quadro 2), houve a análise do conteúdo e foram verificadas quais instituições apresentam conjuntos de EISDs, as que não apresentam, mas utilizam o conjunto divulgados pela IAEA, e as instituições que participaram da elaboração destes EISDs, junto à IAEA. Notou-se, também, que o conjunto que apresenta o maior número de indicadores energéticos (30 indicadores) é o divulgado pela IAEA (Nações Unidas), em conjunto com a EUROSTAT (Europa), IEA (Nações Unidas) e UN-ENERGY (Nações Unidas).

Sobre as outras instituições que apresentam conjuntos de EISDs, a Helio apresenta vinte e quatro (24) indicadores, a WEC apresenta vinte e três (23) indicadores, a Hydro-Québec e TVA apresentam seis (6) indicadores e a OLADE apresenta oito (8) indicadores. Assim, dada a intenção de se selecionar o maior número de indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável, para análise, utilizou-se o conjunto divulgado pela IAEA como base para a comparação com os indicadores apresentados nos conjuntos citados. O resultado parcial desta comparação foi apresentado no Quadro 2, no capítulo anterior. Na Figura 3, pode-se verificar a quantidade de EISDs em cada conjunto e a quantidade de EISDs sem correspondência com nenhum dos EISDs da IAEA, como resultado da comparação.

Figura 4 – Quantidades de EISDs distribuídos em conjuntos e quantidade de EISDs sem correspondência com os EISDs da IAEA



Fonte: Autoria própria.

A comparação foi feita a partir dos indicadores e dos seus respectivos componentes, ou seja, os parâmetros utilizados para se chegar ao indicador. Assim, quando o um indicador coincidia com o EISD divulgado pela IAEA, o mesmo foi considerado “equivalente” e quando o indicador refletia apenas parte dos componentes do EISD foi destacada tal parcialidade. Houveram casos em que um indicador, no conjunto analisado, supria o caso de equivalência e, ao mesmo tempo,

outro indicador, deste mesmo conjunto, correspondia a um componente do EISD (de forma parcial)²⁰, tais casos também foram considerados. Por fim, houve também o caso oposto, onde nenhum dos indicadores da instituição avaliada coincidia ou se aproximava do EISD. Todas estas variações foram devidamente apresentadas no capítulo anterior, no Quadro 2.

No entanto, foram verificados indicadores energéticos, em duas instituições, que não possuem correspondência com nenhum dos trinta (30) EISDs da base de comparação, mais especificamente na Helio Internacional e na WEC. Segue o Quadro 7 com os indicadores energéticos sem correspondência com os EISDs divulgados pela IAEA.

Quadro 7 – Indicadores sem correspondência com os EISDs divulgados pela IAEA

Instituição	Total de indicadores	Indicadores sem correspondência com os EISDs
Helio	14 de 24	1 - Controle de receita 2 - Consulta informada 3 - Participação dos cidadãos 4 - Administração equilibrada 5 - Vulnerabilidade no fornecimento de energia térmica 6 - Vulnerabilidade no sistema de energia renovável 7 - Vulnerabilidade nas linhas de transmissão 8 - Ativos de investimento 9 - Mobilização do potencial energético renovável 10 - Capacidade técnica local 11 - Informação científica 12 - Diretrizes de instalação de usinas 13 - Gerenciamento de crise 14 - Seguro
WEC	11 de 23	1 - Exportações de combustível como uma porcentagem do PIB 2 - Estabilidade política 3 - Qualidade regulatória 4 - Eficácia do governo 5 - Controle da corrupção 6 - Estado de Direito 7 - Qualidade da educação 8 - Qualidade de saúde 9 - Custo de vida 10 - Estabilidade macroeconômica 11 - Disponibilidade de crédito para o setor privado

Fonte: Autoria própria.

Dado o objetivo geral de se analisar as contribuições e limitações dos indicadores energéticos, como instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável, optou-se por adicionar estes indicadores ao conjunto de EISDs

²⁰ Para exemplificar: Na existência de um EISD, divulgado pela IAEA, composto por “xy” e é encontrado um indicador de outra instituição com “xy”, considera-se como equivalente. Na existência de um EISDs, divulgado pela IAEA, composto por “xy” e é encontrado um indicador de outra instituição com apenas “x”, considera-se como uma correspondência parcial.

divulgados pela IAEA. Assim, a seleção resultou em um total de cinquenta e cinco (55) indicadores energéticos que são apresentados e analisados no Capítulo 4.

A presente seleção não teve como objetivo indicar se os indicadores energéticos, relacionados ao desenvolvimento sustentável, divulgados por uma instituição seria “melhor ou pior”, se comparado com os divulgados por outra. A intenção foi de identificar o maior número de indicadores, participantes de conjuntos de EISDs já existentes, para que se pudesse fazer a análise das contribuições e limitações destes, como instrumento de apoio ao desenvolvimento sustentável. Assim a comparação dos indicadores e seus componentes, permitiu que se identificassem e selecionassem os indicadores utilizados pelas instituições ligadas à pesquisa sobre energia, de diversos países, evitando a análise de indicadores repetidos, ou seja, que possuíssem os mesmos componentes.

Outro ponto, a ser destacado, é que ao se selecionar os indicadores para a análise, não se sugere que seja um conjunto que deva ser utilizado em sua totalidade, por todos os países, e sim que a análise de cada indicador possibilite que os tomadores de decisão possam deliberar sobre qual indicador energético mostra-se mais alinhado com as necessidades energéticas, e disponibilidade de recursos, de cada região, considerando um planejamento com objetivo de desenvolvimento sustentável.

No quarto capítulo são apresentados os indicadores selecionados e seus componentes. Na próxima seção são apresentadas as técnicas de análise.

3.5 TÉCNICAS DE ANÁLISE

Para Ferraz e Belhot (2010), a análise é uma habilidade de se buscar entender um objeto de estudo por um processo de subdivisão de conteúdo em partes menores, e esta pode incluir “a identificação das partes, análise de relacionamento entre as partes e reconhecimento dos princípios organizacionais envolvidos” (2010, p. 426). Destacam, ainda, que para identificar as partes e suas inter-relações é “necessário não apenas ter compreendido o conteúdo, mas também a estrutura do objeto de estudo” (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 426).

Para alcançar o entendimento do objeto “indicadores energéticos”, foram estabelecidas técnicas a serem aplicadas. Para a análise tanto do conteúdo resultante da pesquisa bibliográfica, para a construção do contexto teórico e identificação dos critérios de avaliação, quanto para a documental, que resultou na seleção dos indicadores energéticos, a técnica foi de análise qualitativa, categorial e temática, indicadas por Bardin (2011).

Como definição, segundo Bardin (2011, p. 201), a análise categorial consiste, no “desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógicos”. Quanto à análise temática, a autora destaca que esta “consiste em descobrir os núcleos de sentido que compõem a comunicação e cuja presença, ou frequência de aparição, podem significar alguma coisa para o objetivo analítico escolhido” (BARDIN, 2011, p. 135). A aplicação destas técnicas na análise, na fase inicial desta dissertação, resultou nas categorias CTS, instituições, dimensões, indicadores e fontes energéticas, que possibilitaram a construção do referencial teórico e identificação dos critérios a serem considerados na análise do objeto de estudo.

A análise dos indicadores energéticos, selecionados na pesquisa documental, bem como, suas respectivas metodologias, considerou as dimensões econômica, social, ambiental, espacial / geográfica e cultural. O termo dimensão, como apresentado na seção 2.2, trata-se de um foco de análise sob o qual o objeto é observado, considerando objetivos específicos.

Quanto aos critérios gerais para a obtenção de resultados sustentáveis, foram utilizados na análise das metodologias dos indicadores selecionados, os critérios apresentados por Sachs (1993; 2002) e Montibeller-Filho (2008). Isso possibilitou a verificação da capacidade (ou incapacidade) dos indicadores energéticos em medir os impactos positivos e negativos, gerando informações que possam interferir nas decisões de escolha energética voltada para o desenvolvimento sustentável.

No Quadro 8, seguem os critérios gerais para o desenvolvimento sustentável apontados ao longo da seção 2.2.

Quadro 8 – Critérios gerais para o desenvolvimento sustentável

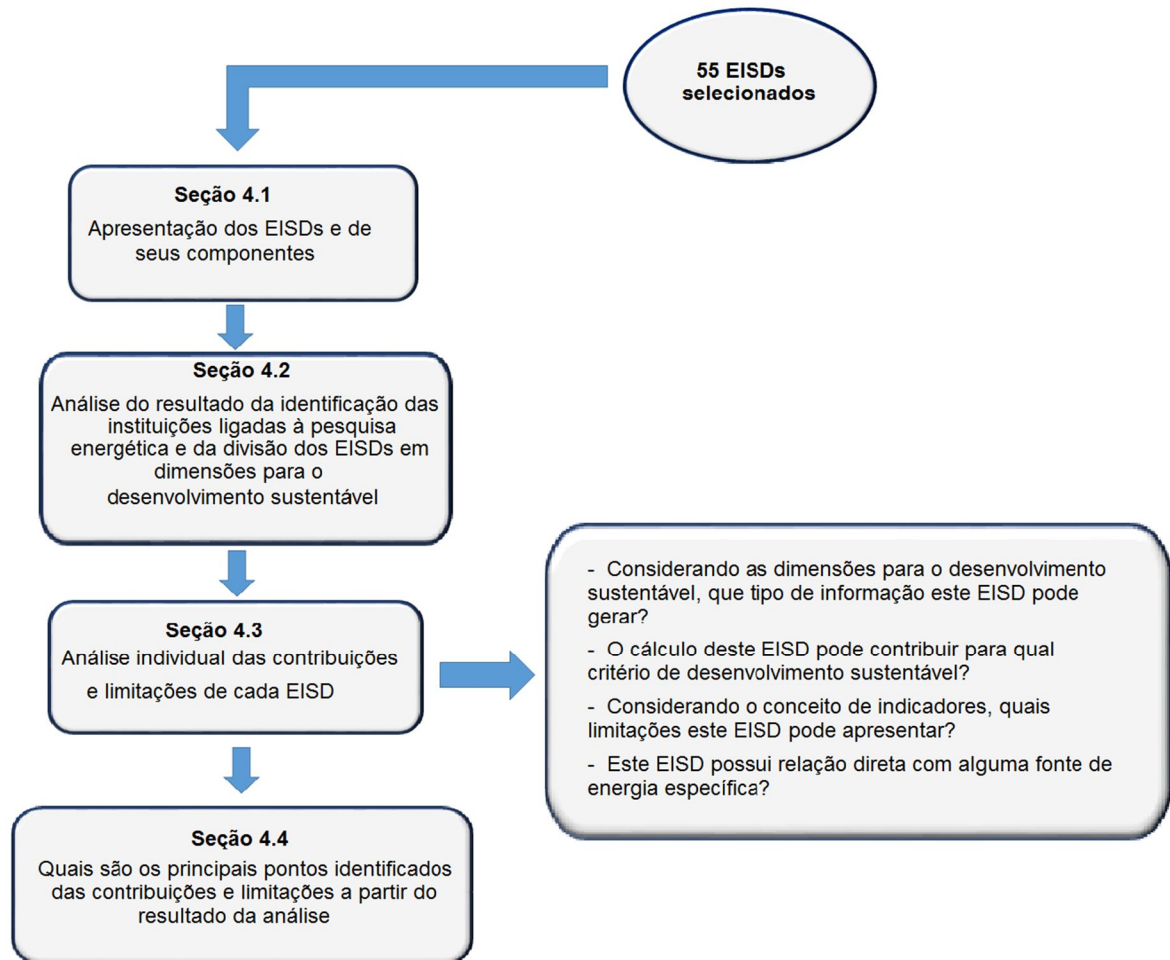
Dimensão	Critérios para o desenvolvimento sustentável (CDS)
Econômica	1- Fluxo permanente de investimentos públicos e privados (estes últimos com especial destaque para o cooperativismo); 2- Manejo eficiente dos recursos; 3- Absorção, pela empresa, dos custos ambientais; 4- Endogeneização: contar com suas próprias forças;
Social	5- Criação de postos de trabalho que permitam a obtenção de renda individual adequada (à melhor condição de vida; à maior qualificação profissional); 6- Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais;
Ambiental	7- Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas; 8- Prudência no uso de recursos naturais não renováveis; 9- Prioridade à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis; 10- Redução da intensidade energética e aumento da conservação de energia; 11- Tecnologias e processos produtivos de baixo índice de resíduos; 12- Cuidados ambientais.
Espacial/Geográfica	13- Desconcentração espacial (de atividades; de população). 14- Desconcentração/democratização do poder local e regional. 15- Relação cidade/campo equilibrada (benefícios centrípetos).
Cultural	16- Soluções adaptadas a cada ecossistema. 17- Respeito à formação cultural comunitária.

Fonte: Adaptado de Sachs (1993; 2002) e Montibeller-Filho (2008).

Estes dezessete critérios gerais para o desenvolvimento sustentável, guiaram, em parte, a análise dos indicadores energéticos, pois, a estes foram somados o conteúdo do embasamento teórico, apresentado no Capítulo 2, para o enriquecimento da análise.

Na Figura 5, pode-se observar a estrutura desenvolvida no Capítulo 4 e as questões respondidas durante a análise.

Figura 5 – Estrutura desenvolvida no Capítulo 4 e questões respondidas na análise



Fonte: Autoria própria.

No capítulo 4, pode-se conferir a apresentação detalhada dos indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISDs), selecionados para o desenvolvimento desta pesquisa, e a análise destes EISDs, a qual se remeterá, além dos conceitos apresentados no Capítulo 2, ao Quadro 8 e às questões destacadas na Figura 5.

4 ANÁLISE DOS INDICADORES ENERGÉTICOS

Este capítulo divide-se em quatro seções, na primeira é feita a apresentação dos indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISDs) selecionados e seus componentes. Na segunda seção é feita uma análise geral dos EISDs em conjunto com a distribuição destes em dimensões de análise voltadas para o desenvolvimento sustentável. Na terceira seção é apresentado um quadro com a análise individual de cada um dos cinquenta e cinco (55) indicadores selecionados. A quarta e última seção, reúne as contribuições e limitações dos EISDs, identificadas ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS INDICADORES ENERGÉTICOS

O conjunto de indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISDs), divulgado pela International Atomic Energy Agency (IAEA), conforme apresentado nas seções 2.3.1 e 3.4, é composto pelo maior número de indicadores dentre os conjuntos pesquisados, além de ser apontado na análise bibliográfica/documental como utilizado, de forma total ou parcial, por mais da metade das instituições ligadas à pesquisa sobre energia (73,6%). Devido a isto, o conjunto divulgado pela IAEA foi utilizado como base para se fazer a comparação com conjuntos de indicadores das quinze (15) instituições identificadas como ligadas à pesquisa energética e que não participaram da elaboração dos EISDs divulgados pela IAEA.

Os indicadores energéticos da Helio International e WEC, cuja correspondência com os EISDs não foi verificada, foram somados aos EISDs como objeto de análise. Construiu-se, assim, o Quadro 9, apresentado na sequência, para que se possa reconhecer todos os cinquenta e cinco (55) indicadores energéticos selecionados, a partir da metodologia apontada na seção 3.4. Como apresentado, na seção 2.3.1, seguindo a classificação original da IAEA, foi utilizado o prefixo ECO para indicadores da dimensão econômica, o prefixo SOC para indicadores da dimensão social e o prefixo AMB para indicadores da dimensão ambiental.

Dos indicadores adicionados a partir da Helio International, estes encontram-se originalmente classificados em governança (GOV), vulnerabilidade (VUL) e resiliência (RES). Já os indicadores da World Energy Council (WEC), estão classificados em fortalecimento Social (SOC), fortalecimento político (POL) e fortalecimento econômico (ECO). As abreviações para estas classificações foram feitas pela autora desta dissertação.

Apesar de as classificações apresentadas pela Helio e pela WEC não corresponderem nominalmente às dimensões indicadas por Sachs (1993; 2002) e Montibeller-Filho (2008), econômica, social, ambiental, espacial / geográfica e cultural, como necessárias para o desenvolvimento sustentável, considerando que a diversidade de dimensões e a inter-relação destas também é necessário para se alcançar objetivos sustentáveis, como apresentado na seção 2.2, manteve-se a maioria dos EISDs da Helio e WEC com a mesma classificação. Não fazendo uma reclassificação dos indicadores, dado que tais classificações podem ser analisadas a partir do conteúdo tanto de CTS, instituições e indicadores quanto das próprias dimensões conceituadas nesta dissertação.

Optou-se, por questões de simplificação, utilizar para o fortalecimento econômico e fortalecimento social as mesmas abreviações de dimensão econômica e dimensão social, apresentadas pela IAEA, respectivamente SOC e ECO. Assim, para a parte numérica da sigla optou-se por utilizar de forma sequencial, dando continuidade à contagem iniciada com os EISDs da IAEA.

As classificações governança, vulnerabilidade e resiliência são destacadas, em Helio International (2014, p. 12), como pontos de informação adicionais aos EISDs divulgados pela IAEA. Tal incremento tem como objetivo aumentar o volume de informação à disposição dos tomadores de decisão e, principalmente, possibilitar a construção de políticas energéticas viáveis a longo prazo. A governança remete-se à competência técnica e cívica, a vulnerabilidade está ligada diretamente a impactos relacionados a alterações climáticas e a resiliência dos sistemas de energia.

Apesar de a WEC recomendar a utilização dos onze (11) indicadores, adicionados à presente seleção, considerando-os nas decisões sobre energia voltada para o desenvolvimento sustentável, em seus documentos não foram localizadas as respectivas metodologias. Isso impossibilita identificar exatamente quais componentes foram utilizados para calcular os indicadores em questão. No que se refere aos outros indicadores, presentes no conjunto apresentado pela WEC, e que

coincidem com os EISDs, divulgados pela IAEA, estes possuem a indicação dos seus componentes, o que permitiu a comparação, cujo resultado foi apresentado no Quadro 2, na seção 2.3.1. No Quadro 9, os cinquenta e cinco (55) EISDs são melhor detalhados, com suas respectivas instituições de origem, siglas correspondentes às sete (7) classificações, utilizadas durante a análise, e seus componentes, quando disponibilizados.

Quadro 9 – Indicadores selecionados e seus componentes

(continua)

ORDEM	ORIGEM	SIGLA	INDICADOR	COMPONENTES / PARÂMETROS
1	IAEA	ECO1	Uso de energia per capita	- Uso de energia (fornecimento total de energia primária, consumo final total e uso de eletricidade) - População total
2	IAEA	ECO2	Uso de energia por unidade do PIB	- Uso de energia (fornecimento total de energia primária, consumo final total e uso de eletricidade) - PIB
3	IAEA	ECO3	Eficiência da conversão e distribuição de energia	- Perdas nos sistemas de transformação incluídas as perdas na geração, transmissão e distribuição de eletricidade
4	IAEA	ECO4	Relação reservas/ produção	- Reservas recuperáveis comprovadas - Produção total de energia
5	IAEA	ECO5	Relação recursos/ produção	- Total de recursos estimados - Produção total de energia
6	IAEA	ECO6	Intensidades energéticas da indústria	- Uso de energia no setor industrial e por ramos de manufaturas - Valor agregado correspondente
7	IAEA	ECO7	Intensidades energéticas do setor agrícola	- Uso de energia no setor agrícola - Valor agregado correspondente
8	IAEA	ECO8	Intensidades energéticas do setor de serviços/ comercial	- Uso de energia no setor de serviços/comercial - Valor agregado correspondente
9	IAEA	ECO9	Intensidade energética residencial	- Uso de energia residencial e por usos finais chaves - Número de residências, superfície edificada, pessoas por residência, propriedade de aparelhos elétricos
10	IAEA	ECO10	Intensidades energéticas do transporte	- Uso de energia nos setores de transporte de passageiros e de carga, por modalidade - Passageiros/km percorridos e toneladas/km de carga transportada, por modalidade
11	IAEA	ECO11	Porcentagens de combustíveis na energia e eletricidade	- Fornecimento de energia primária e consumo final, geração de eletricidade e capacidade de geração por tipo de combustível - Fornecimento total de energia primária, consumo final total de energia, geração de eletricidade total e capacidade total de geração

(continua)

ORDEM	ORIGEM	SIGLA	INDICADOR	COMPONENTES / PARÂMETROS
12	IAEA	ECO12	Porcentagem de energia não baseada no carbono na energia e eletricidade.	- Fornecimento primário, geração de eletricidade e capacidade de geração por energia não baseada no carbono - Fornecimento total de energia primária, geração total de eletricidade e capacidade total de geração
13	IAEA	ECO13	Porcentagem de energias renováveis na energia e eletricidade	- Fornecimento de energia primária, consumo final e geração de eletricidade e capacidade de geração por energias renováveis - Fornecimento total de energia primária e consumo final total de energia, geração de eletricidade total e capacidade de geração total
14	IAEA	ECO14	Preços da energia de uso final por combustível e setor	- Preços da energia (com e sem impostos/subsídios)
15	IAEA	ECO15	Dependência líquida de importações de energia	- Importações de energia - Fornecimento total de energia primária
16	IAEA	ECO16	Reservas de combustíveis críticos por consumo do combustível correspondente	- Reservas de combustíveis críticos (por exemplo, petróleo, gás, etc.). - Consumo de combustíveis críticos.
17	IAEA	SOC1	Porcentagem de residências (ou de população) sem eletricidade ou energia comercial, ou muito dependentes de energias não comerciais	- Residências (ou população) sem eletricidade ou energia comercial, ou muito dependentes de energias não comerciais - Número total de residências ou população total
18	IAEA	SOC2	Porcentagem do rendimento familiar gasto em combustível e eletricidade	- Rendimento familiar gasto em combustível e eletricidade - Rendimento familiar (total e 20% mais pobres da população)
19	IAEA	SOC3	Uso residencial de energia por faixa de renda e correspondente combinação de combustíveis utilizados.	- Uso de energia por residência para cada faixa de renda (quintis ²¹) - Renda familiar por cada faixa de renda (quintis) - Combinação de combustíveis utilizada por cada faixa de renda (quintis)
20	IAEA	SOC4	Vítimas mortais de acidentes por energia produzida por cadeia de combustíveis	- Vítimas mortais anuais por cadeias de combustíveis - Produção anual de energia

²¹ Quintil representa um quinto (1/5) qualquer de uma variável, a qual foi dividida em cinco partes iguais.

(continua)

ORDEM	ORIGEM	SIGLA	INDICADOR	COMPONENTES / PARÂMETROS
21	IAEA	AMB1	Emissões de gases de efeito estufa (GEE) procedentes da produção e uso de energia, per capita e por unidade do PIB	- Emissões de gases de efeito estufa (GEE) procedentes da produção e uso de energia - População e PIB
22	IAEA	AMB2	Concentrações ambientais de poluentes atmosféricos nas áreas urbanas	- Concentração de poluentes atmosféricos
23	IAEA	AMB3	Emissões de poluentes atmosféricos procedentes dos sistemas energéticos	- Emissões de poluentes atmosféricos
24	IAEA	AMB4	Descargas de contaminantes em efluentes líquidos procedentes dos sistemas energéticos, incluindo as descargas de petróleo	- Descargas de contaminantes em efluentes líquidos
25	IAEA	AMB5	Área de solo onde a acidificação excede carga crítica	- Área de solo afetada - Carga crítica
26	IAEA	AMB6	Taxa de desflorestamento atribuída ao uso de energia	- Área florestal em dois momentos diferentes - Utilização de biomassa
27	IAEA	AMB7	Relação entre a geração de resíduos sólidos e unidade de energia produzida	- Quantidade de resíduos sólidos - Energia produzida
28	IAEA	AMB8	Relação entre os resíduos sólidos descartados adequadamente pelo total de resíduos sólidos gerados	- Quantidade de resíduos sólidos descartados adequadamente - Quantidade total de resíduos sólidos
29	IAEA	AMB9	Relação entre os resíduos sólidos radioativos e unidade de energia produzida	- Quantidade de Resíduos radioativos (acumulação durante um período de tempo determinado) - Energia produzida
30	IAEA	AMB10	Relação entre os resíduos sólidos radioativos em espera de destinação e o total de resíduos sólidos radioativos gerados	- Quantidade de resíduos radioativos a espera de destinação - Volume total de resíduos radioativos
31	HELIO	GOV1	Controle de receita	- Redução da parcela das receitas de energia que escapam tributação

(continua)

ORDEM	ORIGEM	SIGLA	INDICADOR	COMPONENTES / PARÂMETROS
32	HELIO	GOV2	Consulta informada	- Audiências e consultas públicas sobre as avaliações de impacto de projetos de energia propostas
33	HELIO	GOV3	Participação dos cidadãos	- A participação ativa da sociedade civil (particularmente as mulheres) no setor da energia
34	HELIO	GOV4	Administração equilibrada	- Representação equilibrada de procura de energia e de abastecimento de partes interessadas (atores), bem como a transparência no processo de tomada de decisão
35	HELIO	VUL1	Vulnerabilidade no fornecimento de energia térmica	- Vulnerabilidade de usinas de energia (e refinarias se aplicável) para inundações
36	HELIO	VUL2	Vulnerabilidade no sistema de energia renovável	- Vulnerabilidade de sistemas de energias renováveis para variações climáticas
37	HELIO	VUL3	Vulnerabilidade nas linhas de transmissão	- Comprimento de linhas de transmissão / redes de distribuição ameaçada por eventos climáticos extremos
38	HELIO	RES1	Ativos de investimento	- Taxa de poupança doméstica / PIB
39	HELIO	RES2	Mobilização do potencial energético renovável	- Proporção de investimento nacional destinados à energia renovável e eficiência energética
40	HELIO	RES3	Capacidade técnica local	- Número de formados anualmente em cursos de ciências e engenharia por população total
41	HELIO	RES4	Informação científica	- Disponibilidade de mapas de risco (inundações, desertificação, contaminação)
42	HELIO	RES5	Diretrizes de instalação de usinas	- Diretrizes sobre resiliência às alterações climáticas para o planejamento e implantação de usinas.
43	HELIO	RES6	Gerenciamento de crise	- Os planos de emergência para usinas de energia
44	HELIO	RES7	Seguro	- Disponibilidade de apólices de seguros nacionais que são responsáveis por danos relacionadas às mudanças climáticas
45	WEC	ECO17	Exportações de combustível como uma porcentagem do PIB	Componentes não disponibilizados pela WEC
46	WEC	POL1	Estabilidade política	Componentes não disponibilizados pela WEC
47	WEC	POL2	Qualidade regulatória	Componentes não disponibilizados pela WEC
48	WEC	POL3	Eficácia do governo	Componentes não disponibilizados pela WEC
49	WEC	SOC5	Controle da corrupção	Componentes não disponibilizados pela WEC
50	WEC	SOC6	Estado de Direito	Componentes não disponibilizados pela WEC
51	WEC	SOC7	Qualidade da educação	Componentes não disponibilizados pela WEC

(conclusão)

ORDEM	ORIGEM	SIGLA	INDICADOR	COMPONENTES / PARÂMETROS
52	WEC	SOC8	Qualidade de saúde	Componentes não disponibilizados pela WEC
53	WEC	SOC9	Custo de vida	Componentes não disponibilizados pela WEC
54	WEC	ECO18	Estabilidade macroeconomica	Componentes não disponibilizados pela WEC
55	WEC	ECO19	Disponibilidade de crédito para o setor privado	Componentes não disponibilizados pela WEC

Fonte: Autoria própria.

A Helio International apresenta uma divisão do seu conjunto de indicadores em cinco (5) tipos: Ambiental; Social; Econômico; Tecnológico; Governança; Vulnerabilidade e Resiliência. Destes, os indicadores dos quatro primeiros tipos possuem correspondente com os EISDs, divulgados pela IAEA, por isso não foram detalhados nesta dissertação, sendo adicionados à seleção, de forma integral, somente os indicadores dos três (3) últimos tipos.

Quanto aos indicadores originados da WEC, estes são divididos em dois (2) tipos de indicador: 1) Performance energética, dividida em: a) Segurança energética; b) Equidade energética; e c) Sustentabilidade ambiental. Este tipo de indicador é o que contém indicadores que possuem correspondência com os EISDs, divulgados pela IAEA. Contudo, o indicador ECO17 – classificado pela WEC em segurança energética – foi o único cujos componentes não foram identificados como correspondentes a nenhum EISD; 2) Performance contextual, dividida em: a) Fortalecimento político; b) Fortalecimento social; e c) Fortalecimento econômico. Dos indicadores que formam a performance contextual não foram encontrados os componentes e nem correspondência com os EISDs, divulgados pela IAEA.

Sobre o conjunto de indicadores da IAEA, este é o que apresenta uma maior divisão classificatória. Além da classificação nas dimensões econômica, social e ambiental, dentro destas observa-se a divisão em temas e subtemas, de forma semelhante à categorização apontada por Bardin (2011). Verifica-se uma separação dos indicadores em categorias mais abrangentes e de conteúdos que se aproximam. O quadro 10 possibilita a visualização desta segmentação.

Quadro 10 – Classificação dos EISD divulgados pela IAEA

	TEMA	SUBTEMA	INDICADOR
ECO	Padrões de uso e produção	Uso global	ECO1
		Produtividade global	ECO2
		Eficiência de fornecimento	ECO3
		Produção	ECO4 e ECO5
		Uso final	ECO6 ao ECO10
		Diversificação (Combinação de combustíveis)	ECO11 ao ECO13
		Preços	ECO14
	Segurança	Importações	ECO15
Reservas estratégicas de combustíveis		ECO16	
SOC	Equidade	Acessibilidade	SOC1
		Acessibilidade financeira	SOC2
		Disparidades	SOC3
	Saúde	Segurança	SOC4
AMB	Atmosfera	Mudança climática	AMB1
		Qualidade do ar	AMB2 e AMB3
	Água	Qualidade da água	AMB4
	Terra	Qualidade do solo	AMB5
		Floresta	AMB6
		Geração de Resíduos Sólidos e Gestão	AMB7 ao AMB10

Fonte: Adaptado de International... (2005)

Apresentados os indicadores e suas respectivas instituições de origem, siglas, classificação e componentes, cabe a análise destes, considerando os conteúdos apresentados até o momento.

4.2 ANÁLISE DOS INDICADORES ENERGÉTICOS

Iniciando a análise pelas instituições, ligadas à pesquisa sobre energia, pode-se considerar estas como grupos sociais relevantes, como os descritos por Pinch e Bijker (1989), na conceituação da Construção Social da Tecnologia (SCOT). Isso se deve à característica percebida, durante a análise dos documentos, de que estas instituições utilizam os EISDs para avaliar os sistemas relacionados a fontes energéticas, indicando os problemas correntes e sugerindo soluções, podendo assim auxiliar nas tomadas de decisões.

Contudo, como exemplo de estabilização da utilização de fontes energéticas, pode-se dizer que ocorreu na ampla utilização do petróleo em períodos anteriores aos anos 1970, pois, sua utilização foi crescente e contínua até o aparecimento de problemas, como impactos ambientais e limitações ao acesso às reservas de petróleo. Desde então, não foi identificada na literatura, a fase de estabilização de outra fonte energética.

Atualmente, observando sob o ponto de vista dos sistemas tecnológico de Hughes (1989), pode-se dizer que se buscam fontes que tragam equilíbrio entre custo, eficiência, abundância e sustentabilidade, processo que movimenta diversos atores envolvidos para tentar solucionar esta questão.

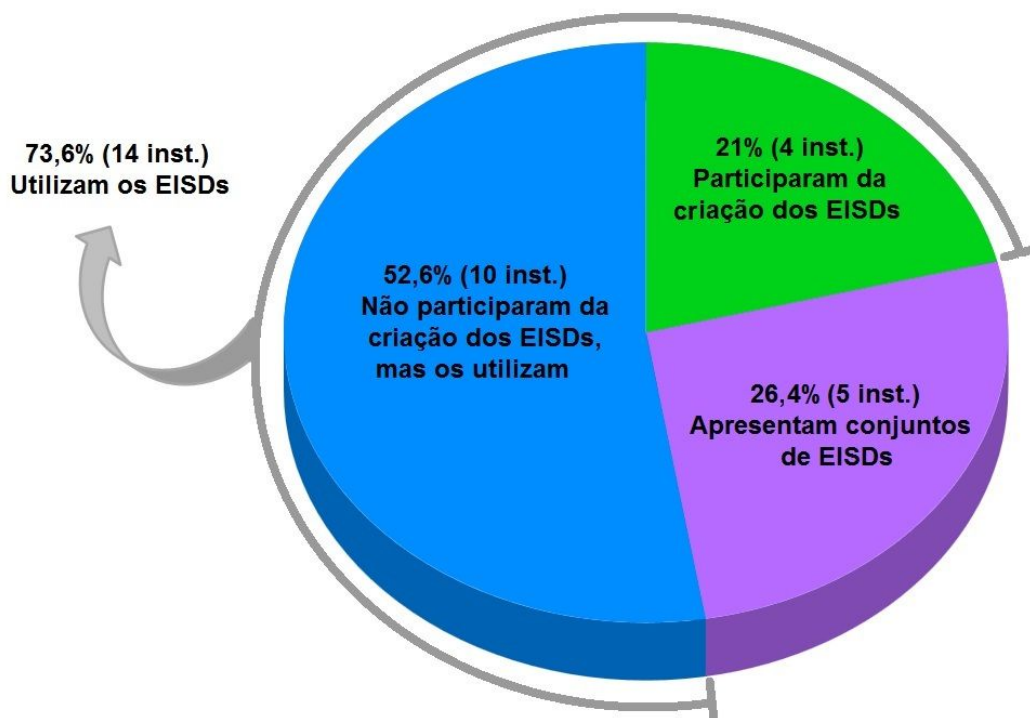
A própria criação de instituições ligadas à pesquisa sobre energia é reflexo da busca por soluções na área energética e isso se estende às modificações dos objetivos perseguidos por estas ao longo do tempo. Na inclusão do tema sustentabilidade aos objetivos destas percebe-se que estas têm buscado, pelo menos parcialmente²², atender o objetivo de desenvolvimento sustentável. Considerando a existência, no mínimo, das dimensões social e ambiental, junto à dimensão econômica, desta forma nota-se uma preocupação mais ampla do que apenas o objetivo de alcançar o crescimento econômico.

Os indicadores selecionados a partir dos conjuntos apresentados pela Helio International e pela WEC, adicionaram à análise temas como governança, vulnerabilidade, resiliência e política, fato que enriquece a disponibilidade de informação para os tomadores de decisão, principalmente no que se refere à complexidade, dado o aumento de informações a serem consideradas para uma tomada de decisão.

Analisando os documentos das dezenove (19) instituições ligadas à pesquisa sobre energia, identificadas na literatura, pode-se reconhecer a representatividade da criação dos trinta (30) EISDs, divulgados pela IAEA, no planejamento e acompanhamento do desenvolvimento de um determinado país ou local, objetivando a sustentabilidade. Tal representatividade, em números, é expressa pela participação de quatro (4) instituições na criação dos EISDs, correspondendo à aproximadamente 21%, do total, e ao fato de dez (10) instituições, além das que participaram da criação dos EISDs, os utilizarem, correspondendo a 52,6%. Ao todo são aproximadamente 73,6%, das dezenove (19) instituições, utilizando este conjunto de indicadores. Segue o Gráfico 1 sobre a relação das instituições ligadas à pesquisa sobre energia e os EISDs, divulgados pela IAEA.

²² Considerando que na literatura, apresentada nesta dissertação, verifica-se que para se alcançar o objetivo de desenvolvimento sustentável, dimensões como espacial / geográfica e cultural também devem ser observadas, em conjunto com as dimensões ambiental, social e econômica além de questões ligadas às instituições, a não presença de indicadores classificados nas cinco dimensões foi aqui considerada como um atendimento apenas parcial visando o objetivo de desenvolvimento sustentável.

Gráfico 1 – Proporção das instituições que utilizam o conjunto de EISDs, divulgados pela IAEA, e instituições que possuem conjuntos de EISDs próprios

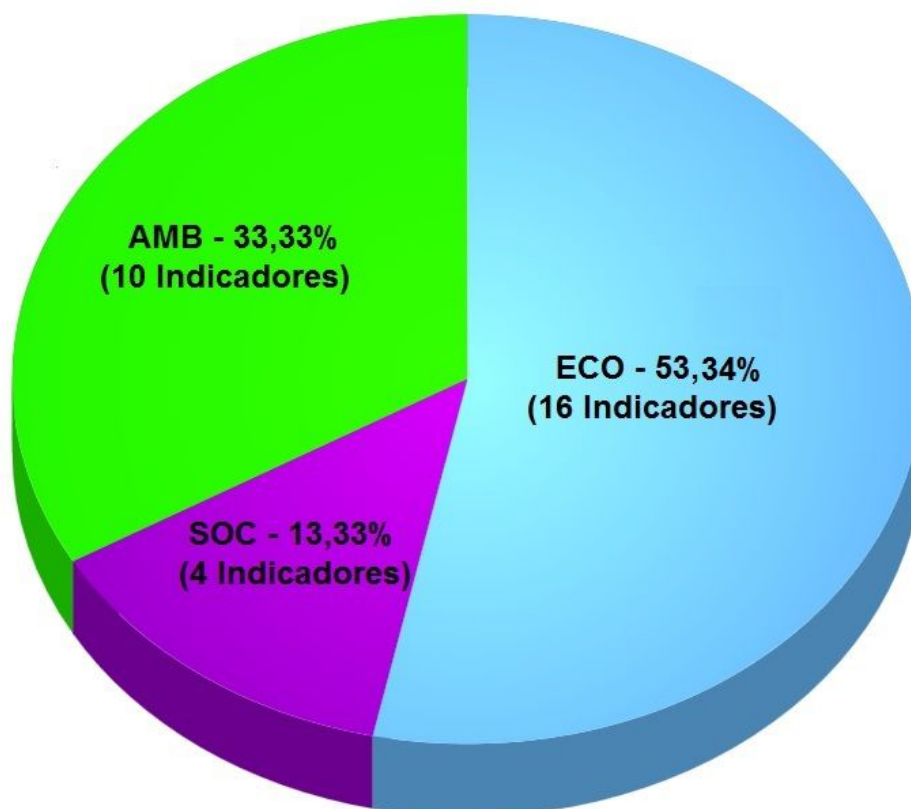


Fonte: Autoria própria.

As cinco (5) instituições, que apresentam outros conjuntos de indicadores voltados para o desenvolvimento sustentável, possuem indicadores equivalentes, ou de correspondência parcial, aos EISDs, divulgados pela IAEA. Destas, duas (2) instituições apresentam indicadores que diferem dos EISDs e que foram selecionados para análise, conforme apresentado na seção anterior.

Passando à análise geral dos EISDs selecionados, iniciando sobre a distribuição dos indicadores nas dimensões. Desde a introdução desta dissertação, destaca-se um avanço na busca por sustentabilidade ao se incluir, no planejamento de ações e na tomada de decisão, dimensões que vão além da análise puramente econômica. Trazendo este contexto para os indicadores energéticos, a formação do conjunto de EISDs, apresentados pela IAEA, foi uma tentativa de se observar de forma conjunta as informações da dimensão ambiental (AMB), social (SOC) e econômica (ECO). No Gráfico 2, pode-se notar que o conjunto com os trinta (30) indicadores, da IAEA, classificados nas três dimensões, apesar de representar um “passo” na busca do desenvolvimento sustentável ainda é composto por uma quantidade maior de indicadores econômicos do que ambientais, e a diferença é ainda maior no que se refere aos indicadores sociais.

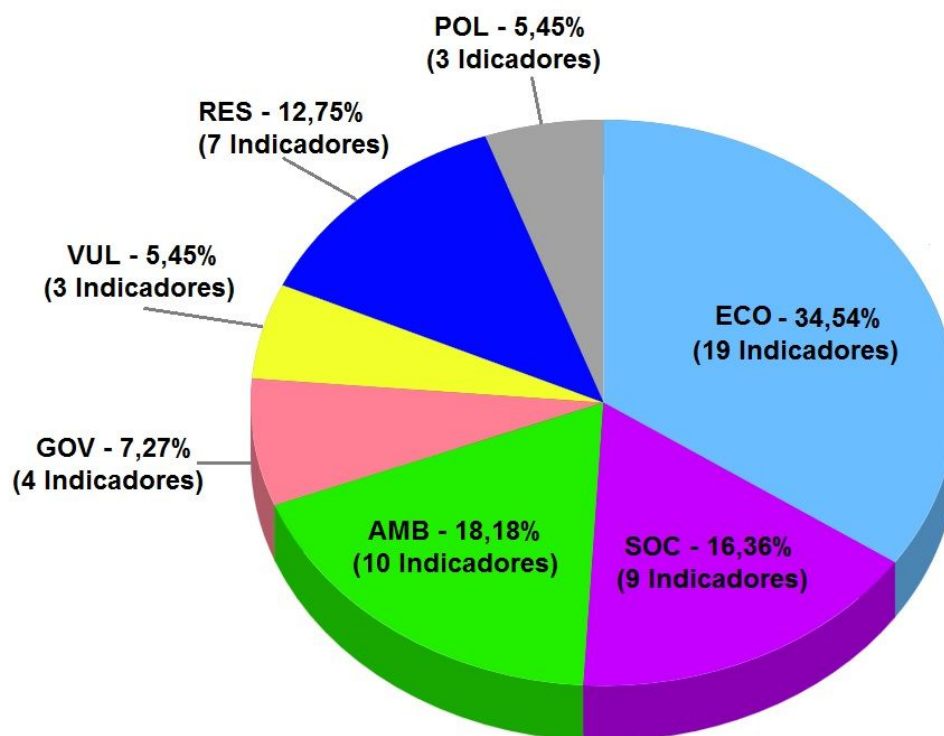
Gráfico 2 – Distribuição dos indicadores energéticos da IAEA nas dimensões econômica (ECO), ambiental (AMB) e social (SOC)



Fonte: Autoria própria.

Com a inclusão dos indicadores da Helio e da WEC, passando para o total de cinquenta e cinco (55) indicadores, as porcentagens se diluem, fazendo com que a dimensão social não seja a dimensão com o menor número de indicadores, contudo o maior número destes ainda concentra-se na dimensão econômica, com dezenove (19) EISDs, seguidos de: dez (10) indicadores na dimensão ambiental; nove (9) na dimensão social; sete (7) em resiliência; quatro (4) em governança; três (3) em vulnerabilidade; e três (3) indicadores em política, apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Distribuição dos indicadores energéticos nas dimensões apresentadas pela IAEA, HELIO e WEC



Fonte: Autoria própria.

Apesar de política (POL) não ter sido conceituada nesta dissertação como uma dimensão específica, esta é discutida na abordagem institucional, e, como já apresentado, a sustentabilidade política também auxilia nas tomadas de decisão voltadas para o desenvolvimento sustentável. Situação similar ocorreu com governança (GOV), vulnerabilidade (VUL) e resiliência (RES), que não foram nominalmente citadas como dimensões voltadas para o desenvolvimento sustentável, na literatura analisada para esta dissertação. Contudo, a necessidade de informações de dimensões diversas, para que se possa compreender os problemas de sustentabilidade, faz com que a opção de adicionar os EISDs sem correspondência com os EISDs da IAEA à análise, e por manter as classificações originais da Helio e WEC, mostra-se agregadora para o objetivo desta dissertação.

Dos dezenove (19) EISDs da dimensão econômica, cuja análise individual é apresentada na próxima seção, percebe-se que em sua maioria não foram construídos com o objetivo voltado para o desenvolvimento sustentável. Tal observação pode ser feita porque quando estes são utilizados individualmente, desconsiderando a associação com EISDs de outras dimensões, podem estimular

ações que se distanciam do resultado da sustentabilidade, agravando processos de geração de impactos socioambientais negativos e degradação do meio ambiente. Isto pode ser reflexo do redirecionamento da utilização de indicadores energéticos, desenvolvidos para eficiência energética e crescimento econômico, para objetivos ligados à sustentabilidade, como apontado na seção 2.3.

Os dez (10) EISDs que compõem a dimensão ambiental, ao contrário dos indicadores da dimensão econômica, apresentam resultados que apresentam a sustentabilidade ou insustentabilidade do desenvolvimento, indiferente se analisados individualmente ou em conjunto com outros indicadores. Isto se deve à construção destes ter se dado diante da busca de informações sobre poluição e degradação do ambiente, que na construção do conjunto de EISDs, estes funcionam como “bons”²³ parâmetros para acompanhar os impactos ambientais resultantes da extração e utilização de uma ou outra fonte energética.

Os EISDs da dimensão social trazem informações relacionadas ao perfil socioeconômico da população, acesso à energia, mortalidade em decorrência da cadeia de combustíveis e elementos mais abrangentes envolvendo questões institucionais da dinâmica social. Assim como os indicadores da dimensão econômicas, para que estes contribuam para o desenvolvimento sustentável há a necessidade de que estes sejam analisados pelos tomadores de decisão associados a outros indicadores, como os da dimensão ambiental. Como detalhado na seção 4.3, a seguir, a associação dos EISDs da dimensão social aos indicadores da dimensão econômica, somente, pode induzir ações distantes de objetivos sustentáveis.

As categorias governança, vulnerabilidade, resiliência e política, apresentadas pela Helio e WEC, contribuem para a geração de informações que podem ser associadas às dimensões espacial / geográfica e cultural indicadas por Sachs (1993; 2002) e Montibeller-Filho (2008). Isto se deve fato de indicadores destas dimensões envolverem a relação do governo com a sociedade, regulamentos e leis, e a capacidade de resolução de problemas, implicando assim em elementos como território, poder e costumes da sociedade. Na seção seguinte pode-se verificar a análise detalhada.

²³ O termo “bons” se refere à utilização destes EISDs trazer informações que possam estimular a busca por fontes energéticas que propiciem um desenvolvimento alinhado a objetivos sustentáveis. Não indica ausência de limitação, seja em coleta de dados ou na interpretação dos mesmos.

4.3 QUADRO ANALÍTICO DAS CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DOS INDICADORES ENERGÉTICOS

Esta seção traz a análise individual das contribuições e limitações de cada um dos cinquenta e cinco (55) EISDs selecionados como instrumento de apoio ao desenvolvimento sustentável. A análise, apresentada no Quadro 11, foi desenvolvida considerando os apontamentos teóricos, destacados no Capítulo 2, bem como os conteúdos analisados durante a pesquisa documental para a seleção dos EISDs, referenciados na seção 3.4, e os componentes de cada EISDs, apresentados na seção 4.1.

Como apresentado na seção 3.5, buscou-se responder algumas questões, como forma de guiar a análise no contexto desta pesquisa, sendo elas: 1) Considerando as dimensões para o desenvolvimento sustentável, que tipo de informação este EISD pode gerar? ; 2) O cálculo deste EISD pode contribuir para qual critério de desenvolvimento sustentável?; 3) Considerando o conceito de indicadores, quais limitações este EISD pode apresentar?; e 4) Este EISD possui relação direta com alguma fonte de energia específica?

Devido à apresentação desta análise ter resultado em um quadro extenso, como forma de simplificação textual, sem prejuízo ao conteúdo analítico, ao se fazer referência aos critérios para o desenvolvimento sustentável utilizou-se a sigla CDS, associando ao número de cada critério indicado no Quadro 8. A atribuição da possibilidade de contribuição das informações, geradas por cada indicador, com um ou mais CDS deu-se a partir da análise conjunta do conteúdo apresentado no Capítulo 2, dos componentes de cada indicador e considerando os textos originais como os divulgados pelas IAEA (2005), Helio International (2014) e WEC (2013). Ressaltando que, conforme apresentado no Quadro 2, a seleção destes indicadores possibilita discutir os EISDs utilizados pelas dezenove (19) instituições, ligadas à pesquisa sobre energia. Isto se deve à correspondência da maioria dos EISDs de outras instituições com os divulgados pela IAEA e pela inclusão dos que não apresentam correspondência, a esta seleção.

Cabe destacar que a ordem dos indicadores apresentados no Quadro 9 sofreu uma pequena alteração na apresentação da análise dos EISDs no Quadro 11, isto se deve ao objetivo de aproximar os indicadores de mesmo prefixo e deixá-los em ordem sequencial. Segue a análise individual dos EISDs no Quadro 11.

Quadro 11 – Contribuições e limitações do EISDs

(continua)				
SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
ECO1	Uso de energia per capita	<p>- Este indicador possibilita conhecer o fornecimento total de energia, podendo a partir de comparação acompanhá-lo ao longo do tempo. Como possui como um dos componentes o “tamanho da população” pode-se acompanhar se há uma proporcionalidade no incremento, ou na redução, da demanda energética com as alterações no tamanho da população. Isso pode auxiliar na avaliação de mudanças tecnológicas, por exemplo, para aumentar eficiência no consumo energético. Ou ainda, aliado aos demais indicadores da dimensão econômica, pode auxiliar na projeção do consumo energético e consequentemente num planejamento sustentável.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11 e 16.</p>	<p>- A utilização deste indicador isoladamente, e principalmente se houver agregação exagerada do componente “uso de energia”, não apresentando as fontes energéticas envolvidas, pode ser utilizado apenas para fins econômicos (decisões sobre escala de produção) podendo não contribuir com o desenvolvimento sustentável.</p>	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Cavalcanti et al. (2014), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014).
ECO2	Uso de energia por unidade do PIB	<p>- Este indicador possibilita conhecer a participação do uso energético no PIB. Quando analisado em conjunto com outros indicadores, pode auxiliar em decisões que envolvam, por exemplo, a substituição de fontes energéticas, mensurando os ganhos e perdas para a economia. Possibilitando um planejamento que beneficie a estabilidade econômica, por exemplo, estimulando a manutenção de investimentos em ações voltadas para o desenvolvimento sustentável.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1 e 2.</p>	<p>- De forma similar ao ECO1, a utilização deste indicador isoladamente, e principalmente se houver agregação exagerada do componente “uso de energia”, não apresentando as fontes energéticas envolvidas, pode ser utilizado apenas para fins econômicos (decisões sobre escala de produção) podendo não contribuir com o desenvolvimento sustentável.</p>	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014)
ECO3	Eficiência da conversão e distribuição de energia	<p>- Este indicador possibilita informações sobre desperdício na geração, transmissão e distribuição de eletricidade. Apesar de, sob uma visão econômica, este indicador apresentar os pontos em que se pode reduzir custo decorrente de desperdício com perdas, este indicador contribui com o desenvolvimento sustentável por indicar pontos em que se possa reduzir desperdícios.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 2, 8 e 10.</p>	<p>- Caso exista uma agregação exagerada dos componentes, isso pode dificultar a identificação de qual ponto apresenta falhas mais significantes, ou seja, que apresentam maior volume de perdas energética, dificultando assim que as medidas corretivas possam ser adotadas mais rapidamente. Protelando as soluções para o desperdício energético e indo contra critérios de desenvolvimento sustentável.</p>	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014).
ECO4	Relação reservas/ produção	<p>- Este indicador considera, das fontes energéticas utilizadas, quais são realmente recuperáveis, e a proporção destas diante da produção total de energia. Este dado pode traçar o cenário atualizado sobre o esgotamento das reservas energéticas em utilização, contribuindo para a elaboração de projetos tanto de recuperação das reservas, quanto para estimular a utilização de fontes de energia renovável.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 2, 7, 8, 10, 12 e 16.</p>	<p>- Caso não sejam especificados os tipos de reservas recuperáveis que participam deste indicador, ou seja, qual fonte de energia é extraída destas reservas, este indicador pode não apresentar utilidade para propostas de soluções, ou alternativas, em um planejamento sustentável.</p>	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
ECO5	Relação recursos/ produção	<p>- Este indicador apresenta a estimativa do total de recursos disponíveis, associada a produção total de energia. Possibilitando que, com o conhecimento de quais recursos estarão disponíveis (mesmo que em estimativa), se delibere sobre as opções de investimento em recurso energético, objetivando o desenvolvimento sustentável.</p> <p>- De forma similar ao ECO4, este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 2, 7, 8, 10, 12 e 16.</p>	<p>- Por se tratar de um indicador baseado em estimativas, fatores exógenos aos componentes deste, podem influenciar na realização, ou não, da estimativa, de tal forma, que pode fazer com que a informação deste indicador seja totalmente descolada do cenário realizado. Sendo que quando se realiza um cenário com resultados inferiores ao estimado, podem ocorrer prejuízos na execução de projetos de desenvolvimento sustentável, baseados nas informações deste indicador.</p>	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).

(continua)

SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
ECO6	Intensidades energéticas da indústria	- A informação sobre o uso de energia no setor industrial e por ramos de manufatura, possibilita o conhecimento de quais setores demandam menor, ou maior, quantidade de energia. Se for conhecido o potencial de energia alternativa associado a cada setor, como a utilização de resíduos da indústria para geração de energia, pode-se elaborar projetos de substituição do uso de energia não renovável por renovável. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 4, 13, 14 e 16.	- A utilização deste indicador isoladamente, gera apenas informação quantitativa, voltada à dimensão econômica, sobre o uso de energia no setor industrial, para contribuir com o desenvolvimento sustentável há a necessidade da associação deste com outros indicadores que englobem, por exemplo, tipos de energia alternativa disponíveis para o setor industrial.	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014).
ECO7	Intensidades energéticas do setor agrícola	- De forma similar ao processo de mensuração do ECO6, este indicador traz a informação sobre o uso de energia no setor agrícola, o que possibilita o conhecimento da demanda de energia. Se for conhecido o potencial de energia alternativa associado a tipos de agriculturas, como a utilização de resíduos orgânicos para geração de energia, pode-se elaborar projetos de substituição do uso de energia não renovável por renovável. - Este indicador, como o ECO6, possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 4, 13, 14 e 16.	- A utilização deste indicador isoladamente, gera apenas informação quantitativa, voltada à dimensão econômica, sobre o uso de energia no setor agrícola, para contribuir com o desenvolvimento sustentável há a necessidade da associação deste com outros indicadores que englobem, por exemplo, tipos de energia alternativa disponíveis para o setor agrícola.	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014).
ECO8	Intensidades energéticas do setor de serviços/ comercial	- De forma similar ao processo de mensuração do ECO6 e ECO7, este indicador traz a informação sobre o uso de energia no setor de serviços/ comercial, o que possibilita o conhecimento da demanda de energia deste. Se for conhecido o potencial de energia alternativa associado ao setor de serviços/ comercial, como por exemplo, a utilização de painéis solares para geração de energia, pode-se elaborar projetos de substituição do uso de energia não renovável por renovável. - Este indicador, como o ECO6 e ECO7, possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 4, 13, 14 e 16.	- A utilização deste indicador isoladamente, gera apenas informação quantitativa, voltada à dimensão econômica, sobre o uso de energia no setor de serviços/comercial, para contribuir com o desenvolvimento sustentável há a necessidade da associação deste com outros indicadores que englobem, por exemplo, tipos de energia alternativa disponíveis para o setor de serviços/comercial.	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014).
ECO9	Intensidade energética residencial	- De forma similar ao processo de mensuração do ECO6, ECO7 e ECO8, este indicador traz a informação sobre o uso de energia pelas residências, o que possibilita o conhecimento da demanda de energia destas. Se for conhecido o potencial de energia alternativa disponíveis em escala residencial, como por exemplo, a utilização de painéis solares, ou eólica em pequena escala, para geração de energia, pode-se elaborar projetos de substituição do uso de energia não renovável por renovável. - Este indicador, como o ECO6, ECO7 e ECO8, possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 4, 13, 14 e 16.	- A utilização deste indicador isoladamente, gera apenas informação quantitativa, voltada à dimensão econômica, sobre o uso de energia pelas residências, para contribuir com o desenvolvimento sustentável há a necessidade da associação deste com outros indicadores que englobem, por exemplo, tipos de energia alternativa disponíveis para o uso residencial.	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014).
ECO10	Intensidades energéticas do transporte	- Este indicador traz a informação sobre o uso de energia nos setores de transporte de passageiros e de carga, por modalidade, além do número de passageiros por Km percorrido e toneladas por km de carga transportada. Tais informações permitem conhecer a demanda de energia relacionada ao transporte e se associada ao conhecimento dos impactos socioambientais, das fontes de energia alternativa disponível, pode-se elaborar projetos para a utilização de energia com menor impacto ambiental. - Este indicador, como o ECO6, ECO7, ECO8 e ECO9, possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 4, 13, 14 e 16.	- A utilização deste indicador isoladamente, gera apenas informação quantitativa, voltada à dimensão econômica, sobre o uso de energia no setor de transportes, para contribuir com o desenvolvimento sustentável há a necessidade da associação deste com outros indicadores que englobem, por exemplo, tipos de energia alternativa disponíveis para o setor de transporte.	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Hammond et al. (1995), Bossel (1999), Martínez (2007), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014).
ECO11	Porcentagens de combustíveis na energia e eletricidade	- Este indicador permite o conhecimento de qual é a proporção que cada tipo de combustível tem, diante do fornecimento total de energia e da capacidade total de geração. Este indicador complementa outros indicadores para gerar informações referentes às possibilidades de substituição de uma fonte energética que gere maior impacto socioambiental ou degradação ambiental por outras que minimizem tais impactos. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para todos os CDS.	- Caso os dados deste indicador sejam coletados destacando apenas das principais fontes energéticas, omitindo ou agregando fontes de participação menor, no fornecimento de energia, tal omissão ou agregação pode limitar as decisões voltadas para o desenvolvimento sustentável, reduzindo o número de projetos que busquem inovação na geração ou consumo de energia.	International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).

(continua)

SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
ECO12	Porcentagem de energia não baseada no carbono na energia e eletricidade.	<p>- Este indicador permite o conhecimento da proporção específica do fornecimento de energia não baseada no carbono, ou seja, energias que geram menor poluição do ar. Assim, como o ECO11, este indicador complementa outros indicadores para gerar informações referentes às possibilidades de substituição de uma fonte energética que gere maior impacto socioambiental ou degradação ambiental por outras que minimizem tais impactos, com o diferencial de tratar especificamente de energias com menor impacto relacionado ao ar, no que se refere ao consumo, e do solo, quando se considera a forma de extração.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para todos os CDS.</p>	<p>- De forma similar ao ECO11, caso os dados deste indicador sejam coletados, desconsiderando tecnologias mais recentes ou as omitindo por meio de alguma agregação, este fato pode limitar as decisões voltadas para o desenvolvimento sustentável, reduzindo o número de projetos que busquem inovação na geração ou consumo de energia.</p>	<p>International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>
ECO13	Porcentagem de energias renováveis na energia e eletricidade	<p>- A contribuição deste indicador é similar ao ECO12, no que se refere a permitir o conhecimento da proporção específica do fornecimento de energia renovável, ou seja, que não depende apenas da renovação natural das reservas. Assim, como o ECO11 e ECO12, este indicador complementa outros indicadores para gerar informações referentes às possibilidades de substituição de uma fonte energética que gere maior degradação ambiental por outras que a minimizem, com o diferencial de tratar principalmente de energias com menor impacto do solo, no que se refere à forma de extração.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para todos os CDS.</p>	<p>- De forma similar ao ECO11 e ECO12, caso os dados deste indicador sejam coletados, desconsiderando tecnologias mais recentes, ou as omitindo por meio de alguma agregação, este fato pode limitar as decisões voltadas para o desenvolvimento sustentável, reduzindo o número de projetos que busquem inovação na geração ou consumo de energia.</p>	<p>International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>
ECO14	Preços da energia de uso final por combustível e setor	<p>- Este indicador traz informações dos preços da energia com e sem subsídio, desta forma caso haja o detalhamento por tipo de energia este indicador, pode ser utilizado em processos de substituição de energia não renovável por renovável. Por exemplo, associado à informação de disponibilidade no fornecimento, pode-se ponderar quais das energias cogitadas como alternativa possuem menor custo, ou maior incentivo. Ressaltando que se deve verificar o potencial de impactos e degradação de cada energia em tal decisão. A opção por menor custo, quando considerado também menor impacto ou degradação, possibilita maior disponibilidade de recurso financeiros que podem ser investidos em outros projetos voltados para o desenvolvimento sustentável. Pode-se ainda verificar o peso que a energia tem no custo de vida da população, associado ao SOC3, por exemplo, auxiliando em escolhas que também se mostrem acessíveis para todas as faixas de renda.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2 e 10.</p>	<p>- Por se tratar de um indicador que apresenta valores monetários, caso o tomador de decisão não possua objetivos voltados para o desenvolvimento sustentável, se uma fonte de energia não renovável apresenta menor custo, frente outras opções energéticas, este indicador pode reforçar a intensificação do uso de energias não sustentáveis.</p>	<p>International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Martínez (2007), Guimarães, (2008), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>
ECO15	Dependência líquida de importações de energia	<p>- Ao apresentar a proporção da importação de energia frente à demanda, contribui para que se conheça o cenário da geração de energia interna, o que pode estimular projetos para a introdução, ou intensificação, de energias sustentáveis. Isso auxilia na redução da dependência externa, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 4, 5, 6, 10, 13, 14 e 16.</p>	<p>- Este indicador associado ao ECO14 e ao potencial de geração de energia, de forma similar ao ECO14, caso o tomador de decisão não possua objetivos voltados para o desenvolvimento sustentável, se uma fonte de energia não renovável apresenta menor custo, frente outras opções energéticas, e potencial de geração interna este indicador pode reforçar a intensificação do uso de energias não sustentáveis.</p>	<p>International... (2005), Sachs (2002; 1993), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>
ECO16	Reservas de combustíveis críticos por consumo do combustível correspondente	<p>- O conhecimento de quais reservas de combustíveis estão disponíveis, junto ao consumo dos mesmos, e dada a limitação de renovação de reservas naturais, por exemplo, de petróleo, este indicador pode contribuir para que ocorra um aumento na utilização de recursos renováveis, quando do reconhecimento da "finitude" dos combustíveis não renováveis, ou no mínimo no aumento de estudos voltados para uma substituição de fonte energética.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 4, 10, 13, 14 e 16.</p>	<p>- O conhecimento da reserva de combustíveis críticos (petróleo, gás, etc) pode, ao não existir a preocupação em se alcançar um desenvolvimento sustentável, quando a estimativa se fizer por um período de tempo em que o tomador de decisão ache plausível não se preocupar com a exaustão das reservas, pode-se diminuir a quantidade de projetos voltados à busca por fontes energéticas renováveis.</p>	<p>International... (2005), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>

(continua)

SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
ECO17	Exportações de combustível como uma porcentagem do PIB	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador associado ao conhecimento dos preços de cada uma das fontes energéticas envolvidas no cálculo, bem como quais fontes e qual a sua participação no cálculo, pode gerar conhecimento sobre custos e formas de transição de fontes não-renováveis para renováveis. - Este indicador possui potencial para gerar informações sobre os CDS 2 e 4. 	<ul style="list-style-type: none"> - Caso os componentes do cálculo do indicador não sejam apresentados, da mesma forma que a WEC omite, nos documentos analisados, o não conhecimento de quais fontes energéticas geram o produto de exportação inviabiliza a utilização deste indicador com o objetivo voltado ao desenvolvimento sustentável, pois, a análise apenas econômica pode levar ao aumento dos impactos socioambientais. 	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
ECO18	Estabilidade macroeconômica	<ul style="list-style-type: none"> - Da mesma forma que o indicador POL1, ligada à abordagem institucional, a diminuição das incertezas possibilita decisões mais assertivas, caso este indicador aponte maior estabilidade isto contribui para que as escolhas dos tomadores de decisão que busquem o desenvolvimento sustentável tenham maior chance de sucesso. Este indicador específico possui grande influência no cenário econômico, podendo estimular o aumento de investimentos voltados para a sustentabilidade. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam com os CDS 1, 2, 5, 6, 13 e 14. 	<ul style="list-style-type: none"> - Devido à estabilidade macroeconômica oscilar de acordo com as expectativas criadas. O cálculo deste indicador pode ser feito de forma tendenciosa, com o objetivo de ocultar instabilidades para não retrair investimentos. Isso pode levar aos tomadores de decisão optarem por ações que necessitam desta estabilidade e que na prática pode não existir. Mais uma vez, a não especificação dos componentes que formam este indicador pode facilitar o cálculo incorreto. 	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
ECO19	Disponibilidade de crédito para o setor privado	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador, se apresentar componentes associados à investimentos voltados para projetos sustentáveis, pode funcionar como um mecanismo de estímulo a ações privadas voltadas para o desenvolvimento sustentável. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribua para os CDS das dimensões ambiental, social, econômica, espacial/ geográfica e cultural. 	<ul style="list-style-type: none"> - A WEC não especifica os componentes deste indicador, assim, este pode ser um incentivo a projetos que aumentem as atividades com alto grau poluidor, resultando em uma motivação oposta ao desenvolvimento sustentável. 	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
SOC1	Porcentagem de residências (ou de população) sem eletricidade ou energia comercial, ou muito dependentes de energias não comerciais	<ul style="list-style-type: none"> - Sob uma perspectiva de sustentabilidade social, este indicador gera informações passíveis de utilização para a elaboração de políticas públicas, voltadas para a melhoria da qualidade de vida da população. Considerando uma melhoria na qualidade de vida como associada ao acesso a fontes energéticas comercializáveis. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 6 e 15. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ao não se buscar o desenvolvimento sustentável, este indicador pode promover aumento dos impactos socioambientais e degradação ambiental, na tentativa de se estender o acesso à eletricidade, por exemplo, pode-se incorrer em desflorestamento para a implantação de infraestrutura para o fornecimento de energia e na intensificação no uso de energias não renováveis. 	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).
SOC2	Porcentagem do rendimento familiar gasto em combustível e eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> - O conhecimento da proporção da renda familiar gasta em combustível e eletricidade, se analisado em conjunto com informações sobre o limite que esta proporção pode atingir, pode minimizar problemas de restrição ao acesso à energia, que podem ocorrer diante de escolhas energéticas que restrinjam financeiramente o acesso da população à energia. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2 e 6. 	<ul style="list-style-type: none"> - Na apresentação de uma restrição financeira, que inviabilize a utilização de energias com custos mais elevados do que os combustíveis e eletricidade utilizados em um determinado momento, mesmo que as opções energéticas disponíveis tenham um melhor desempenho no que se refere à sustentabilidade, este indicador pode ser utilizado como reforço para a manutenção de recursos com custos menores, mesmo que não renováveis, prejudicando o alcance do desenvolvimento sustentável. 	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).
SOC3	Uso residencial de energia por faixa de renda e correspondente combinação de combustíveis utilizados.	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador possibilita conhecimento da utilização de energia por faixa renda, associada à renda familiar e à combinação de combustíveis utilizada por cada faixa de renda. De forma similar ao SOC2, este indicador pode minimizar escolhas que restrinjam financeiramente o acesso da população a uma determinada fonte renovável, ou ainda, diante do reconhecimento da sua inviabilidade, pode-se incentivar o desenvolvimento de energias renováveis que possuam custos adequados à proporção limite da renda da população. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2 e 6. 	<ul style="list-style-type: none"> - Na apresentação de uma restrição financeira que inviabilizem a utilização de energias de custos mais elevados do que os combustíveis e eletricidade utilizada na atualidade, mesmo que com melhor desempenho no que se refere à sustentabilidade, este indicador pode ser utilizado como reforço para a manutenção de recursos não renováveis, prejudicando o alcance do desenvolvimento sustentável, assim como apontado em SOC2. 	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013).
SOC4	Vítimas mortais de acidentes por energia produzida por cadeia de combustíveis	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecendo-se o número de vítimas mortais por cadeia de combustíveis, pode-se buscar alterações no processo produtivo ou de consumo de energia, buscando-se minimizar este indicador. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 2 e 6. 	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador pode não refletir um número real, podendo mostrar-se inferior ao real, quando o laudo do falecimento omitir a relação da morte com uma cadeia específica de combustível. 	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013).

(continua)

SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
SOC5	Controle da corrupção	<p>- O controle da corrupção, sendo positivo, pode indicar que tanto os recursos financeiros a serem investidos estão sendo alocados conforme planejamento, quanto que o regulamento está sendo aplicado, devido à aplicação de suborno ser mínima ou inexistente. Em questão de desenvolvimento sustentável este indicador pode refletir positivamente na redução de impactos socioambientais.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribua para todos os CDS, devido à abrangência que o tema possa alcançar.</p>	<p>- A não divulgação, pela WEC, dos componentes deste indicador, possibilita que, na tentativa de se calcular este indicador, se possa não elencar componentes que reflitam a corrupção, ou mesmo, que a corrupção afete a construção deste indicador, e conseqüentemente o seu resultado. Isso prejudica tanto a confiança para investimentos em ações para o desenvolvimento sustentável, quanto na preservação ambiental dado que um regulamento existente pode não estar sendo aplicado.</p>	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
SOC6	Estado de Direito	<p>- De forma semelhante ao indicador POL2, este indicador pode contribuir para a diminuição das incertezas na tomada de decisão e direcionar o comportamento dos indivíduos e das instituições, estimulando a criação de leis voltadas para ações sustentáveis, ou mesmo, a revisão destas direcionando à sustentabilidade.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam com todos os CDS, devido a abrangência das leis.</p>	<p>- A mensuração deste indicador não é trivial ou de fácil quantificação. Assim, a não divulgação, pela WEC, dos componentes deste indicador, possibilita que na tentativa de se calcular este indicador possa se optar por elementos que não se remetam ao desenvolvimento sustentável, fazendo com que o indicador não contribua com este.</p>	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
SOC7	Qualidade da educação	<p>- A informação deste indicador associada ao RES3, pode gerar uma informação mais precisa sobre a capacidade de resolução de problemas de ordem técnica relacionada à energia sustentável. Por outro lado, isoladamente, este indicador pode trazer o conhecimento da situação educacional da sociedade, que, se incluir conteúdo ligado à educação ambiental, impacta diretamente no comportamento da sociedade diante da busca por sustentabilidade.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam com os CDS 1, 2, 8, 10, 11, 12, 16 e 17.</p>	<p>- O cálculo deste indicador possui grande subjetividade devido ao entendimento do significado de qualidade da educação, que se pode assumir. A não divulgação, pela WEC, dos componentes deste indicador abre margem para que o responsável pela coleta de dados possa incluir componentes sem correlação com a variável, ou ignorar componentes que podem ser imprescindíveis ao desenvolvimento sustentável, como informações sobre educação ambiental.</p>	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
SOC8	Qualidade de saúde	<p>- Este indicador pode apresentar informações relevantes sobre os impactos negativos que determinados tipos de extração, ou utilização, energética podem gerar na saúde da população. Como problemas respiratórios por poluição do ar, intoxicação por contaminação da água, ou solo, por vazamento de combustíveis ou resíduos tóxicos, entre outros. Podendo direcionar os tomadores de decisão a soluções ligadas à sustentabilidade.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam com os CDS de todas as dimensões.</p>	<p>- Assim como em SOC7, a subjetividade no entendimento do que se considera qualidade na saúde poderá levar à escolha de componentes que não tenham relação clara com o desenvolvimento sustentável. Se fosse feita a divulgação, pela WEC, dos componentes deste indicador, e estes detalhassem alguns pontos sobre o que prejudica a qualidade da saúde (como número de internamentos por contato com radioatividade), tal subjetividade poderia ser minimizada.</p>	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
SOC9	Custo de vida	<p>- Com este indicador, associado a indicadores de consumo e custo de energia, se pode conhecer quais pontos socioeconômicos podem influenciar a opção de consumo de um tipo de energia ou outro. Auxiliando na identificação de limitações financeira, por exemplo, para a substituição do consumo de energia não-renovável para o consumo de energia renovável.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações sobre os CDS da dimensão econômica, social e ambiental.</p>	<p>- A não divulgação, pela WEC, dos componentes deste indicador, possibilita que na tentativa de se calcular este indicador, se houver uma agregação exagerada dos componentes, não seja possível a análise detalhada da relação deste indicador com o desenvolvimento sustentável.</p>	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
AMB1	Emissões de gases de efeito estufa (GEE) procedentes da produção e uso de energia, per capita e por unidade do PIB	<p>- A apresentação da relação da emissão GEE procedentes da produção e uso da energia com a população e o PIB, gera informação que se pode avaliar ao longo do tempo se o crescimento populacional e/ou de atividade econômica impacta, ou não, no volume de emissão de GEE de forma constante. Pode-se também acompanhar se a implementação de projetos, leis ou regulamentos surtiram resultados positivos na redução de GEE.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 16.</p>	<p>- A mensuração deste indicador não consegue abranger a totalidade da emissão de GEE proveniente da produção e consumo, assim, este indicador pode apresentar resultados inferiores da emissão real e com incerteza quanto a esta diferença.</p>	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997), Ardizzon et al. (2014).

(continua)

SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
AMB2	Concentrações ambientais de poluentes atmosféricos nas áreas urbanas	- Este indicador permite monitorar o volume de poluentes presente (concentrado) no ar, em diversas localidades. Isso permite que, se conhecidas as fontes de poluição, o tomador de decisão possa decidir por ações que foquem na redução da poluição atmosférica, permitindo uma melhor qualidade de vida para a população, no que se refere à saúde. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 16.	- Para a utilização deste indicador na tomada de decisão há a necessidade de saber que a concentração de poluentes varia de acordo com cada localidade devido às diferentes atividades desenvolvidas. Por exemplo, uma região predominantemente industrial possui concentração de poluentes atmosféricos diferentes de uma região agrícola. Assim, a utilização deste indicador com dados específicos de uma região de forma generalizada para outras pode levar a ações não condizentes com a real concentração local.	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014) e Pereira Junior et al. (2013).
AMB3	Emissões de poluentes atmosféricos procedentes dos sistemas energéticos	- O cálculo da emissão de poluentes atmosféricos inclui além dos gases de efeito estufa (GEE) outros elementos que impactam negativamente na saúde, como hidrocarbonetos e partículas. A identificação das fontes que os emitem permite a busca por soluções para a redução de tais emissões, bem como a avaliação do resultado de medidas redutoras implantadas em períodos anteriores. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 16.	- De forma similar ao AMB1, a mensuração deste indicador não consegue abranger a totalidade da emissão de poluentes proveniente dos sistemas energéticos, assim, este indicador pode apresentar resultados inferiores da emissão real e com incerteza quanto a esta diferença.	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014) e Pereira Junior et al. (2013), Ardizzon et al. (2014).
AMB4	Descargas de contaminantes em efluentes líquidos procedentes dos sistemas energéticos, incluindo as descargas de petróleo	- Este indicador permite um monitoramento dos resíduos líquidos provenientes dos sistemas energéticos que podem gerar a contaminação de solo e/ou água. Isto permite dimensionar o impacto negativo no meio ambiente e na sociedade podendo-se planejar medidas preventivas ou corretivas - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 16.	- A execução de uma coleta de dados com uma imprecisão do volume de contaminantes descartados, seja por desconhecimento de todas as fontes geradoras de poluente ou mesmo por ocultação voluntária de dados, resultado de corrupção, pode subestimar o real impacto negativo de tais descargas.	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014) e Pereira Junior et al. (2013).
AMB5	Área de solo onde a acidificação excede carga crítica	- Além de permitir o acompanhamento dos impactos negativos no solo e sua dimensão, este indicador pode contribuir para que as empresas responsáveis pela poluição arquem com os custos de recuperação ambiental. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 16.	- De forma similar ao AMB4, a execução de uma coleta de dados com uma imprecisão da origem da acidificação do solo, seja por desconhecimento de todas as fontes geradoras ou mesmo por ocultação voluntária de dados, resultado de corrupção, pode subestimar o real estado do solo, ou mesmo não conseguir responsabilizar os causadores deste impacto.	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014) e Pereira Junior et al. (2013), Goldemberg (2012).
AMB6	Taxa de desflorestamento atribuída ao uso de energia	- O cálculo deste indicador por ser feito em dois momentos diferentes com relação à área florestal, permite o conhecimento do impacto que determinada fonte energética pode causar ao ser implantada. Isto faz com que se tenham dados para a ponderação futura da implantação da mesma fonte em outra localidade ou a opção por outra que represente danos menores. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12 e 16.	- Se este indicador, por exemplo, estiver relacionado à utilização da biomassa como fonte energética, apesar de o CDS 9 indicar a prioridade à produção de biomassa e à industrialização de insumos naturais renováveis, os impactos relacionados ao desflorestamento devem ser analisados com cuidado, bem como a emissão de poluentes atmosféricos, para que não haja incentivo a uma opção energética que proporcione uma quantidade de impactos negativos maior do que os positivos.	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014) e Pereira Junior et al. (2013).
AMB7	Relação entre a geração de resíduos sólidos e unidade de energia produzida	- Este indicador possibilita conhecer o impacto da produção energética em termos de geração de resíduos sólidos. Para o desenvolvimento sustentável este indicador possibilita o planejamento de medidas alocação e/ou aproveitamento destes recursos. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12 e 16.	- Caso este indicador seja analisado sem a segmentação dos tipos de resíduos sólidos gerados, apesar de mensurar a quantidade de poluentes produzidos, inviabiliza o planejamento de como alocar ou aproveitar tais resíduos.	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Goldemberg (2012) e Pereira Junior et al. (2013).
AMB8	Relação entre os resíduos sólidos descartados adequadamente pelo total de resíduos sólidos gerados	- Este indicador possibilita avaliar os resultados de medidas tomadas para o descarte adequado dos resíduos gerados na produção de energia. Isto contribui para o acompanhamento se as ações tomadas anteriormente estão apresentando desempenho esperado, além de apresentar a mensuração da quantidade de resíduos sólidos a serem tratados. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12 e 16.	- O descarte adequado, calculado neste indicador, representa uma minimização dos impactos negativos que tais resíduos poderiam causar, contudo, não significa que esta proporção de resíduos descartados adequadamente esteja recebendo o melhor destino possível. Por exemplo, resíduos sólidos em aterros controlados, apesar de serem considerados como descartados adequadamente, dependendo das suas propriedades poderiam ser reintegrados a um setor produtivo, reduzindo a demanda de alguns recursos naturais.	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Goldemberg (2012) e Pereira Junior et al. (2013).

(continua)

SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
AMB9	Relação entre os resíduos sólidos radioativos e unidade de energia produzida	<ul style="list-style-type: none"> - O cálculo deste indicador possibilita a comparação da quantidade de resíduos sólidos gerados por unidade de energia produzida por fonte de origem nuclear com a quantidade de outras fontes energéticas. Contribuindo para o desenvolvimento sustentável no que se refere à busca pela redução de resíduos sólidos. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 11, 12 e 16. 	<ul style="list-style-type: none"> - Como visto na seção 2.4.3, a energia nuclear produz uma quantidade de energia superior a outras fontes de energia gerando uma menor quantidade de resíduo. Contudo, ao se analisar este indicador deve-se considerar os custos com infraestrutura que acabam sendo elevados, devido aos graves danos à saúde e ambiente que estes resíduos causam. A utilização isolada deste indicador como estímulo para a opção por esta fonte energética pode levar a graves problemas socioambientais e econômicos. 	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Goldemberg (2012) e Pereira Junior et al. (2013).
AMB10	Relação entre os resíduos sólidos radioativos em espera de destinação e o total de resíduos sólidos radioativos gerados	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador possibilita identificar a eficiência ou ineficiência do descarte dos resíduos sólidos radioativos, implicando diretamente na qualidade ambiental e na qualidade da saúde da população. Contribui dimensionando a necessidade de infraestrutura para atender o volume de resíduo sólido radioativo em espera. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 6, 7, 11, 12 e 16. 	<ul style="list-style-type: none"> - A não segmentação do tipo de resíduo sólido radioativo gerado (alto teor ou baixo teor) pode levar a previsões de custos incorretos para a construção de infraestrutura de armazenamento para atender adequadamente a totalidade dos resíduos, isso se deve à diferença de segurança necessária para cada tipo de resíduo. 	International... (2005), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Goldemberg (2012) e Pereira Junior et al. (2013).
GOV1	Controle de receita	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador, ao verificar a redução da parcela das receitas de energia que escapam da tributação, pode contribuir minimizando incentivos a fontes energéticas não renováveis ou que geram maior impacto negativo que outras fontes energéticas. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 13 e 14. 	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador pode ser uma barreira à ampla utilização de uma fonte de energia renovável, ainda não difundida, que pode necessitar de incentivo, como redução fiscal, para redução de custos para tornar-se acessível ao consumidor final. 	Helio... (2014), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).
GOV2	Consulta informada	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentando a quantidade de audiências e consultas públicas sobre as avaliações de impacto de projetos de energia proposta, com este indicador pode-se acompanhar se estas se mantêm, se reduzem ou se aumentam a sua frequência ao longo do tempo. Aliado a informações sobre as necessidades correntes da sociedade e dos impactos socioambientais poder refletir o grau de empenho, ou descaso, na busca por sustentabilidade. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 6, 7, 8, 10, 11, 12 e 14. 	<ul style="list-style-type: none"> - Somente a verificação da existência de audiências e consultas públicas, sobre as avaliações de impacto de projetos de energia proposta, não é suficiente para verificar o engajamento na busca por sustentabilidade, pois elas podem se repetir com frequência e as pautas não apresentarem avanços. 	Helio... (2014), Pinch e Bijker (1989), Hughes (1989; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).
GOV3	Participação dos cidadãos	<ul style="list-style-type: none"> - O conhecimento da participação ativa dos cidadãos no setor energético pode refletir no direcionamento das decisões, considerando as necessidades da sociedade corrente e assim cuidados ambientais, socioeducacionais e temas ligados à saúde podem se sobressair a objetivos econômicos. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 6, 7, 8, 10, 11, 12 e 14. 	<ul style="list-style-type: none"> - Caso a participação ativa dos cidadãos seja considerada como apenas a presença em audiências e consultas públicas ligadas à energia, sem considerar poder de manifestação, voto e inclusão de questões pertinentes às pautas, este indicador pode gerar uma medida que não possui significado representativo à participação dos cidadãos e consequentemente deixa de contribuir para o desenvolvimento sustentável. 	Helio... (2014), Pinch e Bijker (1989), Hughes (1989; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).
GOV4	Administração equilibrada	<ul style="list-style-type: none"> - A representação equilibrada das diferentes partes envolvidas nas decisões sobre energia, bem como a transparência no processo de tomada de decisão, são elementos propostos para a composição deste indicador que podem contribuir com o desenvolvimento sustentável dado que podem indicar aos tomadores de decisão pontos de equilíbrio e desequilíbrios da demanda e oferta, minimizando incertezas. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14 e 17. 	<ul style="list-style-type: none"> - A Helio Internacional não especifica como calcular este indicador e por se tratar de elementos que não possuem uma mensuração trivial, como a transparência do processo de tomada de decisão, o resultado deste indicador pode ser tendencioso, buscando investimentos em fontes energéticas de baixa procura, ou difícil utilização, por exemplo. 	Helio... (2014), Pinch e Bijker (1989), Hughes (1989; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).
VUL1	Vulnerabilidade no fornecimento de energia térmica	<ul style="list-style-type: none"> - Com este indicador pode-se verificar o grau de vulnerabilidade de usinas de energias (e refinarias se aplicável) para inundações. Tal informação permite que seja feito um planejamento para se evitar desastres ou mesmo planos de contenção caso estes ocorram. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2 e 3. 	<ul style="list-style-type: none"> - Para o cálculo deste indicador há a necessidade de conhecimento técnico tanto da construção da infraestrutura quanto do desgaste desta, aliado à capacidade de utilização. Desta forma uma mensuração incorreta deste indicador pode levar a utilização indevida da infraestrutura, por exemplo se sobrestimar a capacidade de utilização, pode se provocar desastres. No caso deste indicador se mostrar favorável quando não é, um outro exemplo, pode-se dispor de um planejamento ineficiente para a vulnerabilidade real. 	Helio... (2014), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).

(continua)

SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
VUL2	Vulnerabilidade no sistema de energia renovável	<p>- Com este indicador é possível verificar a vulnerabilidade de sistemas de energias renováveis para as variações climáticas, contribuindo assim para a identificação de problemas técnico, nos sistemas de energias renováveis, que podem gerar desperdício ou ineficiência energética, principalmente, por fragilidades em decorrência da exposição a condições climáticas.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 7, 8, 10, 11, 12 e 16.</p>	<p>- De forma similar ao VUL1, o conhecimento técnico tanto da construção da infraestrutura quanto do desgaste desta, aliado à resistência na exposição aos efeitos climáticos, influenciam na qualidade de informação deste indicador e conseqüentemente no planejamento para prevenção e resolução da vulnerabilidade.</p>	<p>Helio... (2014), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>
VUL3	Vulnerabilidade nas linhas de transmissão	<p>- Este indicador, apresentando o comprimento de linhas de transmissão / redes de distribuição ameaçada por eventos climáticos extremos, permite o planejamento de medidas para solucionar o reestabelecimento das linhas de transmissão em caso de rompimentos, permitindo uma redução do período de desabastecimento e de redução da possibilidade de acidentes e desperdício de recursos energéticos.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 7, 8, 10, 11, 12 e 16.</p>	<p>- A subestimação da dimensão das linhas de transmissão pode prejudicar tanto a disponibilidade material quanto de técnicos suficientes para os reparos.</p>	<p>Helio... (2014), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>
RES1	Ativos de investimento	<p>- Para o cálculo deste indicador a Helio International utiliza a taxa de poupança doméstica por PIB, trazendo assim uma proporção do PIB de possível investimento no setor energético. O conhecimento da disponibilidade financeira para investimento possibilita direcionar tais recursos para projetos de energia voltados para o desenvolvimento sustentável.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 5 e 6.</p>	<p>- Este indicador não pode ser analisado individualmente, pois a estabilidade econômica e o comprometimento de valores com projetos futuros podem alterar a real disponibilidade, podendo impactar na incapacidade de realização de projetos por restrição financeiras, dada a estimativa maior do que a disponibilidade monetária real.</p>	<p>Helio... (2014), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>
RES2	Mobilização do potencial energético renovável	<p>- A informação sobre a proporção de investimento nacional destinado à energia renovável e eficiência energética, permite o conhecimento do que efetivamente está sendo investido na busca por soluções energéticas sustentáveis podendo ser um estímulo a novos projetos.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 5 e 6.</p>	<p>- Este indicador apesar de fornecer informação sobre valores monetários direcionados à energia renovável e eficiência energética, não deve ser considerado em análise do desenvolvimento sustentável de forma individual, pois o investimento pode ter sido em projetos ineficientes, ou mesmo, os valores podem ser desviados, por exemplo, representando assim impactos negativos para o desenvolvimento sustentável.</p>	<p>Helio... (2014), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).</p>
RES3	Capacidade técnica local	<p>- A informação sobre o número de formados anualmente em cursos de ciências e engenharia por população total, pode representar a capacidade técnica local disponível. Podendo refletir um menor custo na contratação de mão de obra qualificada para o desenvolvimento e implantação de projetos, visando o desenvolvimento sustentável local. Quando este indicador se mostrar favorável, ou maior custo para a atração e contratação destes, quando o indicador não se mostrar favorável.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 2, 4, 5, 13, 14, 15 e 17.</p>	<p>- Este indicador analisado individualmente, pode trazer informações incorretas para uma determinada região, isto porque pode-se formar em uma determinada região e esta pode não conseguir reter esta mão de obra qualificada no local. Outro ponto a ser observado é a qualidade na educação como indicada no SOC7, pois, pode-se formar com baixa qualidade educacional, gerando conseqüentemente baixa qualidade na elaboração e implantação de projetos energéticos voltados para a sustentabilidade.</p>	<p>Helio... (2014), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Goldemberg (2012).</p>
RES4	Informação científica	<p>- A disponibilidade de mapas de risco, com as possibilidades de inundações, desertificação, contaminação, entre outros impactos, permite que se possa direcionar os esforços para a resolução prioritária de pontos críticos que ameacem o desenvolvimento sustentável.</p> <p>- Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 6, 7, 8, 12 e 16.</p>	<p>- O cálculo deste indicador exige a existência de mapas de riscos, contudo, analisado de forma individual este indicador pode não contribuir para o desenvolvimento sustentável. Isto porque antes da quantidade de mapas de risco, como destacado em SOC7 e na análise dos indicadores de vulnerabilidade, deve-se prezar pela qualidade das informações, e isto deve-se estender a elaboração destes mapas. Pois informações incorretas podem levar a uma alocação de recurso ineficiente aos objetivos de sustentabilidade.</p>	<p>Helio... (2014), Pinch e Bijker (1989), Hughes (1989; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013).</p>

				(conclusão)
SIGLA	INDICADOR	CONTRIBUIÇÕES	LIMITAÇÕES	Referências que deram suporte à análise do EISD
RES5	Diretrizes de instalação de usinas	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador permite o conhecimento da quantidade de diretrizes existentes sobre resiliência às alterações climáticas para o planejamento e implantação de usinas, podendo permitir que estes minimizem os impactos negativos de suas decisões mantendo-se alinhados ao SOC6 e voltado para a sustentabilidade. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12 e 16. 	<ul style="list-style-type: none"> - De forma similar ao RES4, este indicador analisado individualmente pode não contribuir com o desenvolvimento sustentável, dado que levantar o número de diretrizes não mensura a qualidade do alinhamento destas com objetivos sustentáveis. Assim, para que haja contribuição para o desenvolvimento sustentável as diretrizes devem dispor de alinhamento com objetivos sustentáveis e serem efetivamente aplicadas. 	Helio... (2014), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013) e Silva e Wiens (2010).
RES6	Gerenciamento de crise	<ul style="list-style-type: none"> - Ao apresentar a existência de planejamento em casos de emergência relacionados a usinas de energia, este indicador pode contribuir com o desenvolvimento sustentável devido à provável existência de medidas preventivas que podem minimizar os impactos socioambientais. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para os CDS 1, 2, 6, 7, 8, 10, 12 e 16. 	<ul style="list-style-type: none"> - De forma similar ao RES4 e RES5, a simples quantificação da existência de planejamento em casos de emergência relacionados a usinas de energia não reflete se estes possuem qualidade em seu planejamento ou não. Assim, caso a existência de planejamento, apresentada pelo indicador, seja de baixa qualidade técnica isso pode transmitir falsa confiança à sociedade e investidores, prejudicando ações preventivas dada a confiança de que os planos de emergências para usinas de energia sejam suficientes. 	Helio... (2014), Pinch e Bijker (1989), Hughes (1989; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013).
RES7	Seguro	<ul style="list-style-type: none"> - Este indicador, associado aos indicadores de vulnerabilidade pode, a partir do conhecimento da disponibilidade de apólices de seguros nacionais para danos relacionadas às mudanças climáticas, pode incentivar investimentos em projetos energéticos que visem a sustentabilidade, dada a possibilidade de garantia de segurança do investimento, devido a envolver, em geral, grandes montantes financeiros. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam para o CDS 1. 	<ul style="list-style-type: none"> - Para o cálculo deste indicador, ou seja, para a existência de seguro, além da capacidade de investimento, os indicadores de vulnerabilidade também influenciam na decisão de investimento em seguros para danos relacionados a mudanças climáticas. Sendo assim, fragilidades na capacidade de investimento ou nos indicadores de vulnerabilidade podem interferir na disponibilidade de seguro, e a inexistência deste pode-se reduzir o número de projetos devido à elevação de riscos. 	Helio... (2014), Pinch e Bijker (1989), Hughes (1989; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Pereira Junior et al. (2013).
POL1	Estabilidade política	<ul style="list-style-type: none"> - Como apresentado na abordagem institucional, a diminuição das incertezas possibilita decisões mais assertivas, caso este indicador aponte maior estabilidade isto contribui para que as escolhas dos tomadores de decisão que busquem o desenvolvimento sustentável tenham maior chance de sucesso. - Este indicador possui potencial para gerar informações sobre o CDS 14. 	<ul style="list-style-type: none"> - A não divulgação, pela WEC, dos componentes deste indicador possibilita que na tentativa de se calcular este indicador o uso de componentes tendenciosos, ou mesmo, a não utilização de componentes que reflitam estabilidade política, gere-se informação distorcida, que não reflita a realidade, podendo assim prejudicar o resultado esperado de uma tomada de decisão. 	World... (2015), Hughes (1989; 1993), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
POL2	Qualidade regulatória	<ul style="list-style-type: none"> - Da mesma forma que o indicador anterior, como apresentado na abordagem institucional, a diminuição das incertezas possibilita decisões mais assertivas, no caso deste indicador, a regulação de qualidade (considerando que exista qualidade de aplicação) contribui para que as escolhas dos tomadores de decisão que busquem o desenvolvimento sustentável tenham maior chance de sucesso. Pois, esta qualidade também incentiva os agentes a agir de acordo com o regulamento para evitar punições. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam com todos os CDS. 	<ul style="list-style-type: none"> - A não divulgação, pela WEC, dos componentes deste indicador, possibilita que na tentativa de se calcular este indicador não se considere como componente deste indicador elementos associados à qualidade de aplicação do regulamento (multa ou outras penalidades). Caso a qualidade seja considerada apenas a existência de regulamento e não a aplicação, a contribuição deste indicador para o desenvolvimento sustentável poderá ser baixa ou inexistente. 	World... (2015), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).
POL3	Eficácia do governo	<ul style="list-style-type: none"> - O conhecimento da eficácia do governo, se abranger informações sobre a implementação de projetos voltados para o desenvolvimento sustentável, pode gerar informação que pode ser usada para incentivar o planejamento de novos projetos ou a busca por soluções para que a implementação de novos projetos passe a ser positiva. - Este indicador possui potencial para gerar informações que contribuam com todos os CDS, devido à abrangência das ações do governo. 	<ul style="list-style-type: none"> - A não divulgação, pela WEC, dos componentes deste indicador, possibilita que na tentativa de se calcular este indicador, tal eficácia não se aplique a ações ligadas ao desenvolvimento sustentável. Assim, se avaliado apenas em um contexto apenas econômico o resultado positivo deste indicador pode ocultar impactos socioambientais graves, que podem até decorrer de ações consideradas eficazes. 	World... (2015), Hughes (1989; 1993), Sachs (2002; 1993), Van Bellen (2006), Montibeller-Filho (2008), Philippi Jr e Malheiros (2012), Reis et al. (2012), Hinrichs et al. (2014), Jannuzzi (1997).

Fonte: Autoria própria.

4.4 CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Nesta seção, para a apresentação de alguns indicadores do Quadro 11 e critérios para o desenvolvimento sustentável (CDS) do Quadro 8, serão utilizadas siglas, quando a análise se remeter a intervalos maiores que quatro (4) EISDs ou CDS.

Dos indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável (EISDs), selecionados para esta dissertação, pode-se destacar algumas diferenças na forma de contribuição destes para os tomadores de decisão. Tais diferenças podem ser decorrentes do seu tempo de existência, ou mesmo, da simplicidade de seu cálculo, permitindo que o tomador de decisão tenha mais, ou menos, segurança sobre o significado do resultado de cada indicador, como discutido por Martínez (2007).

Os indicadores relacionados à dimensão econômica são, em geral, de conhecimento e utilização anterior à discussão sobre sustentabilidade. Este fator influencia no “amadurecimento” destes indicadores, tornando-os de cálculo mais difundido e consolidado do que indicadores de construção mais recente, isto se deve à necessidade de pesquisa e deliberação de quais componentes propiciariam um resultado compatível com a realidade. Tal processo para a criação, utilização, adaptação e fortalecimento (ou abandono) dos EISDs pode ser citado como um exemplo da teoria da Construção Social da Tecnologia e Sistemas Tecnológicos de Pinch e Bijker (1989).

Apesar de dos dezenove (19) EISDs, da dimensão econômica, dezesseis (16) serem adaptados de conjuntos voltados inicialmente apenas para crescimento econômico, focado em eficiência energética, foram identificados quatro (2) EISDs que apresentam contribuição mais integrada com o desenvolvimento sustentável sem exigência de análise em conjunto com outros indicadores. São eles o ECO4 – Relação reservas/ produção – e o ECO12 – Porcentagem de energia não baseada no carbono na energia e eletricidade.

O ECO4 ao ter em sua base de cálculo as “reservas recuperáveis comprovadas”, demonstra a preocupação com a capacidade de recuperação das reservas energéticas, a qual em períodos anteriores não era destacada. Este

indicador, mesmo analisado isoladamente, contribui para o tomador de decisão com a informação sobre a disponibilidade das fontes energéticas envolvidas neste cálculo.

O ECO12 traz ao tomador de decisão o “fornecimento primário, geração de eletricidade e capacidade de geração por energia não baseada no carbono”, ou seja, mesmo que analisado individualmente, este indicador contribui com o desenvolvimento sustentável, apresentando aos decisores a proporção específica do fornecimento de energia não baseada no carbono. Assim a informação sobre energias que geram menor poluição do ar, auxilia na possível escolha de fontes energéticas que reduzem os impactos negativos decorrentes da emissão de carbono. Neste ponto, o conhecimento das diferentes fontes energéticas, apresentadas na seção 2.4, faz-se necessário para a seleção das fontes que compõem o cálculo deste EISD. Como apresentado por Hinrichs et al. (2014) e Reis et al. (2012).

Outro indicador da dimensão econômica que merece destaque é o ECO18, referente à estabilidade macroeconômica. Como apresentada na análise individual deste EISD, na seção anterior, e por Pinto Junior et al. (2007), a estabilidade macroeconômica possui relevância na tomada de decisão, pois cenários instáveis podem causar retração nos investimentos, e conseqüentemente causar atrasos em projetos que podem ser cruciais para sustentabilidade. Furtado (2003) destaca, ainda, que opções macro influenciam na trajetória futura de um país, por exemplo, se este será considerado desenvolvido ou não. Assim um resultado positivo deste indicador pode contribuir com a minimização das incertezas que envolvem as tomadas de decisão e estimular novos projetos.

Contudo, diferente dos demais EISDs da dimensão econômica, aqui citados, a forma de cálculo do ECO18 não foi detalhada pela World Energy Council (WEC) e, na literatura pesquisada, não foi identificado um consenso sobre quais componentes trariam a informação sobre se há ou não estabilidade macroeconômica. Assim, se reconhece que o resultado deste indicador pode contribuir para a tomada de decisão voltada para o desenvolvimento sustentável, no entanto, a seleção dos componentes deste EISD ainda deve ser considerada como uma limitação, dado que falhas no cálculo deste indicador podem resultar em cenários que não refletem a realidade.

Dos demais indicadores energéticos da dimensão econômica, do ECO1 ao ECO3, do ECO5 ao ECO11, do ECO13 ao ECO17 e o ECO19, como contribuição pode-se apontar seus resultados com uma proximidade maior da realidade, auxiliando na minimização de incertezas e apresentando alinhamento com grande parte dos

critérios para o desenvolvimento sustentável (CDS), destacados no Quadro 8. O cálculo destes EISDs pode contribuir no planejamento da substituição de uma fonte energética, diante da limitação de tal recurso, por outra em maior abundância, como situação cogitada por Daly (2004) e Sachs (1993; 2002). Como limitação destes EISDs, destaca-se o fato de, em geral, não ser recomendada a análise individual destes indicadores, devido à possibilidade de estimularem ações que possam gerar prejuízos socioambientais. Para reduzir a interpretação puramente econômica, recomenda-se para estes indicadores uma análise em conjunto com indicadores de outras dimensões.

Passando as considerações aos EISDs da dimensão social, no início desta pesquisa esperava-se identificar um número maior de indicadores desta dimensão, devido à inter-relação da sociedade com as demais dimensões e por essa também sofrer com os impactos negativos atmosféricos, na água e no solo. Contudo a seleção apresentou quatro (4) EISDs divulgados pela IAEA e cinco (5) divulgados pela WEC.

Os indicadores do SOC1 ao SOC3 geram informação relacionadas à demanda energética, renda e despesas com energia, gerando informações necessárias à compreensão da dimensão social, como indicado por Pereira Junior et al. (2013) e International... (2005). Estes indicadores, de forma similar aos EISDs da dimensão econômica, possuem informações de coleta com frequência já estabelecida e de componentes já consolidados, contribuindo com resultados próximos à realidade e tendo como limitação a necessidade de associação a indicadores de outras dimensões, para evitar análises voltadas apenas para o crescimento econômico.

No caso do SOC4, este traz uma contagem das vítimas mortais por ano relacionadas a cadeias de combustíveis, sendo um resultado de interesse para a busca pela redução deste indicador e conseqüentemente contribuindo para o desenvolvimento sustentável. Contudo, a não atribuição correta de uma morte à uma cadeia de combustíveis, faz com este indicador possa gerar informações subestimadas, prejudicando assim a tomada de medidas para esta redução. Além disso, observando Hinrichs et al. (2014) sobre os impactos das diversas fontes de energia, apresentadas ao longo da seção 2.4, vítimas mortais relacionadas a outras fontes energéticas, além da cadeia de combustíveis, também deveriam ser contabilizadas.

Os outros cinco (5) indicadores da dimensão social foram selecionados a partir da WEC, e são eles do SOC5 ao SOC9, respectivamente, “controle da corrupção”,

“estado de direito”, “qualidade da educação”, “qualidade da saúde” e “custo de vida”. Como contribuição para o desenvolvimento sustentável, estes cinco últimos indicadores possuem um potencial maior do que os quatro primeiros, devido à possibilidade de abrangência de temas, trazendo informações não só pautadas em dados quantitativos, mas também referentes à qualidade. Sendo a estes atribuídos também a possibilidade de gerar informações que contribuam com o maior número de CDS, dada as possibilidades de composição destes EISDs.

Como limitação, assim como os demais EISDs selecionados a partir da WEC, destaca-se o não detalhamento de componentes com os quais possa se alcançar um resultado para cada um destes EISDs. Se por um lado, a ampla possibilidade de combinação de componentes pode proporcionar um resultado fértil para os tomadores de decisão, esta mesma situação pode resultar em informações incompletas, e até incorretas, que não refletem a realidade, ou de difícil interpretação. Com isso pode-se incorrer em uma, ou mais, das armadilhas citadas por Meadows (1998), como: 1) Agregação exagerada; 2) Medir o que é mensurável em detrimento do que é importante; 3) Dependência de um falso modelo; 4) Falsificação deliberada; 5) Desviar a atenção da experiência direta; e 6) Incompletude, gerando um reflexo parcial da realidade.

Também selecionados a partir da WEC, os indicadores classificados em política, do POL1 ao POL3, respectivamente, “estabilidade política”, “qualidade regulatória” e “eficácia do governo”, possuem contribuições e limitações similares aos cinco (5) últimos EISDs da dimensão social, destacando que seus cálculos podem também ser prejudicados pelas armadilhas citadas por Meadows (1998). Pode-se, ainda, ressaltar o peso da abordagem institucional na construção destes indicadores, devido ao fato de, como citado na seção 2.1.3, as instituições afetarem o comportamento de atores sociais, dentre estes a população, empresas, instituições diversas e governo, envolvidos de alguma forma nos indicadores do POL1 ao POL3 e do SOC5 ao SOC9.

A dimensão ambiental é uma das que possui maior número de indicadores, à exceção da econômica; são dez (10) EISDs ao todo. Por terem sido construídos dentro do contexto em que já se envolviam questões ligadas à sustentabilidade, os indicadores do AMB1 ao AMB10 podem ser analisados em conjunto com EISDs de outras dimensões ou individualmente, pois foram construídos com o intuito de se gerar informações para o desenvolvimento sustentável. Dentre os temas abordados por

estes indicadores estão a mensuração da emissão e concentração de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes atmosféricos, diferentes tipos de contaminação por resíduos sólido, líquido ou radioativo, e o descarte adequado dos diferentes tipos de resíduos, pontos destacados por Sachs (1993; 2002), Van Bellen (2006) e Montibeler-Filho (2008), a serem considerados em se tratando da dimensão ambiental.

Vale destacar que os EISDs da dimensão ambiental geram informação com potencial para atender a maioria dos CDS elencados no Quadro 8. No que se refere à limitação destes indicadores foi apresentada, no Quadro 11, a imprecisão na coleta de dados referentes à emissão de GEE e poluentes, procedentes da produção e do uso de energia, a necessidade de conhecimento da existência de diferenças entre os resultados coletados em diferentes localidades (como em ambientes urbano e rural), e a necessidade de detalhamento dos componentes que geram o resultado, como no caso do AMB10 sobre resíduos sólidos radioativos. As fontes de energia solar, eólica e oceânica não tiveram, especificamente, EISDs identificados como capazes de mensurar a participação destes nos impactos ambientais.

De forma complementar, cabe ressaltar que apesar de Sachs (2002) destacar a importância da biodiversidade para o desenvolvimento sustentável, não foram identificados, nos EISDs selecionados, indicadores ou componentes que avaliassem as condições desta, ou mesmo os impactos sofridos em decorrência da energia. Assim, a ausência, na seleção de EISDs divulgados pelas instituições ligadas à pesquisa sobre energia, de indicadores que possibilitem verificar o impacto das fontes energéticas na biodiversidade é um ponto a estimular os tomadores de decisão irem além dos EISDs apresentados nos conjuntos divulgados.

Dos indicadores selecionados a partir da Helio Intenational foram destacadas três (3) classificações: a governança (GOV), a vulnerabilidade (VUL) e a resiliência (RES). Estas classificações ao serem analisadas pelo potencial de contribuição de informação para o desenvolvimento sustentável se alinham à maioria dos CDS, devido ao alcance que os temas envolvidos na construção destes EISDs possuem.

Do GOV1 ao GOV3, respectivamente, “controle de receita”, “consulta informada” e “participação dos cidadãos”, os indicadores podem ser mensurados gerando resultados quantitativos, os quais se avaliados sem informações adicionais, como qualidade de pauta e participação dos cidadãos, podem não contribuir para o desenvolvimento sustentável, como ressaltado em Helio International (2014). No caso do GOV4, “administração equilibrada”, de forma similar aos indicadores selecionados

a partir da WEC, o desconhecimento dos componentes que podem ser utilizados para o cálculo deste indicador, pode gerar resultados passíveis de divergência com o cenário real.

Tanto os indicadores classificados em vulnerabilidade quanto em resiliência, em geral, são indicadores que contribuem com informações relacionadas à capacidade técnica de se identificar as possíveis vulnerabilidades e de se resolver problemas ligados à energia. Dentre as limitações apresentadas na análise individual destes EISDs estão a análise dos indicadores aliada a informações extra e algumas dificuldades de se mensurar alguns componentes. Mesmo assim, estes indicadores possuem potencial para contribuir com grande parte dos CDS, como apresentado no Quadro 11.

Os indicadores divulgados pela IAEA, comparados aos indicadores selecionados a partir da Helio e WEC, possuem um potencial menor para gerar informações que contribuam com os CDS, contudo sua mensuração possui menos subjetividade quanto aos componentes que os formam, resultando em uma proximidade maior aos valores reais. A inclusão dos indicadores da Helio e WEC à seleção de EISDs analisada, agregou à pesquisa por apresentar possibilidades de indicadores ainda sem componentes especificados, apesar de isto também por revelar uma fragilidade do resultado.

A inclusão de classificações diferentes das dimensões citadas na literatura como direcionadas para o desenvolvimento sustentável, contribuiu para corroborar que a sustentabilidade é um tema complexo e que não se prende a uma ou outra dimensão isolada e sim constrói-se a partir da inter-relação destas, a exemplo de um sistema tecnológico, como o apontado por Hughes (1989). O potencial de geração de informações que podem contribuir com os CDS, elencados nas dimensões ambiental, social, econômica, espacial/geográfica e cultural, sendo atribuído às classificações política, governança e resiliência também fortalece a ideia de que estes devem ser observados quando se objetiva o desenvolvimento sustentável.

Dos critérios para o desenvolvimento sustentável “desconcentração/democratização do poder local e regional” (CDS14), “relação cidade/campo equilibrada, benefícios centrípetos” (CDS15) e “respeito à formação cultural comunitária” (CDS17), não foi identificado um número representativo de indicadores ou componentes que contribuíssem com estes critérios especificamente. De forma geral, a estes critérios foram associados EISDs com componentes sem grande

delineamento, como por exemplo, “controle da corrupção” (SOC5), “estado de direito” (SOC6), “qualidade de saúde” (SOC8) e “custo de vida” (SOC9).

Assim, apesar da limitação de análise gerada pela ausência da apresentação dos componentes dos indicadores citados acima, SOC5, SOC6, SOC8 e SOC9, dentre outros EISDs divulgados pela WEC, estes são os que apresentam maior potencial para incorporar critérios para o desenvolvimento sustentável ao seu cálculo, devido a sua construção ficar condicionada aos procedimentos que o gestor adotar para a sua mensuração. Diferente dos indicadores com componentes previamente estabelecidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão do atendimento da demanda energética é um dos temas de grande importância na atualidade e despertam interesse de indivíduos e organizações ao redor do globo. Com a análise do conteúdo bibliográfico, pode-se verificar que o aumento populacional e a inserção de tecnologias para suprir as suas diversas demandas (alimento, moradia, transporte, etc.) são fatores que impulsionaram o crescimento da demanda energética que, para ser atendida, depende da capacidade de acesso aos recursos naturais e das fontes energéticas exploradas. O atendimento desta demanda, especificamente, tem a sua considerável parcela de responsabilidade na degradação do meio ambiente, dada a utilização principalmente de fontes energéticas não-renováveis como, por exemplo, petróleo, gás natural e carvão mineral.

As perturbações ambientais – desastres naturais – atribuídas ao impacto causado pela extração de recursos naturais acima da capacidade de recuperação natural do ambiente e geração de poluição do solo, ar e água, foram fatores cruciais para que a sociedade “começasse” a pensar em formas de desenvolvimento que se sustentassem ao longo do tempo. Neste ponto, contrapondo a visão determinista sobre a tecnologia e reconhecendo os impactos negativos que a sua utilização poderia ocasionar, as discussões nos estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) são tidas como um marco para os estudos, e para a criação de instituições, voltados para identificar e buscar soluções para problemas ambientais.

A Construção Social da Tecnologia (SCOT), os Sistemas Tecnológicos e a abordagem institucional explicam tanto a criação das instituições ligadas à pesquisa sobre energia como a modificação dos objetivos destas ao longo do tempo, como a “recente” busca por desenvolvimento sustentável e não somente o desenvolvimento focado em crescimento econômico. Isto se deve à identificação de problemas enfrentados pela sociedade que podem impulsionar a construção de instituições para auxiliá-la na busca por soluções, como a criação da IEA e da IAEA devido à crise energética na década de 1970. Deve-se destacar, também, a adaptação dos objetivos destas instituições, como por exemplo, os problemas com a “insustentabilidade do desenvolvimento”, apresentados na RIO-92, que estimularam as instituições ligadas à pesquisa sobre energia a buscarem formas de tomar decisões mais sustentáveis.

O aumento de conhecimento sobre os problemas enfrentados, bem como o que os provoca, permite a busca por soluções que os resolvam, os amenizem, ou até os evitem, dependendo do grau de engajamento dos tomadores de decisão e das informações disponibilizadas. Neste ponto, a criação em 2005 dos trinta (30) indicadores energéticos voltados para o desenvolvimento sustentável (EISDs) foi um avanço para as possibilidades de planejamento e tomada de decisões “mais sustentáveis” na área energética. Até o desenvolvimento desta pesquisa, este conjunto tem se mostrado com representatividade global, considerando que a maioria das instituições o utilizam, 73,6% das 19 instituições identificadas.

Como atendimento do primeiro objetivo específico, “identificar e selecionar os indicadores energéticos a serem submetidos à análise”, a investigação bibliográfica, em conjunto com a pesquisa documental, possibilitou a seleção de cinquenta e cinco (55) EISDs e a verificação da difusão destes, entre as instituições ligadas à pesquisa sobre energia de vários países.

Com a análise do conjunto de EISDs selecionados, verificou-se que o número de indicadores energéticos, considerados pelas instituições como voltados para o desenvolvimento sustentável, ainda possui uma quantidade, e proporcionalidade, maior na dimensão econômica do que em outras dimensões. Isto pode ser observado tanto nos EISDs divulgados pela IAEA, como no conjunto aqui selecionado, considerando a adição dos indicadores da Helio International e da WEC a estes.

Isto demonstra que apesar a indicação de se observar dimensões variadas, além da econômica, para se alcançar o desenvolvimento sustentável, e de não ser citada a necessidade de um equilíbrio entre as quantidades dos indicadores associados a cada dimensão, ainda se tem que avançar nos estudos sobre o tema, para que estes instrumentos, ampliem a sua capacidade de contribuição para alcançar o desenvolvimento sustentável, minimizando as limitações apresentadas no Quadro 11.

O segundo objetivo específico, “identificar as principais características dos indicadores energéticos selecionados”, e o terceiro, “identificar na metodologia dos indicadores energéticos selecionados, os elementos relacionados com o desenvolvimento sustentável”, foram alcançados nas seções 4.1 e 4.2. Nestas seções, foi possível conhecer as características dos EISDs, tais como quais instituições os divulgam, a que dimensão são atribuídos e quais componentes fazem parte da sua construção, ou seja, o método aplicado para a sua formação.

A partir da análise destas características, foi possível identificar quais elementos da composição dos indicadores possuem maior ou menor alinhamento ao desenvolvimento sustentável. Contudo, tanto o segundo quanto o terceiro objetivo não puderam ser atendidos em sua totalidade, devido à limitação de informação disponível sobre os componentes dos indicadores energéticos, principalmente, selecionados a partir da WEC. Tal dificuldade na coleta de dados e na identificação dos parâmetros para a mensuração de cada indicador, bem como, a subjetividade na interpretação deste, além de não contribuir com o desenvolvimento sustentável, pode protelar a tomada de decisões corretivas ou preventivas.

O quarto e último objetivo específico, “elaborar um quadro analítico com as contribuições e as limitações dos indicadores selecionados, como instrumentos de apoio ao desenvolvimento sustentável”, foi atendido na seção 4.3. O Quadro 11 permitiu uma visão geral do resultado da análise de cada um dos cinquenta e cinco (55) EISDs selecionados.

Dos EISDs da dimensão econômica e social, principalmente os quantificados em unidades monetárias, apresentaram dentre as limitações a vulnerabilidade da sua contribuição para o desenvolvimento sustentável, diante da dependência de que a interpretação do tomador de decisão seja voltada para este objetivo, quando estes EISDs são analisados de forma individual e dissociada de indicadores, ou informação, ligadas aos impactos negativos da fonte energética avaliada.

Sobre os indicadores da dimensão ambiental, estes apresentam informações que, mesmo analisadas individualmente, contribuem para o conhecimento sobre parte dos impactos negativos que fontes de energia específicas podem causar ao ambiente e conseqüentemente à sociedade. Contudo, grande parte destes EISDs referem-se à geração dos resíduos, não considerando elementos ligados aos danos à biodiversidade, por exemplo.

Como um todo, a pesquisa atendeu o objetivo geral de “analisar as contribuições e limitações dos indicadores energéticos como instrumento de apoio ao desenvolvimento sustentável”. A construção contextual e teórica, feita nos primeiros capítulos, embasou a seleção e a análise dos indicadores energéticos, e permitiu que a construção desta pesquisa incluísse reflexões que podem ser aplicadas em outros estudos ligados a indicadores energéticos e ao desenvolvimento sustentável.

Como resultado adicional à análise das contribuições e limitações dos EISDs, no desenvolvimento desta dissertação construiu-se, ainda, o atual panorama dos

EISDs relacionando-os às instituições ligadas à pesquisa energética de diversos países. Cabe ressaltar que durante as pesquisas bibliográficas e documental, não foi localizado trabalho com conteúdo semelhante.

A partir deste cenário, pode-se reconhecer que a não divulgação, por parte das instituições ligadas à pesquisa sobre energia, dos componentes que formam alguns indicadores, bem como a não especificação da forma de se medir determinados componentes, apresenta-se como uma limitação para o aprofundamento de algumas análises mais específicas e, conseqüentemente, para a utilização destes pelos tomadores de decisão.

Apesar das limitações, os conjuntos de EISDs funcionam como apoio às tomadas de decisão voltadas ao desenvolvimento sustentável. Contudo, tais conjuntos devem ser aprimorados, pois a disponibilidade de informações com qualidade à cerca das questões socioambientais possibilita identificar quais fontes são mais, ou menos, prejudiciais ao desenvolvimento sustentável.

Considera-se, assim, que tais barreiras associadas à disponibilidade de informação devam ser as primeiras a serem transpostas, para que seja então possível lidar com as demais limitações, consideradas aqui como de transposição mais difícil, como a coleta de dados, a análise e a utilização dos indicadores energéticos como instrumentos de apoio efetivos para o desenvolvimento sustentável.

5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

No decorrer do desenvolvimento desta pesquisa, a dependência de que os documentos originados pelas instituições, ligadas à pesquisa energética, da França, Índia e Japão estivessem disponíveis em inglês, para a compreensão da autora, se mostrou como uma limitação da pesquisa. Apesar das referidas instituições divulgarem documentos traduzidos em língua inglesa, foi verificado, no site destas, a existência de uma quantidade de documentos redigidos na língua nativa maior do que as disponibilizadas em inglês.

Outra limitação a ser destacada foi a não identificação de documentos, com conteúdo detalhado, sobre a construção da metodologia de alguns indicadores, em especial os divulgados pela World Energy Council. A existência e identificação de tais

documentos possibilitaria um debate mais específico sobre as limitações e contribuições dos indicadores energéticos analisados nesta pesquisa.

5.2 PROPOSIÇÕES DE NOVOS ESTUDOS

A partir desta pesquisa pode-se desenvolver estudos que busquem aplicar os indicadores para o desenvolvimento sustentável aqui selecionados, em um determinado intervalo de tempo, a fim de levantar informações sobre o cenário de um país, ou região, relacionando-as ao desenvolvimento sustentável.

Pode-se ainda desenvolver estudos que busquem o estabelecimento dos parâmetros dos indicadores, cujos componentes não foram especificados durante a pesquisa, proporcionando um avanço no sentido de reduzir as limitações indicadas na análise.

Propõem-se, também, que sejam feitos estudos que analisem os indicadores energéticos, com potencial de contribuição ao desenvolvimento sustentável, além dos que compõem os conjuntos de EISDs divulgados pelas instituições ligadas à pesquisa sobre energia, possibilitando conjuntos alternativos, ou complementares, ao apresentado nesta pesquisa.

Por fim, a partir de EISDs com parâmetros definidos, presentes nos conjuntos divulgados pelas instituições ligadas à pesquisa energética e/ou resultantes das sugestões anteriores, propõem-se a aplicação destes no contexto brasileiro, como forma de apoiar as decisões energéticas voltadas para o território nacional.

REFERÊNCIAS

- ARDIZZON, G. et al. A new generation of small hydro and pumped-hydro power plants: Advances and future challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 746-761, 2014.
- ANDREWS, Christina W. Implicações teóricas do novo institucionalismo: uma abordagem habermasiana. **DADOS – Revista de Ciências Sociais**. v. 48, n. 2, p. 271-299, 2005.
- AGENCY FOR NATURAL RESOURCES AND ENERGY – ANRE. **Consolidated List of Energy Efficiency Recommendations prepared by the IEA for the G8 under the Gleneagles Plan of Action**. Japan: ANRE, 2014.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BIJKER, Wiebe E. et al (eds.). **The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology**. Cambridge, Mass.: MIT Press, p. 17-50, 1989.
- BOOTH, Wayne C. et al. **A arte da pesquisa**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- BOSSEL, Hartmut. **Indicators for sustainable development: theory, method, applications**. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development, 1999.
- BRASIL. EMPRESA, DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço energético nacional 2015: ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf. Acesso em: 28 out. 2015.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem et al. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- CAMARGO, Arilde Sutil G. de et al. Proposta de definição de indicadores de sustentabilidade para geração de energia elétrica. **Revista Educação & Tecnologia**, n. 8, 2004.
- CAVALCANTI, Daniele Blanco et al. Educação Ambiental e Movimento CTS, caminhos para a contextualização do Ensino de Biologia. **Revista Práxis**, v. 6, n. 12, 2014.
- CIMA, Fernando Monteiro. **Utilização de indicadores energéticos no planejamento energético integrado**. 2006. 208 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- CUTCLIFFE, Stephen H. La emergencia de CTS como campo acadêmico. In: **Ideas, Máquinas y Valores**. Los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Barcelona: Anthropos, 2003.

CYPRIANI, André Morais et al. Metodologia de implantação de uma PCH. In: **Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress**. p. 214-218, 2012.

DALY, Herman E. Crescimento sustentável? Não, obrigado. **Ambiente & sociedade**, v. 7, n. 2, p. 197-202, 2004.

DALY, Herman E. **Steady-state economics**: with new essays. Washington: Island Press, 1991.

DÍAZ, Laura Mota. **Instituições do Estado e produção e reprodução da desigualdade na América Latina**. In: CIMADAMORE, Alberto D.. Produção de pobreza e desigualdade na América Latina. Trad. Ernani Ssó. Porto Alegre: Tomo Editorial. Clacso, 2007.

ESPINO, José Ayala. **Instituciones y economia: una introducción al neoinstitucionalismo económico**. México: Fondo de Cultura Económica, 1999.

FELIX, Elia I. P. Instituciones y economia: una introducción al neoinstitucionalismo económico. Resenha de: ESPINO, José Ayala. Instituciones y economia: una introducción al neoinstitucionalismo económico. **Région y Sociedad**, v. 13, n. 22.2001, p. 194, 2001.

FERRAZ, Ana Paula. C. M.; BELHOT, Renato Vairo. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FURTADO, André. Crise energética e trajetórias de desenvolvimento tecnológico. Brasil em Desenvolvimento. **Ciclo de Seminários**, 2003.

GIBBONS, Michael. et al. **The new production of knowledge**: the dynamics of science and research in contemporary societies. London: SAGE Publications, 1994.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDEMBERG, José. **Energy**: what everyone needs to know. Oxford: Oxford University Press, 2012.

GUIMARÃES, Lucy Teixeira. **Proposta de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para bacias hidrográficas**. 2008. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

HAMMOND, Allen. et al. **Environmental indicators**: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, DC: World Resources Institute, 1995.

HELIO INTERNATIONAL. **Traitement de l'Information pour des Politiques Énergétiques favorisant l'Écodéveloppement (TIPEE)**. Paris: Helio International, 2014. Disponível em: <http://www.helio-international.org/wp-content/uploads/HELIO_Guide_TIPEE-FR.pdf>. Acesso em: 15 set.2015.

HINRICHS, Roger A. et al. **Energia e Meio Ambiente**. Tradução da 5ª edição americana. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HOLZBACH, Rafael Henrique. **Critérios para avaliação de aspectos de Sustentabilidade em projetos de inovação tecnológica**: uma proposta para agências de fomento. 2012. 240 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

HUGHES, Thomas P. **Networks of power**: electrification in Western society, 1880-1930. Baltimore: JHU Press, 1993.

HUGHES, Thomas P. The evolution of large technological systems. In: BIJKER, Wiebe E. et al (eds.). **The social construction of technological systems**: new directions in the sociology and history of technology. Cambridge, Mass.: MIT Press, p. 51-82, 1989.

HYDRO-QUÉBEC. **Hydro-Québec Sustainable Report 2014**. Montreal: HYDRO-QUÉBEC, 2015. Disponível em: <http://www.hydroquebec.com/publications/en/docs/sustainability-report/rdd_2014_en.pdf> Acessado em: 15 set. 2015.

HYDRO-QUÉBEC. **Hydro-Québec Sustainable Report 2013**. Montreal: HYDRO-QUÉBEC 2014. Disponível em: <http://www.hydroquebec.com/publications/en/docs/sustainability-report/rdd_2013_en.pdf> Acessado em: 15 set. 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2014 – Mitigation of Climate Change**. IPCC. New York: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf>. Acessado em: 26 dez.2015.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Energy Indicators for Sustainable Development-Guidelines and Methodologies**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2005.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Non-member Countries**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2016. Disponível em: <<https://www.iea.org/countries/non-membercountries/>>. Acessado em: 03 jan.2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Our History**. 2015. Disponível em: <<http://www.iea.org/aboutus/>>. Acessado em: 23 nov.2015.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. **Planejamento integrado de recursos energéticos**. Campinas: Autores Associados, 1997.

KLEIN, Hans K.; KLEINMAN, Daniel Lee. The social construction of technology: Structural considerations. **Science, Technology & Human Values**, v. 27, n. 1, p. 28-52, 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 7. ed. São Paulo: Atlas 2012.

MARTINS, André Luis A. M. Perspectivas do setor energético: as pequenas centrais hidrelétricas. In: GONÇALVES, Oksandro et al. **Desenvolvimento e Sustentabilidade**: Desafios e Perspectivas. Curitiba: Ithala, p. 107-123, 2015.

MARTÍNEZ, Rayén Quiroga. **Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe.** CEPAL, 2007.

MATIELLO, Catiane. **Narrativas tecnológicas, desenraizamento e cultura de resistência:** história oral de vida de famílias desapropriadas pela construção da usina hidrelétrica de Itaipu. 2011. 303 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MEADOWS, Dornella H. **Indicators and information systems for sustainable development.** Stellenbosch: The Sustainability Institute, 1998.

MONTIBELLER-FILHO, Gilberto. **O mito do desenvolvimento sustentável:** meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. 3 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

NORTH, Douglass. **Institutions, institutional change and economic performance.** New York: Cambridge University Press, 1990.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Environment at a Glance:** OECD environmental indicators. OECD Publishing, 2005.

ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA. **Energía y desarrollo sustentable em América Latina y el Caribe:** Guía para la formulación de políticas energéticas. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2003. Disponível em: <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27838/S2003004_es.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 out. 2015.

PATUSCO, JOÃO ANTONIO MOREIRA. Ministério de Minas e Energia. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <a_ripka@hotmail.com> em 15 maio 2015.

PEDERNEIRAS, Flávia Lis. **Padronização metodológica de balanços energéticos e seu impacto no uso de indicadores.** 2007. 230 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

PEREIRA, Agostinho Oli Koppe; PASINATO, Tatiana Lucia Strapazzon. Riscos ambientais provocados pelos resíduos sólidos: o direito à cidadania através de políticas públicas minimizadoras. **XI Seminário Internacional de Demandas Sociais e Políticas Públicas na Sociedade Contemporânea**, 2015. Disponível em: <<http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidspp/article/view/13130>>. Acessado em: 07 jan.2016.

PEREIRA JUNIOR, Amaro Olimpio et al. Indicadores energéticos para o desenvolvimento sustentável: uma análise a partir do Plano Nacional de Energia. In: PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães (Org.). **Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético.** Curitiba: COPEL, 2013.

PHILIPPI JR, Arlindo; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. **Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental.** Barueri: Manole, 2012.

PINCH, Trevor; BIJKER, Wiebe E. The social construction of facts and artifacts: or how the Sociology of Science and the Sociology of Technology might benefit each other.

In: BIJKER, Wiebe E. et al. **The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology**. Cambridge, Mass.: MIT Press, p. 17-50, 1989.

PINTO JUNIOR, Helder Queiroz; et al. **Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, Lineu Belico dos et al. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. rev. e atual. Barueri: Manole, 2012.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. Studio Nobel, Fundação do Desenvolvimento Administrativo, 1993.

SEN, Amartya Kumar. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SELZNICK, Brian. **A invenção de Hugo Cabret**. Tradução: Marcos Magno. São Paulo: Edições SM, 2007.

SHAKTI SUSTAINABLE ENERGY FOUNDATION – SHAKTI. **Energy dialogues – 2013 - 2014**. Índia: SHAKTI, 2015.

SILVA, Christian Luiz da. **Desenvolvimento sustentável: um modelo analítico integrado e adaptativo**. Curitiba: Vozes, 2008.

SILVA, Christian Luiz da; MENDES, Judas Tadeu Grassi. **Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável: Agentes e interações sob a ótica multidisciplinar**. Petrópolis: Vozes, 2005.

SILVA, Christian Luiz da; WIENS, Simone. Indicadores: conceitos e aplicações. In: SILVA, Christian Luiz da. **Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável**. Curitiba: Saraiva, 2010.

SILVA, Jose Adailton Barroso et al. Teorias demográficas e o crescimento populacional no mundo. **Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT**, v. 2, n. 3, p. 113-124, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernohumanas/article/view/1951/1209>>. Acesso em: 26 out.2015.

TENNESSEE VALLEY AUTHORITY. **Strategic Sustainability Performance Plan 2014**. Tennessee: TVA, 2014. Disponível em: <https://www.tva.gov/file_source/TVA/Site%20Content/About%20TVA/Guidelines%20and%20Reports/Sustainability%20Plans%20and%20Performance/TVA_Strategic_Sustainability_Performance_Plan_2014.pdf> Acessado em: 15 set. 2015.

TENNESSEE VALLEY AUTHORITY. **Strategic Sustainability Performance Plan 2013**. Tennessee: TVA, 2013. Disponível em: < https://www.tva.gov/file_source/TVA/Site%20Content/About%20TVA/Guidelines%20and%20Reports/Sustainability%20Plans%20and%20Performance/TVA_Strategic_Sustainability_Performance_Plan_2013-2.pdf > Acessado em: 15 set. 2015.

UNITED NATIONS POPULATION FUND – UNFPA. **The Power of 1.8 Billion: Adolescents, Youth, and the Transformation of the Future: The State of World Population in 2014**. New York: United Nations Population Fund, 2014.

UNITED STATES ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – EIA. **Petroleum chronology of events 1970 – 2000**. United States. 2002. Disponível em: <http://www.eia.gov/pub/oil_gas/petroleum/analysis_publications/chronology/petroleumchronology2000.htm#T_16_>. Acesso em: 26 jul.2015.

UNITED STATES ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION – EIA. **Annual Energy Reviews**. United States. 2011. Disponível em: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pdf/sec1_13.pdf>. Acesso em: 26 jul.2015.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2006.

WORLD ENERGY COUNCIL. **Energy trilemma index world energy council 2015**. 2015. Disponível em: < <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/11/20151030-Index-report-PDF.pdf> >. Acesso em: 23 dez. 2015

WORLDOMETERS. **Current World Population**. 2016. Disponível em: <<http://www.worldometers.info/world-population/>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

WYMAN, Oliver. **World Energy Trilemma 2013 Energy Sustainability Index**. London: World Energy Council, 2013. Disponível em: <<https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/2013-Energy-Sustainability-Index-VOL-2.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.