PRISCILA RODRIGUES GOMES

**Estrutura analítica sistêmica na seleção de modelos de avaliação de sustentabilidade:
uma proposta com base no caso do etanol de cana-de-açúcar no estado de São Paulo.**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Fernandes.

SÃO CARLOS
2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

G633e Gomes, Priscila Rodrigues
Estrutura analítica sistêmica de seleção de modelos
de avaliação de sustentabilidade: uma proposta com base
no caso do etanol de cana-de-açúcar no estado de São
Paulo. / Priscila Rodrigues Gomes; orientador Valdir
Fernandes. São Carlos, 2015.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Engenharia Ambiental e Área de Concentração
em Ciências da Engenharia Ambiental -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2015.

1. modelo de avaliação. 2. sustentabilidade. 3.
etanol de cana-de-açúcar. 4. teoria de sistemas. 5.
avaliação de sustentabilidade. 6. estrutura analítica.
7. políticas públicas. 8. Energia. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Bacharel **PRISCILA RODRIGUES GOMES**

Título da tese: "Estrutura analítica sistêmica na seleção de modelos de avaliação de sustentabilidade: uma proposta com base no caso do etanol de cana-de-açúcar no estado de São Paulo".

Data da defesa: 20/08/2015

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. **Valdir Fernandes (Orientador)**
(Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR)

APROVADA

Prof. Dr. **Aldo Roberto Ometto**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADA

Prof. Dr. **Frederico Yuri Hanai**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADA

Dra. **Sonia Maria Viggiani Coutinho**
(Pós-Doutorado/FAPESP)

APROVADA

Prof. Dr. **Carlos Alberto Cioce Sampaio**
(Pontifícia Universidade Católica do Paraná/PUCPR)

APROVADA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:
Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

DEDICATÓRIA

Ao meu companheiro, Rodrigo Alves Silva, com amor, admiração e gratidão por sua compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Valdir Fernandes, pela atenciosa disposição, valiosas discussões, pela condução e pela condição de amadurecimento dado a mim no desenvolvimento desta pesquisa e principalmente pela amizade formada.

Ao meu marido Rodrigo Alves Silva, pelas preciosas reflexões, por todo incentivo e auxílio na composição desta tese.

A minha amiga e companheira de pesquisa Ana Paula Dibo, pela disposição à leitura do texto, pelo carinho, apoio e especialmente pela amizade.

Aos professores Aldo Roberto Ometto, Carlos Alberto Cioce Sampaio, Frederico Yuri Hanai e Sônia Maria Viggiane Coutinho, integrantes da banca examinadora e colaboradores da melhoria do trabalho.

Ao coordenador do Programa de Pós Graduação Prof. Frederico Fábio Mauad, pelo apoio, ensinamentos e aprofundamentos dados no desenvolvimento e fechamento da pesquisa.

Ao Professor Diretor do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) Francisco Arthur da Silva Vecchia pela disposição, apoio e incentivo à realização do doutorado.

Aos alunos do CRHEA, pelas inúmeras conversas e dúvidas debatidas no desenvolvimento e finalização do estudo em especial para:

- Carina Sernaglia;
- Gustavo Zen de Figueiredo Neves;
- Karina T. Bernardo;
- Mariana Santos e
- Mayra Rodrigues Silva.

Aos professores, Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, Evandro Mateus Moretto, Marcelo Pereira Silvio Crestana e Tadeu Fabrício Malheiros pelos conhecimentos compartilhados por meio das disciplinas cursadas, pelas dúvidas sanadas, atenção e disposição e, pelo apoio na elaboração de artigos e outras atividades acadêmicas realizadas durante o período do doutorado.

Ao prof. Frederico Yuri Hanai da Universidade Federal de São Carlos, pelo exemplo, atenção, as valiosas contribuições e incentivo, e, sobretudo pela amizade.

A todos os professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento de São Carlos da Universidade de São Paulo pela dedicação, ensinamentos e pela orientação em dúvidas existentes.

Aos funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, aqui representados pelos secretários de Pós-Graduação José Luiz Donizete Chiaretto e Nelson Emanuel Tessarin, pelo suporte administrativo e pessoal disponibilizado e sem o qual não seria possível o desenvolvimento do estudo.

A CAPES pela concessão de bolsa de doutorado e pelo auxílio financeiro e no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental pela oportunidade disponibilizada para aprimorar os conhecimentos e obtenção do título.

A todos os funcionários do restaurante universitário, em especial ao “Cido” e Regina, devido ao carinho e a dedicação para com todos os alunos do Programa de Pós-Graduação com seus talentos insuperáveis na preparação dos quitutes e das nossas refeições.

A todos os meus amigos que sempre estiveram em pensamento me apoiando e me dando forças para desenvolver este trabalho.

*“Se pudéssemos primeiro saber onde estamos
e para onde estamos tendendo, poderíamos
avaliar melhor o que fazer e como fazê-lo.”*

(Abraham Lincoln, 1858).

RESUMO

GOMES, P. R. 173 p. **Estrutura analítica sistêmica na seleção de modelos de avaliação de sustentabilidade**: uma proposta com base no caso do etanol de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Tese (Doutorado em Ciências – Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2015.

Dentre as fontes renováveis de energia, os biocombustíveis têm apresentado amplo destaque como alternativa sustentável e potenciais substitutos aos combustíveis fósseis, e são vistos por muitos decisores políticos e cientistas como recursos de baixo impacto ambiental e de boa rentabilidade econômica. No Brasil o biocombustível que tem apresentado maior destaque tem sido o etanol da cana-de-açúcar. Entretanto, existem questionamentos sobre sua produção e consumo. De um lado ocorrem ganhos pelo fato desta ser uma atividade energética renovável, mas por outro lado, observa-se a ocorrência de degradações sociais e ambientais, derivadas da monocultura extensiva, bem como, problemas econômicos de instabilidade de mercado. Ademais, é importante considerar a existência de uma rede de atores políticos, técnicos e de consumidores relacionados ao processo de tomada de decisão, processos econômicos e às questões sociais e ambientais. Estes agentes podem influenciar de forma direta e/ou indireta no futuro da cana-de-açúcar no Brasil. A interação entre estes vários elementos torna complexa a realidade do setor e potencializa as várias preocupações sobre a evolução da atividade. Desse modo, postular a sustentabilidade como uma característica fundamental para a atividade, tem se apresentado como um difícil, porém importante desafio. Um dos aspectos essenciais para responder a estes desafios, é a avaliação de sustentabilidade. Porém muitas das ferramentas de avaliação possuem limitações em contemplar critérios de sustentabilidade de maneira sistêmica. Com a gama de opções existentes, a decisão pela adoção de métodos de avaliação de sustentabilidade também se apresenta complexa, já que cada ferramenta “abraça” uma visão específica de mundo, de sustentabilidade, de valores, de acordo com suas teorias, abordagens e conceitos. Nesse sentido, esta tese se concentrou na pergunta sobre como estas questões de complexidade são consideradas no processo de seleção dos modelos de avaliação, bem como, de que forma estes modelos são escolhidos e, assim propôs, por meio da elaboração de procedimentos e critérios sistêmicos, uma estrutura analítica de seleção de modelos e/ou ferramentas de avaliação de sustentabilidade. Para tanto, a pesquisa: utilizou-se do arcabouço teórico da teoria geral de sistemas e da avaliação de sustentabilidade; realizou uma análise contextual e identificou pontos de intervenção para o sistema e a complexidade envolvida na temática do etanol de cana-de-açúcar; identificou pontos críticos envolvidos nos processos de operacionalização do conceito de sustentabilidade e sua avaliação e, levantou atributos necessários a elaboração dos critérios sistêmicos. Por fim, a pesquisa concluiu que não se observa uma adequada aderência entre os modelos de análise e sua seleção, prejudicando a operacionalidade da sustentabilidade e sua avaliação. Com tal estrutura é possível fornecer subsídios ao processo de tomada de decisão e à formulação e/ou avaliação de políticas públicas voltadas à para a sustentabilidade do setor.

Palavras-chave: Avaliação de sustentabilidade. Etanol de cana-de-açúcar. Abordagem sistêmica. Modelos de avaliação. Energia. Redes. Políticas públicas. Critérios de Avaliação.

ABSTRACT

GOMES, P. R. 173 p. **Systemic analytical framework in selecting sustainability assessment models:** a supporting proposal to the sugarcane ethanol case from São Paulo state. Thesis (Doctorate in Sciences – Post Graduate Program in Environmental Engineering Sciences) - Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, SP, 2015.

Amongst the renewable energy sources, the biofuels have presented extent prominence as a sustainable alternative, ever since they present themselves as potential substitutes to fossil fuels and have been considered, by many policy makers and scientists, as low environmental impact and good economic profitability resources. In Brazil, the sugarcane ethanol is the biofuel which has had greater highlighting. However, there are some discussions about its production and consumption. On the one hand gains occur since the pollution decline and on account of ethanol is a renewable energy. On the other, it is observed the occurrence of social and environmental degeneration derived from extensive monoculture, as well, market instability. Furthermore, it is important to consider the existence of political, technical and consumer's network related to the decision making process, and economic, social and environmental issues. These agents can influence directly and /or indirectly in the future of sugarcane in Brazil. The interaction among this range of elements complicates the ethanol industry's reality and enhances the concerns about the activity evolution. Thus, postulating sustainability as a essential feature for the activity has emerged as a difficult but important challenge. One of the key aspects to respond to these challenges is the sustainability assessment. But many of assessment tools have limitations in contemplating systemically sustainability criteria. With the range of options available, the adoption decision of sustainability assessment methods also affords complexity, seeing that each tool "embraces" a world vision, sustainability, values, according to their theories, approaches and concepts. In this sense, this thesis focused on the question of how these complex issues are considered in the selection of valuation models process as well as how these models are chosen and proposed, by the development of systemic procedures and criteria, composing an analytical framework for model selection and / or sustainability assessment tools. Hence, for the search: were used the theoretical framework of the general theory of systems and evaluation of sustainability; was conducted a contextual analysis and identified intervention points for the system and complexity of sugarcane ethanol, identified critical issues involved in the implementation process of the sustainability concept and its assessment, and was ranked attributes required to systemic criteria. Finally, the research concluded that there hasn't been an adequate linkage between the analysis models and their selection, harming the operational sustainability and evaluation. By such a structure can provide input and contribute to the decision-making process and the formulation and / or evaluation of public policies aimed for the sector's sustainability.

Keywords: Sustainability evaluation. Ethanol from sugar cane. System approach. Evaluation tools. Energy. Networks. Public policy. Evaluation criteria.

Lista de Figuras

Figura 1. Autores mais citados - análise gerada pelo Histcite.....	29
Figura 2. Periódicos com mais publicações sobre etanol e sustentabilidade no período entre 2000 e 2012 - <i>software Microsoft Excel</i>	31
Figura 3. Exemplo de tabela de análise gerada pelo Histcite - artigos com maiores índices (fase II).	32
Figura 4. Exemplo da tabela de análise gerada pelo <i>Web of Science</i> - artigos com maiores índices (fase II).	33
Figura 5. Quadro de referência para a transformação paradigmática da ciência.....	35
Figura 6. Pensamento Linear Causal	37
Figura 7. Séries de pontos diferentemente organizados.	39
Figura 8. Desenvolvimento progressivo da teoria de sistemas e seus ramos teóricos.....	46
Figura 9. Produção nacional e por estados de cana-de-açúcar, açúcar, etanol anidro, etanol hidratado e etanol total na safra de 2013/2014.	53
Figura 10. Produção de etanol por região.....	54
Figura 11. Marcos econômicos da história do etanol de cana-de-açúcar.	55
Figura 12. Condição hídrica geral para o cultivo da cana-de-açúcar (safra 2014/15) nos principais estados produtores do Brasil, considerando o período de dezembro/2013 a novembro/2014.....	57
Figura 13. Variação percentual acumulada em relação à safra anterior – Brasil.	58
Figura 14. Exemplos dos aspectos e impactos negativos mais significativos do processo produtivo do etanol.....	62
Figura 15. Área cultivada com cana-de-açúcar distribuída nos diferentes biomas e novas usinas de produção de açúcar e álcool (em construção e em estudo).....	63
Figura 16. Rede de influência política da produção de biocombustíveis no cenário americano.	68
Figura 17. Configuração generalizada da rede UNICA pelo software <i>GEPHI</i>	84
Figura 18. Rede Nuclear UNICA.	88
Figura 19. Divisões de Pesquisa vinculadas ao BIOEN.....	89
Figura 20. Rede focal FAPESP	90
Figura 21. Tipologia de Ferramentas de avaliação de sustentabilidade.	113
Figura 22. <i>Loops</i> de viabilidade do mundo real e suas inter-relações.....	116
Figura 23. Representação da holarquia da sustentabilidade.	143
Figura 24. Modelo conceitual para avaliação da resiliência de um SSE.....	147
Figura 25. Estrutura analítica sistêmica para seleção de modelos de avaliação de sustentabilidade.	152

Lista de Quadros

Quadro 1. Esquematização sobre os procedimentos metodológicos da pesquisa.	27
Quadro 2. Exemplo da tabela de análise gerada pelo Histcite - artigos com maiores índices (fase I).....	29
Quadro 3. Rodadas de busca utilizadas no processo de bibliometria (fase II).	31
Quadro 4. Características essenciais de um sistema.....	42
Quadro 5. Procedimentos metodológicos da análise contextual.	50
Quadro 6. O Papel do Governo no planejamento estratégico do setor energético.	69
Quadro 7. Consequências produtivas e econômicas, sociais e ambientais negativas do Protocolo Agroambiental.....	75
Quadro 8. Terminologia em teoria de redes.	81
Quadro 9. Atores mais significativos do setor energético de etanol.	82
Quadro 10. Exemplo de atores e suas descrições da rede focal UNICA- mapeamento por Snowball.	87
Quadro 11. Exemplos de diferentes perfis de uma rede política e suas características.....	94
Quadro 12. Questões norteadoras para elaboração de pontos de intervenção - sistema etanol de cana-de-açúcar.	101
Quadro 13. Visões sobre a relação entre progresso econômico e o meio ambiente.....	105
Quadro 14. Principais acontecimentos relacionados com o desenvolvimento sustentável. ...	107
Quadro 15. Causas de crise ambiental.....	108
Quadro 16. Dificuldades na operacionalização da sustentabilidade.....	110
Quadro 17. Critérios gerais para gestão adaptativa de um SSEs.....	122
Quadro 18. Exemplos de definições de desenvolvimento sustentável e seus autores.....	124
Quadro 19. Características da avaliação da sustentabilidade.	126
Quadro 20 Bellagio <i>Stamp</i>	127
Quadro 21. Critérios da Estrutura Analítica Sistêmica de apoio à Avaliação de Sustentabilidade.....	139
Quadro 22. Princípios de implementação e integração	140
Quadro 23. Atributos essenciais para uma ferramenta de avaliação.	146

Lista de Tabelas

Tabela 1. Periódicos com mais publicação sobre etanol e sustentabilidade - <i>software Microsoft Excel</i>	30
Tabela 2. Produção de automóveis por combustível – 2000/2013.....	56
Tabela 3. Exportação Anual de etanol - Brasil.....	56
Tabela 4. Estimativas da redução do número de empregados dos setores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool no Estado de São Paulo.	64

Lista de Abreviaturas e siglas

ABAG - Associação Brasileira do Agronegócio

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ARES - Instituto para o Agronegócio Responsável

BEM - Balanço Energético Nacional

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento

BIOEN - Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CONTAG - Confederação Nacional dos Trabalhadores da Agricultura

CO₂ – Dióxido de Carbono

CUT - Central única dos trabalhadores

GCS/TGCS - Pontuação de Citação Global

CTC - Centro de Tecnologia Canavieira

EPA - Agência Ambiental Norte-Americana

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

Embrapa – Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária

FAPESP – Fundação de amparo a pesquisa do estado de São Paulo

FERAESP - Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo

GEE - gases de efeito estufa

IAA - Instituto de Açúcar e Alcool

IAC - Instituto Agrônomo de Campinas

IBAMA - Instituto Brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis

ICONE - Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MME – Ministério de Minas e Energia

MEN - Matriz Energética Nacional

OGM – Organismos geneticamente modificados

ONGs – Organizações não-governamentais

ORPLANA – Organização dos plantadores de cana da região centro-sul do Brasil

PLANALSUCAR - Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar

PDE - Plano Decenal de Expansão de Energia

PMDL - Projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo

PNE - Plano Energético Nacional

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PNA - Policy Network Analysis

PWA - Policy Websphere Analysis

Proálcool - Programa Nacional do Alcool

PPPs - Políticas, Planos e Programas

RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro

SMA – Secretaria do Meio Ambiente

SSE - Sistema Sócio ecológico

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar

WWF – World Wide Fund (Organização não-governamental)

ZAA - Zoneamento Agroecológico ou Agroambiental

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS DA PESQUISA	18
1.1 Pressuposto da Pesquisa	24
1.2 Perguntas de Pesquisa.....	24
1.3 Objetivos.....	24
2 MÉTODOS.....	26
2.1 Procedimentos metodológicos	26
2.1.1 <i>Revisão de literatura</i>	27
3. AS DIFERENTES VISÕES E FORMAS DE PENSAMENTO NA ANÁLISE DA REALIDADE.	34
3.1 Limitações das abordagens fragmentadas	34
3.2 Pensamento sistêmico.....	38
3.3 Teoria Geral dos Sistemas	44
3.4 A complexidade e os sistemas	46
4. A COMPLEXIDADE DA REALIDADE NO CONTEXTO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR SÃO PAULO-BRASIL.	49
4.1 Fatos e acontecimentos	50
4.1.1 <i>Subsistema econômico: Produção e do comércio do etanol no Brasil e no mundo.</i>	52
4.1.2 <i>Subsistema Ambiental: As consequências socioambientais da produção e consumo de etanol.</i>	60
4.1.3 <i>Subsistema Político: Políticas Públicas e o contexto sucroenergético.</i>	66
4.2 A rede de atores do etanol de cana-de-açúcar e suas relações e influências.	77
4.2.1 <i>A complexidade da rede etanol e suas subredes de atores.</i>	80
4.3 Sistema etanol de cana-de-açúcar.....	94
4.3.1 <i>Pontos de intervenção do sistema etanol.</i>	99
5. A COMPLEXIDADE DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE E DE SUA AVALIAÇÃO.	103
5.1 A influência das diferentes visões e pensamentos no conceito e avaliação da sustentabilidade.	103
5.2 A complexidade na escolha de ferramentas e modelos de avaliação de sustentabilidade.....	111
5.3 A avaliação de sustentabilidade orientada pela abordagem sistêmica.	115
5.3.1 <i>Abordagem integrada</i>	115
5.3.2 <i>Sistemas Sociológicos</i>	117
5.3.3 <i>Resiliência e thresholds.</i>	118
5.3.4 <i>Governança</i>	119
5.3.5 <i>Gestão adaptativa</i>	121
5.3.6 <i>Trade-offs e sistemismo</i>	122
5.4. Princípios sistêmicos de sustentabilidade.....	123
6. ESTRUTURA ORIENTADORA PARA UM PROCESSO SISTÊMICO DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE.....	130
6.1. O que se entende de uma estrutura analítica na seleção de modelos sistêmicos de avaliação de sustentabilidade.....	131
6.2 Detalhamento sobre a aplicação de alguns critérios.....	140
6.2.1 <i>Critério 2 – Estratégia de engajamento entre os envolvidos no processo de avaliação de sustentabilidade.</i>	141
6.2.2 <i>Critério 3 - Definição do Sistema Sócio Ecológico (sistema focal).</i>	141
6.2.3 <i>Critério 4 – Objetivos claros para o processo de avaliação de sustentabilidade.</i>	144

6.2.4 Critério 5 – Checagem de atributos (triagem de modelos e ferramentas).	145
6.2.5 Critério 6 - Estudo da relação de thresholds e a capacidade de resiliência do SSE.....	146
6.2.6 Critério 7 - Definição de limites para os trade-offs.	148
6.2.7 Critério 8 - Determinação dos Processos influentes na Gestão e governança adaptativa.	149
6.3 Esquematização da estrutura analítica	151
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	153
GLOSSÁRIO	173

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS DA PESQUISA

... o *Homo Sapiens* é uma nova espécie: o homem energético (BRANCO, 2004).

A energia se faz essencial para a sociedade. Esta dependência estabelecida pode ser explicada pelas diversas necessidades humanas, tais como: transporte de mercadorias e pessoas, busca por conforto, execução de atividades produtivas, dentre outras. No contexto do capitalismo industrial, essas necessidades são provenientes do modelo de crescimento econômico totalmente dependente de energia, principalmente após a Revolução Industrial devido ao surgimento de máquinas e o domínio de novas energias. O que em períodos anteriores era feito somente pelo homem, a partir do industrialismo passou a ser feito também por máquinas alimentadas por energia.

Com a evolução tecnológica e novas descobertas científicas voltadas à manipulação de fontes energéticas, o sistema energético se tornou mais diversificado, incorporando nos processos de produção fontes como: a energia eólica, a energia hidráulica, os biocombustíveis, entre outros, sendo esta diversificação acompanhada também de uma gigantesca evolução tecnológica em termos de produtos e processos (TOFLER, 1980).

Tal quadro originou um crescimento amplo e acelerado do industrialismo e permitiu uma transformação na história da humanidade em seu modo de vida e trabalho. A partir de então, o suprimento das necessidades humanas esteve cada vez mais condicionado ao suprimento de fontes energéticas, especialmente considerando as fontes nas quais a matriz energética mundial baseou seu desenvolvimento (combustíveis fósseis). A dependência desta fonte se deu principalmente pelo desenvolvimento de suas aplicações bem como sua eficiência energética (ALBRECHT, 2014).

Com o aumento de opções energéticas tanto em quantidade quanto em variedade, se deu também o aumento da produção e consequente aumento da prosperidade econômica, pois se tornou possível produzir mais, transportar maior volume de mercadorias, entre outros. Todavia, esse processo tem demandado mais matéria-prima, mais máquinas, mais trabalhadores, dentre outros recursos produtivos em uma verdadeira espiral de fluxo contínuo de investimentos e inovações (IANNONE, 1992). Consequentemente, produziu-se um aumento significativo dos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente, aumentando o uso de recursos naturais e as emissões de gases e produção de resíduos e gerando consequências no equilíbrio dos ecossistemas, no clima e na saúde das populações.

A consciência destes impactos socioambientais gera um paradoxo na noção de desenvolvimento e, proporciona um panorama de incertezas sobre os benefícios e malefícios

dessa transformação e do desenvolvimento fundamentado prioritariamente no crescimento econômico. Todo este processo de crescimento econômico considerava até a década de 1960, a natureza como um elemento imutável de fonte inesgotável de matéria-prima, e, portanto, o uso intensivo de recursos naturais, a degradação da natureza e os custos ambientais relacionados a estes eram desconsiderados na busca e processo de “desenvolvimento” (DIEGUES, 1992).

A partir da década de 1960 alguns intelectuais começaram a correlacionar o capitalismo e a degradação ambiental. As crises sucessivas do petróleo foram o maior golpe à noção de progresso baseado em energia de matérias primas baratas (extorquidas de países em desenvolvimento) (GREMAUD; VASCONCELLOS; TONETO, 2005; DIEGUES, 1992), pois naquele momento, o sentimento de alerta que se originava na sociedade era voltado para o pensamento de que os recursos naturais são finitos (principalmente os não renováveis) e que precisavam ser usados de maneira comedida. Porém, ainda era incipiente a preocupação com a consequência e efeitos sobre meio ambiente.

A preocupação era maior com a racionalização dos recursos. Ou seja, considerando o modelo econômico, onde a escassez controla as opções de preço (lei da oferta e procura em relação a preço) a preocupação, especialmente político-econômica, estava em modelos de racionalização do uso destas fontes como meio de reduzir as pressões de preços sobre o custo produtivo, em um objetivo de otimização de recursos (econômicos), e não em uma preocupação com o papel dos recursos ambientais no suporte à vida.

A busca por outras fontes de energia se deu, em primeiro plano, devido à preocupação com o futuro esgotamento das reservas de combustíveis não renováveis, o aumento da demanda dos sistemas produtivos, transporte e conforto. Este foi o primeiro impulso para obtenção de expertise sobre outras formas de energia, para mudar a dependência energética futura de combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

Em segundo plano, vieram os problemas ambientais ocasionados pelos subprodutos e dejetos da cadeia energética dos combustíveis fósseis, em desacordo com as novas legislações ambientais que passaram a visar a qualidade de vida dos seres humanos e o equilíbrio do meio ambiente (GOLDEMBERG; LUCON, 2007; BRANCO, 2004).

A partir destes dois movimentos, emergiram muitos esforços científicos e tecnológicos dirigidos para a obtenção de novas fontes de energia alternativas e renováveis. Dentre as várias novas fontes, tais como eólica e solar, os biocombustíveis têm apresentado amplo destaque como alternativa sustentável, pois estes se apresentam como potenciais substitutos

aos combustíveis fósseis e são vistos por muitos decisores políticos e cientistas como recursos de baixo impacto ambiental e de boa rentabilidade econômica. Além disso, tais combustíveis possibilitam certa segurança energética, principalmente pela capacidade de produção, tecnologia e pelos seus custos competitivos além do que, diminuem a dependência de países produtores de petróleo, considerados instáveis no comércio internacional, devido aos seus regimes políticos. Outro aspecto positivo dos biocombustíveis se refere à redução das emissões de gases de efeito estufa, o que consequentemente amenizaria os impactos negativos correlacionados ao sistema climático global (FELTRAN-BARBIERI, 2009; MUSSATO et al., 2010; PEREIRA et al., 2012, GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

No Brasil o biocombustível que tem apresentado maior destaque tem sido o etanol, um produto energético proveniente do processo de fermentação da biomassa da cana-de-açúcar. O destaque deste tipo de combustível está em função principalmente de três pontos: i) baixo potencial poluidor em comparação aos combustíveis fósseis, ii) alta capacidade produtiva que o Brasil possui em termos agrícolas, e iii) expertise no cultivo da cana-de-açúcar derivada do longo histórico da atividade sucroalcooleira no país.

De acordo com as estimativas do Ministério de Minas e Energia, as fontes renováveis no Brasil representariam cerca de 50% da matriz energética nacional entre os anos 2010-2020, enquanto a média mundial seria de 16% (BRASIL, 2007). Atualmente, o Brasil possui a primeira posição no ranking mundial de produção de cana-de-açúcar, sendo que na safra de 2012/2013 foram processadas 588.478 mil toneladas (UNICA, 2014) com a produção total de 23.226 mil litros de etanol. Dentre os estados, São Paulo é o maior produtor, representando cerca de 60% da produção de cana nacional com o valor de 329.923 toneladas (UNICA, 2014), sendo responsável por 11.830 mil litros de etanol na mesma safra.

A área total de cultivo de cana-de-açúcar no Brasil em 2015, foi estimada em 9.130,1 mil hectares. O estado de São Paulo representa 51,7% (4.696,3 mil hectares), deste total, seguido por Goiás com 9,3% (878,27 mil hectares), Minas Gerais com 8,9% (788,88 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,4% (712,39 mil hectares), Paraná com 6,7% (644,65 mil hectares), Alagoas com 4,7% (390,40 mil hectares) e Pernambuco com 3,2% (277,74 mil hectares) (CONAB, 2014), ficando os outros estados com 3%. Estes dados juntamente com o aumento do consumo de energia em função do crescimento populacional e desenvolvimento econômico, trazem preocupações sobre como atender essa demanda crescente de energia de forma sustentável.

Entretanto, nem só de aspectos positivos é composta a produção de etanol, existem questionamentos sobre os aspectos positivos da produção e transformação da biomassa em

combustível, tendo em vista que sua produção é dependente do uso de energia de combustíveis fósseis. Esta necessidade se dá sob a forma de fertilizantes e defensivos agrícolas, na operação de máquinas, assim como para o transporte de matérias-primas, insumos e distribuição do produto final.

Além disso, muitos são os questionamentos sobre os impactos negativos levantados pela produção da monocultura da cana. Dentre os vários citados pela literatura os mais relevantes tem sido aqueles relacionados à degradação do solo, destruição de ecossistemas e possível competição do uso de terras antes utilizadas na produção de alimentos (PEREIRA & ORTEGA, 2010; FELTRAN-BARBIERI, 2009). Estudos como os de Ometto, Mangabeira e Hott (2005); Smeets et al., (2008); Pereira e Ortega (2010); Oliveira, et al. (2002); Donzelli (2005); WWF (2008); Soares et al. (2009); Gomes e Araújo (2009); Gomiero, Paoletti e Pimentel (2010) têm analisado os impactos negativos do cultivo e da produção industrial do etanol de cana-de-açúcar, o qual tem sido baseado no uso intensivo do solo e dos recursos naturais, e na ameaça à biodiversidade com a ampliação da monocultura, e estes vêm colocando a viabilidade do produto como duvidosa enquanto fonte sustentável de energia.

Da mesma maneira, existem problemas correlacionados às questões sociais. Estas envolvem principalmente variáveis que correlacionam a redução da produção de subsistência, devido à expansão da área de cultivo da cana, a evasão do homem do campo para periferias das áreas urbanas e a diminuição da produção local de alimentos (MACEDO, 2007; WWF, 2008).

No âmbito econômico, observa-se, por exemplo, uma competitividade interna nos sistemas produtivos, tendo em vista que 72,8% (BRASIL, 2012) dos sistemas produtivos (plantas industriais) têm tecnologia de produção tanto de etanol quanto de açúcar. Desta forma, a decisão econômica de produção respeita uma ótica de maximização de ganhos pretendida pelos empresários do setor uma vez que o mix de produção privilegia um produto e reduz a oferta do outro segundo a flutuação do mercado internacional.

Portanto, de um lado ocorrem ganhos pela redução da poluição e pelo fato de esta ser uma atividade energética renovável, e por outro lado, observa-se a ocorrência de degradações sociais e ambientais derivadas da monocultura extensiva, necessária para a viabilização da produção em larga escala deste produto.

Por esta complexidade apresentada, descrever o que vem a ser uma fonte sustentável de energia não é uma tarefa fácil, uma vez que tal definição depende das circunstâncias locais tais como clima, aptidão agrônômica, economia, etc. Da mesma forma, é importante considerar a existência de atores políticos, técnicos e de consumidores envolvidos na discussão

de qualquer problemática, o que não é diferente no setor sucroenergético. Estes atores, denominados *stakeholders*¹ pela literatura científica internacional, podem estar relacionados ao processo de tomada de decisão, processos econômicos ou questões sociais e ambientais. Estes agentes podem influenciar de forma direta e/ou indireta no futuro da cana-de-açúcar no Brasil, desde a forma de fabricação dos produtos, quanto à decisão de consumo e, até mesmo na forma de gerenciar e resolver impactos negativos do setor.

A interação entre estes vários elementos torna complexa a realidade do setor e potencializa as várias preocupações sobre a evolução da atividade, especialmente no estado de São Paulo, dada a representatividade da atividade. Tal complexidade está na maneira de planejar e decidir sobre o crescimento produtivo do setor, de resolver os impactos negativos desse crescimento, considerando ainda que são vários e muitas vezes diferentes os entendimentos, interesses e conhecimento dos envolvidos. Desse modo, postular a sustentabilidade como uma característica fundamental para a atividade, tem se apresentado como um difícil, porém importante desafio, cujas bases ainda estão por serem construídas.

A complexidade envolta ao tema etanol também pode ser evidenciada nas políticas públicas, nas ações e decisões empresariais, principalmente aquelas relacionadas à produção em grande escala e na expansão da atividade sucroenergética. Tanto as políticas quanto as ações pautadas no setor sucroenergético têm sofrido questionamentos da comunidade nacional e internacional sobre o que tem sido e o que será feito para que o etanol seja considerado uma energia renovável sustentável.

Por estes questionamentos, visando o melhor planejamento das ações estratégicas de uma decisão e de uma política, um dos aspectos essenciais para responder a estes desafios, é a avaliação de sustentabilidade do etanol. Atualmente as principais ferramentas, indicadas e citadas pela literatura em avaliação de sustentabilidade, têm sido apresentadas sob a forma de indicadores (por autores como Hartmut Bossel, Donella Meadows, Hans Michel Van Bellen e Mark Reed) ou como avaliação integrada de sustentabilidade (Alexandros Gasparatos, Robert B. Gibson, Alan J. Bond, Angus Morrison-Saunders, Jenny Pope). Porém muitas destas ferramentas de avaliação possuem limitações em contemplar critérios de sustentabilidade de maneira sistêmica (MANGOYANA; SMITH; SIMPSON, 2013; GOUGH; CASTELLS; FUNTOWICZ, 1998; GASPARATOS; EL-HARAM; HORNER, 2008).

¹ Indivíduos e organizações que tem interesse ou participação na gestão do recurso em questão. Eles também podem incluir aqueles que tomam a decisão sobre o recurso e aqueles que podem se afetados pelas mudanças da gestão ou fornecimento deste. Os stakeholders podem, necessariamente, não estar localizados dentro do sistema focal (RESILIENCE ALLIANCE, 2010, pg 13).

Com esta gama de opções, a decisão pela adoção de modelos de avaliação de sustentabilidade também se apresenta complexa. Isto acontece, pois além da ampla quantidade, existem outras questões. Uma delas seria sobre as características de cada ferramenta, o que esta considera importante avaliar, as suas formas específicas de medição e análise, já que cada ferramenta “abraça” uma visão específica de mundo, de sustentabilidade, de valores, de acordo com suas teorias, abordagens e conceitos. Da mesma forma, os profissionais responsáveis pela seleção de uma determinada ferramenta possuem interesses, valores e formas de pensamentos que influenciam seu comportamento e suas escolhas. Logo, as escolhas das ferramentas de avaliação de sustentabilidade, quando condicionadas a um analista, estariam sob o que é considerado significativo ao seu olhar e sua orientação profissional (MEADOWS, 1999; RIDDER et al. 2007; GASPARATOS, 2010).

Neste contexto, esta tese se concentra na pergunta sobre como estas questões de complexidade são consideradas no processo de seleção dos modelos de avaliação, bem como de que forma estes modelos são escolhidos. O pressuposto aqui levantado é de que não se observa uma adequada aderência entre os modelos de análise e sua seleção, prejudicando a operacionalidade da sustentabilidade em determinado contexto, e no caso específico desta pesquisa, no contexto do etanol de cana-de-açúcar.

A operacionalidade é vista por esta pesquisa como um termo chave, um dos pilares da sustentabilidade. O termo operacionalização pode ser entendido como a praticabilidade do conceito de sustentabilidade. Para efetivação do termo são necessárias regras e condições que possibilitem o alcance das metas e objetivos do processo de desenvolvimento que se espera ser sustentável (WCED, 1987; COSTANZA, 1991; KLAUER; BAUMGÄRTNER, 1995; TURNER, 2006; HARTMUTH; HUBER; RINK, 2008). Nesse sentido esta tese busca auxiliar na indicação de regras e condições que efetivem a prática do conceito de sustentabilidade na perspectiva do processo de avaliação de uma atividade ou política. Para isso, esta pesquisa se propõe a investigar os fatores que fragilizam a operacionalidade da sustentabilidade e que se apresentam como uma barreira para decidir objetivos comuns em um processo de avaliação.

Do mesmo modo a pesquisa propõe, por meio da elaboração de procedimentos e critérios sistêmicos, uma estrutura analítica de seleção de modelos e/ou ferramentas de avaliação de sustentabilidade. Assim, ao mesmo tempo em que visa auxiliar nas decisões tomadas no contexto do etanol de cana-de-açúcar, fornece subsídios ao processo de tomada de decisão e à formulação e/ou avaliação de políticas públicas voltadas ao setor.

Por fim pode-se afirmar que a contribuição desta pesquisa está no sentido de ampliar a discussão sobre a sustentabilidade da produção e consumo do etanol por meio do desenvolvimento de uma estrutura conceitual que possibilite ampliar a análise da problemática envolta ao conceito de sustentabilidade e à complexidade do etanol. Por tal estrutura, busca-se indicar as melhores alternativas de avaliação e, portanto, amenizar as dificuldades na operacionalização de princípios e metas sustentáveis, dificuldades intrínsecas a complexidade dos temas. Com isto, a estrutura proposta apresenta-se como uma ferramenta de suporte a decisores, formuladores de Políticas Públicas, usineiros, consumidores, e todos aqueles envolvidos com o setor sucroenergético, em especial alocados no Estado de São Paulo no que tange a transparência e entendimento da realidade para as partes envolvidas.

1.1 Pressuposto da Pesquisa

Uma estrutura sistêmica que auxilie na escolha dos modelos e métodos de avaliação de sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar, se faz essencial para o processo de discussão e avaliação de uma atividade ou política, ao mesmo tempo em que permite amenizar as questões que dificultam a operacionalização do conceito de sustentabilidade.

1.2 Perguntas de Pesquisa

A pergunta central que norteou esta tese é:

Quais características/atributos são necessárias na elaboração de uma estrutura analítica sistêmica de seleção e modelos de avaliação de sustentabilidade considerando o contexto do etanol de cana-de-açúcar no estado de São Paulo?

1.3 Objetivos

Geral

Compor uma estrutura de seleção de modelos de avaliação de sustentabilidade com base em princípios sistêmicos e fundamentada no contexto do etanol de cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

Específicos

- a. Delinear o sistema e a complexidade envolvida na temática do etanol de cana-de-açúcar (diversos atores, interesses, focos de abordagem, distintas visões, acontecimentos, fatos; elementos que estejam inseridos no sistema etanol de cana-de-açúcar).
- b. Identificar dificuldades (pontos críticos) envolvidas nos processos de *operacionalização* do conceito de sustentabilidade definido e nos modelos de avaliação para o contexto do etanol de cana-de-açúcar.
- c. Elaborar critérios baseados nos pontos críticos de operacionalização do conceito de sustentabilidade somados a princípios e teorias sistêmicas, com o intuito de embasar a estrutura analítica sistêmica de escolha de modelos de avaliação de sustentabilidade.

2 MÉTODOS

Esta pesquisa é considerada de característica descritiva, pois sistematiza informações sobre um problema e desenvolve hipóteses ou pressuposto após o entendimento da problematização envolto a pesquisa. Os resultados de uma pesquisa descritiva nunca devem ser considerados definitivos e não são possíveis de replicação.

No que tange a fonte de dados, esta pesquisa pode ser considerada bibliográfica, pois envolve uso de textos científicos, tanto em papéis quanto digitais, e documental devido à consideração de entrevistas e declarações de especialistas e outros envolvidos ao tema, disponíveis e divulgadas via *internet-web* (MINAYO, 2004; MARCZYK; MATTEO; FESTINGER, 2005).

A abordagem aplicada é de cunho qualitativo, pois este tipo de pesquisa apresenta condições contextuais (social, institucional, ambiental, etc.) em que as pessoas vivem (YIN, 2010). Métodos qualitativos permitem ao pesquisador desenvolver modelos e teorias como formas de descrever e explicar as questões e problemas de pesquisa (FLIK, 2009).

Em relação à teoria sistêmica, apresentada como base principal desta tese, Bertalanffy (2013) explica que são dois os tipos de pesquisa: o empírico intuitivo o qual é baseado na visão sobre a realidade e sem auxílio de modelos matemáticos, e o dedutivo, o qual reduz o sistema a um tamanho razoável de análise, baseado em equações diferenciais. No caso desta pesquisa é realizado o primeiro tipo.

2.1 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos adotados na pesquisa se resumem em cinco etapas, apresentadas na esquematização a seguir (Quadro 1). No que tange a revisão de literatura foram utilizados métodos bibliométricos para a revisão de publicações científicas e por estar inserido em todo o decorrer da pesquisa, o procedimento metodológico de revisão de literatura não está posicionado em uma etapa específica.

Etapas*	Coleta e Análise de Dados	Produto	Capítulo
a) Identificar as variáveis de análise (características ou componentes da realidade observada). - Levantar os atores da rede do etanol de cana-de-açúcar (1). - Descrever, baseando-se na rede de atores e em acontecimentos e fatos	Snowball (1) GEPHI (1) Microsoft Excel 2010 (2;3;4;5;6) Análise Contextual (1;2;3) Policy Websphere Analysis (1;2;3)	Os subsistemas que juntos compõem o sistema maior envolvido com processo de tomada de decisão da temática etanol de	Capítulo 4

mais importantes relacionados a recortes temáticos (tais como política agrícola, meio ambiente, etc. (2), o quanto é sistêmica e complexa a realidade do etanol. b) Apresentar o discurso atual sobre a sustentabilidade do etanol (3).		cana-de-açúcar e seus componentes (Pontos de intervenção).	
c) Analisar limitações do conceito e operacionalidade de sustentabilidade tão como do processo de avaliação de sustentabilidade (4) d) Levantar os princípios sistêmicos necessários para a composição da estrutura analítica sistêmica (5).	Bibliometria Software Histcite (2;3;4;5) Bibliometria Web of Science (2;3;4;5)	Princípios sistêmicos; base para a elaboração dos critérios de amenização da “inoperacionalidade” do conceito e do processo de avaliação de sustentabilidade.	Capítulo 5
e) Delinear e explicar a estrutura analítica sistêmica, tão como seus componentes.	Integrar os resultados das etapas anteriores.	Estrutura analítica sistêmica e seus critérios.	Capítulo 6

Quadro 1. Esquematização sobre os procedimentos metodológicos da pesquisa.

Os procedimentos metodológicos encontram-se detalhados nos capítulos pertinentes a sua aplicação, com o intuito de possibilitar melhor compreensão sobre sua utilização e seu produto. Com a aplicação das cinco etapas foi possível levantar fundamentos para apreciação crítica e assim, elaborar a estrutura analítica almejada por esta pesquisa, garantindo maior robustez à sua metodologia e considerações sobre suas características.

A seguir serão apresentados os passos realizados durante a revisão de literatura, fase que permeou toda a pesquisa e que também adotou métodos específicos de aplicação.

2.1.1 Revisão de literatura

Para o levantamento bibliográfico foram utilizados métodos bibliométricos e tabelas que auxiliaram na indicação do material científico pertinente e, ao mesmo tempo, bem vistos por seus elevados índices de citação e por estarem publicados em periódicos reconhecidos. Logo, optou-se por realizar um levantamento bibliográfico com recursos da análise bibliométrica para que se considerassem artigos, autores e periódicos com destaque na área, por seus elevados índices de citação e pelo impacto e reconhecimento dos periódicos nos quais foram publicados. Os descritores buscados foram: a avaliação de sustentabilidade, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, temática agroenergética, abordagem

sistêmica, modelos de avaliação e teoria geral de sistemas. A partir deste levantamento foi apresentado o estado da arte daqueles que se apresentaram mais relevantes durante a pesquisa sendo estes: a avaliação de sustentabilidade no contexto do etanol a partir de abordagens sistêmicas.

Köche (1997) reforça que a importância da pesquisa bibliográfica está no seu objetivo em conhecer e analisar as principais contribuições teóricas sobre um determinado tema, tornando-se indispensável a qualquer tipo de pesquisa.

Optou-se por realizar um levantamento baseado na literatura científica com os objetivos de delinear o discurso atual de sustentabilidade para o etanol de cana de açúcar, entender as fragilidades de modelos de avaliação de sustentabilidade, bem como de compreender conceitos e princípios que regem a teoria sistêmica.

O levantamento bibliográfico perdurou por todos os anos de pesquisa de doutorado, porém as análises bibliométricas foram realizadas em duas fases: a primeira fase referente ao segundo e terceiro ano de pesquisa (2012 e 2013) e a segunda fase no terceiro e último anos (2014 e 2015).

Na primeira fase buscou-se listar artigos no *Web of Science*² referentes aos anos 2000 a 2012³. As palavras-chave utilizadas para a busca foram sustentabilidade, etanol e políticas públicas. No entanto buscou-se evidenciar nos resumos a presença de temas e discussões voltadas aos seguintes tópicos: (i) sustentabilidade econômica, (ii) sustentabilidade ambiental, (iii) sustentabilidade ecológica, (iv) impactos sociais, (v) impactos ambientais, (vi) impactos ecológicos, (vii) impactos locais, (viii) impactos regionais, (ix) modelos de avaliação de sustentabilidade, (x) política energética, (xi) política social e (xii) política agrícola. Em seguida os artigos selecionados foram analisados por índices analíticos pelo software bibliométrico *HistCite* o qual permitiu identificar a literatura-chave da temática, além de identificar autores mais citados e periódicos com maior número de publicações, bem como apresentar a estatística descritiva para grupos e subgrupos (média e taxas de mediana de citação de artigos, número de autores por artigo, etc.) dentre outros.

Para a análise dos artigos mais citados a pesquisa se baseou no índice GCS ou TGCS - Pontuação de Citação Global, o qual apresenta o número de citações para o artigo em todas as fontes. Outra análise também realizada através do *HistCite* se baseou nos autores através do índice *Recs* que apresenta o número de documentos escritos pelo autor na coleção dos registros.

² Banco de dados (publicações científicas) da *Thomson Reuters*.

³ Essa etapa ocorreu no segundo ano do processo de pesquisa de doutorado.

Na representação gráfica gerada pelo *Histcite* o GCS pode ser visualizado pelo raio de cada círculo e o número de vezes que cada artigo é citado nas bases de dados. Portanto, é possível saber quais são os artigos mais citados. Por meio da listagem da primeira fase houve um total de 150 artigos listados, com uma variação de 89 autores e 23 periódicos dos quais 32 artigos apresentavam relevância com os objetivos dessa pesquisa, após a leitura dos resumos.

Os 32 artigos foram analisados pelo software *HistCite* o qual apresentou índices analíticos utilizados por esta pesquisa na escolha dos artigos (Quadro 2).

#	Date / Author / Journal	LCS	LCS/t	LCSx	GCS
1	18 Demirbas Ayse Hilal Biofuels for future transportation necessity ENERGY EDUCATION SCIENCE AND TECHNOLOGY PART A-ENERGY SCIENCE AND RESEARCH. 2010 OCT 2010; 26 (1): 13-23	0	0.00	0	95
2	17 Hoefnagels Ric, Smeets Edward, Faaij Andre Greenhouse gas footprints of different biofuel production systems RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS. 2010 SEP 2010; 14 (7): 1661-1694	0	0.00	0	25
3	10 de Gorter Harry, Just David R. The Social Costs and Benefits of Biofuels: The Intersection of Environmental, Energy and Agricultural Policy APPLIED ECONOMIC PERSPECTIVES AND POLICY. 2010 SPR 2010; 32 (1): 4-32	0	0.00	0	18
4	7 Pereira Consuelo L. F., Ortega Enrique Sustainability assessment of large-scale ethanol production from sugarcane JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION. 2010 JAN 2010; 18 (1): 77-82	0	0.00	0	13

Quadro 2. Exemplo da tabela de análise gerada pelo Histcite - artigos com maiores índices (fase I).

Os artigos mais citados pelo banco de dados analisado são aqueles com índice GCS/TGCS maior, o qual apresenta o número de citações para o artigo em todas as fontes relacionadas à *Web of Science*. Já o índice *Recs* apresenta o número de documentos escritos pelo autor na coleção dos 32 registros (Figura 1).

Figura 1. Autores mais citados - análise gerada pelo Histcite

Na representação gráfica anterior é possível visualizar um círculo com maior raio. Este representa o maior valor de TGCS e o número de vezes que cada artigo é citado nas bases de dados como um todo. Os artigos com o maior raio são número 18 e 17 e, portanto, são os mais citados na *Web of Science* no que concerne as palavras-chaves buscadas. Por meio do *software Histcite* também é possível ter uma representação em formato de rede, com ligações entre os círculos, o que não aconteceu nessa análise. Isso representaria a citação entre autores, ou seja, na figura anterior entende-se que os autores não citam os trabalhos uns dos outros dentro da análise. Uma das hipóteses de isto não ter acontecido é o fato do intervalo de tempo considerado para a busca ser pequeno o que demonstra uma proximidade de datas de publicação e, portanto, uma menor probabilidade de integração de trabalhos.

Para a análise sobre os periódicos que mais publicam sobre os temas destacados também se utilizou o recurso de tabela dinâmica do software *Microsoft Office Excel*. Com a aplicação de tais procedimentos foi possível levantar e desenvolver um arcabouço teórico relevante e de qualidade para esta pesquisa, e evidenciar os pontos-chave que representam a atual discussão que rodeia a questão sucroenergética (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 1. Periódicos com mais publicação sobre etanol e sustentabilidade - *software Microsoft Excel*.

Periódicos Destaque	Ano											
	2000	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total
Biomass & Bioenergy	1					1	1	5	2	7	1	18
Bioresource Technology								3	6	5		14
Biofuels Bioproducts & Biorefining						3		2	1	6		12
Renewable & Sustainable Energy Reviews				1				4	3	2	1	11
International Sugar Journal					1	1	1	1	2	3		9
Environmental Science & Technology		1		2				2	1	1	1	8
Energy Policy						1	2	4		1		8
Renewable Energy								1	1	2	2	6
Global Change Biology Bioenergy									2		4	6
International Journal of Life Cycle Assessment							1	2	1	1		5

Entre um universo de 150 periódicos que publicavam sobre os temas foram destacados os 10 periódicos que apresentaram maior número de publicações dentre o ano 2000 e 2012 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Na segunda fase de aplicação de procedimentos bibliométricos, foram levantados artigos que discutissem princípios envolvidos a teoria sistêmica e sobre as ideias conceituais por trás de modelos de avaliação de sustentabilidade. Uma vez que a etapa foi realizada no terceiro e no último ano da pesquisa os anos que representam o intervalo temporal

considerado são diferentes da fase anterior. Isto trouxe certas vantagens, uma vez que, artigos mais recentes e também relacionados às temáticas etanol e sustentabilidade puderam ser analisados e inseridos nesta pesquisa.

Figura 2. Periódicos com mais publicações sobre etanol e sustentabilidade no período entre 2000 e 2012 - software Microsoft Excel.

Sendo assim, na segunda fase considerou-se um intervalo de tempo entre os anos de 2005 e 2015. Porém as combinações das palavras-chaves não se mostravam eficientes para a listagem de artigos, pois poucos artigos eram indicados pelos procedimentos e a maioria representava a área da computação e modelagem devido aos termos utilizados na busca serem comuns a tais áreas. Sendo assim realizaram-se quatro rodadas de busca, alternando as combinações das palavras-chaves (Quadro 3).

Rodadas	Termos pesquisados	Resultado Pesquisa	Áreas Seleccionadas	Seleção
Primeira pesquisa	System, thinking, sustainability, evaluation	51 artigos	Environmental Sciences Ecology; Engineering; Energy Fuels	17 artigos
Segunda Pesquisa	System, thinking, sustainability, evaluation	930 artigos	Environmental Sciences Ecology; Energy Fuels; Agriculture; Thermodynamics; Social Science; Sociology; Psychology; Behavioral Sciences	Desconsiderada
Terceira Pesquisa	System*; Theory; sustainability; Operationaliz*.	21 artigos	Environmental Sciences Ecology; Engineering; Energy Fuels; Agriculture; Sociology;	5 artigos
Quarta pesquisa	União das palavras-chaves da primeira e terceira rodadas	49 artigos	Todas as áreas da primeira e terceira rodadas	34 artigos

Quadro 3. Rodadas de busca utilizadas no processo de bibliometria (fase II).

A quantidade de rodadas não foi decidida previamente, mas sim baseada em uma quantidade de artigos (121 artigos) mais próxima à quantidade da listagem da fase I realizada no ano de 2012 (150 artigos), citada e explicada anteriormente. Outro ponto considerado foi o número elevado de artigos obtidos na segunda rodada de pesquisa da fase II, o que demonstrou uma falta de recorte sobre as diferentes áreas e suas abordagens, sendo então desconsiderada e motivando as outras rodadas de pesquisa.

Os asteriscos verificados em algumas palavras-chaves possibilitam a busca de todas aquelas palavras que possuam os mesmos radicais que formam o vocábulo e, portanto, possibilitaram ampliar a busca. Para esta fase os artigos considerados mais relevantes foram aqueles levantados pela quarta rodada, uma vez que as palavras-chaves norteadoras da listagem representam as mesmas das rodadas anteriores. Após análise do conteúdo dos resumos dos 49 artigos, foi decidida a seleção de 34 deles. Estes foram verificados com intuito de reconhecer os mais citados e aqueles pertencentes a periódicos com maior número de publicações referentes aos temas pesquisados. Neste caso, foram considerados o software *Histcite* e índices do próprio banco de dados *Web of Science*⁴, o que possibilitou uma comparação entre as indicações (Figura 3 e Figura 4).

Records: 34, Authors: 100, Journals: 29, Cited References: 0, Words: 163
Yearly output | Document Type | Language | Institution | Institution with Subdivision | Country

#	Date / Author / Journal	LCS	GCS	LCR	CR
1	4 Wiek Arnim, Binder Claudia, Scholz Roland W. Functions of scenarios in transition processes FUTURES. 2006 SEP 2006; 38 (7): 740-766	0	48	0	0
2	11 Ciegis Remigijus, Ramanauskienė Jolita, Martinkus Bronislovas The Concept of Sustainable Development and its Use for Sustainability Scenarios INZINERINE EKONOMIKA-ENGINEERING ECONOMICS. 2009 2009; (2): 28-37	0	28	0	0
3	19 Cabell Joshua F., Oelofse Myles An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience ECOLOGY AND SOCIETY. 2012 2012; 17 (1): Art. No. 18	0	16	0	0
4	3 Turner RK Sustainability auditing and assessment challenges BUILDING RESEARCH AND INFORMATION. 2006 MAY-JUN 2006; 34 (3): 197-200	0	12	0	0
5	13 Wellisch Maria, Jungmeier Gerfried, Karbowski Adrian, Patel Martin K., Rogulska Magdalena Biorefinery systems - potential contributors to sustainable innovation BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR. 2010 MAY-JUN 2010; 4 (3): 275-286	0	12	0	0
6	16 Musango Josephine K., Brent Alan C. A conceptual framework for energy technology sustainability assessment ENERGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. 2011 MAR 2011; 15 (1): 84-91	0	12	0	0
7	18 Bene Christophe, Evans Louisa, Mills David, Ovie Solomon, Raji Aminu, et al. Testing resilience thinking in a poverty context: Experience from the Niger River basin GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE-HUMAN AND POLICY DIMENSIONS. 2011 OCT 2011; 21 (4): 1173-1184	0	12	0	0
8	10 Loring Philip A., Chapin F. Stuart III, Gerlach S. Craig The services-oriented architecture: Ecosystem services as a framework for diagnosing change in social ecological systems ECOSYSTEMS. 2008 APR 2008; 11 (3): 478-489	0	11	0	0

Figura 3. Exemplo de tabela de análise gerada pelo Histcite - artigos com maiores índices (fase II).

⁴ No ano de 2011-2012, quando realizada a primeira fase de listagem e seleção de artigos, não foi evidenciada pela pesquisadora a possibilidade do banco de dados *Web of Science* realizar bibliometria por meio de diferentes índices, e até mesmo devido a este motivo se buscou aplicar um método que possibilitasse tal análise. Entretanto, conhecida esta possibilidade no ano de 2014-2015, se decidiu utilizar-se das duas ferramentas bibliométricas, sendo estas o software *Histcite* e o banco de dados *Web of Science* e comparar seus resultados.

A comparação entre os resultados das análises bibliométricas demonstrou que não há discrepância entre estes em relação aos resultados apresentados. Faz-se importante explicar que os procedimentos de seleção, escolha e leitura dos artigos (bibliometria) possibilitou identificar trabalhos científicos importantes devido a relevância em citações e, portanto, reconhecimento científico.

Com base na literatura direcionada foram realizadas a composição e definição dos capítulos que compuseram esta pesquisa. Faz-se importante destacar que, tanto as referências listadas (artigos) pelos métodos bibliométricos como artigos ausentes em tais listagens, foram utilizados. Da mesma forma que muitos artigos indicados por tal método de seleção foram desconsiderados dado o recorte da pesquisa. O critério de utilização da bibliografia levantada se deu devido à relevância destes para a reflexão e busca dos objetivos desta pesquisa.

	2011	2012	2013	2014	2015	Total	Média de citações por ano
Use as caixas de seleção para remover itens individuais deste relatório de citações ou para restringir a itens publicados entre <input type="text" value="2005"/> e <input type="text" value="2015"/> <input type="button" value="Ir"/>	27	26	51	66	8	239	23.90
☐ 1. Functions of scenarios in transition processes ☒ Por: Wiek, Armin; Binder, Claudia; Scholz, Roland W. FUTURES Volume: 38 Edição: 7 Páginas: 740-766 Publicado: SEP 2006	7	7	4	6	0	50	5.00
☐ 2. The Concept of Sustainable Development and its Use for Sustainability Scenarios ☒ Por: Ciegis, Remigijus; Ramanauskiene, Jolita; Martinkus, Bronislovas INZINERINE EKONOMIKA-ENGINEERING ECONOMICS Edição: 2 Páginas: 28-37 Publicado: 2009	9	3	5	2	0	29	4.14
☐ 3. An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience ☒ Por: Cabell, Joshua F.; Oelofse, Myles ECOLOGY AND SOCIETY Volume: 17 Edição: 1 Número do artigo: 18 Publicado: 2012	0	2	4	8	2	16	4.00
☐ 4. Testing resilience thinking in a poverty context: Experience from the Niger River basin ☒ Por: Bene, Christophe; Evans, Louisa; Mills, David; et al. GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE-HUMAN AND POLICY DIMENSIONS Volume: 21 Edição: 4 Páginas: 1173-1184 Publicado: OCT 2011	0	1	4	6	1	12	2.40
☐ 5. A conceptual framework for energy technology sustainability assessment ☒ Por: Musango, Josephine K.; Brent, Alan C. ENERGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT Volume: 15 Edição: 1 Páginas: 84-91 Publicado: MAR 2011	1	3	4	3	1	12	2.40
☐ 6. Biorefinery systems - potential contributors to sustainable innovation ☒ Por: Wellisch, Maria; Jungmeier, Gerfried; Karbowski, Adrian; et al. BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR Volume: 4 Edição: 3 Páginas: 275-286 Publicado: MAY-JUN 2010	1	1	4	5	0	12	2.00
☐ 7. The services-oriented architecture: Ecosystem services as a framework for diagnosing change in social ecological systems ☒ Por: Loring, Philip A.; Chapin, F. Stuart, III; Gerlach, S. Craig ECOSYSTEMS Volume: 11 Edição: 3 Páginas: 478-489 Publicado: APR 2008	3	0	1	3	0	12	1.50
☐ 8. How to quantify sustainable development: A Risk-based approach to water quality management ☒ Por: Sarang, Amin; Vahedi, Arman; Shamsai, Abolfazl ENVIRONMENTAL MANAGEMENT Volume: 41 Edição: 2 Páginas: 200-220 Publicado: FEB 2008	2	1	4	1	0	12	1.50

Figura 4. Exemplo da tabela de análise gerada pelo *Web of Science* - artigos com maiores índices (fase II).

Os meios aplicados para elaboração do arcabouço teórico tiveram o intuito de fortalecer o mesmo, e garantir que bons estudos fossem identificados para possível utilização.

3. AS DIFERENTES VISÕES E FORMAS DE PENSAMENTO NA ANÁLISE DA REALIDADE.

“A ideia de sistema conserva seu valor mesmo quando não pode ser formulada matematicamente ou permanece uma “ideia diretriz” mais do que uma construção matemática” (Bertalanffy, 2013).

A fim de compreender os problemas correlacionados a sustentabilidade é necessário entender os tipos de interconexões inerentes à sua organização e considerar que a alteração das partes, que compõem o problema, afeta o comportamento e desencadeiam mudanças para o conjunto todo. O pensamento sistêmico tem sido comumente referido como apropriado para auxílio na solução de problemas complexos, tal como as questões da sustentabilidade (HJORTH; BAGHERI, 2006; BERTALLANFY, 2013; MANGOYANA; SMITH; SIMPSON, 2013).

Partindo-se da complexidade que envolve as questões do etanol e a natureza sistêmica da sustentabilidade, esse capítulo traz a indicação da teoria geral de sistemas como uma alternativa para análise de problemas complexos, tal como o desafio escolhido por esta pesquisa.

3.1 Limitações das abordagens fragmentadas

Existem várias abordagens científicas de pensamento e análise, as chamadas epistemologias, provenientes de diferentes paradigmas da ciência. Na lista das epistemologias, pode-se elencar positivismo, pragmatismo, funcionalismo, estruturalismo, fenomenologia, materialismo histórico (FARIA, 2012), e pode-se acrescentar como sétima epistemologia a complexidade (MORIN, 2010).

Segundo Faria (2012), cada epistemologia comporta uma visão de mundo e de produção de conhecimento, um método e técnicas decorrentes. Sem entrar num detalhamento individual de cada epistemologia, é possível afirmar que a principal tensão está entre o reducionismo e a fragmentação de umas (positivismo, pragmatismo, funcionalismo e estruturalismo) e a visão não reducionista de outras (fenomenologia, materialismo e complexidade). Vasconcelos (2002) reproduz essa distinção (Figura 5), separando os paradigmas da ciência e as dimensões epistemológicas em dois tipos: ciência tradicional ou moderna, que comporta os elementos fundamentais do primeiro grupo e a ciência pós-moderna, chamada por ela de ciência novo-paradigmática emergente que sintetiza sobretudo os pressupostos da teoria da complexidade (FERNANDES, 2010).

Figura 5. Quadro de referência para a transformação paradigmática da ciência.
Fonte: Vasconcellos (2002).

De acordo com a autora a ciência tradicional adota três pressupostos: simplicidade (separar o complexo em partes mais simples para entender o todo), estabilidade (o mundo é estável, conseqüentemente previsível (determinação), e controlável (reversibilidade)), e objetividade (é possível conhecer o mundo tal como ele é).

Seguem estes pressupostos abordagens como: as reducionistas (centrada no isolamento de elementos), as mecanicistas (observação das partes para concluir sobre o todo), e a causalidade linear (as causas estariam agindo linearmente em conjunto para resultar em um evento).

As formas analíticas provenientes da ciência clássica e outras inerentes à ciência tradicional ou moderna buscam o controle das variáveis por meio de leis que indiquem regularidades e possibilitem prever os acontecimentos (Figura 17) (BRANDÃO; CREMA, 1991; VASCONCELLOS, 2002). Já a ciência pós-moderna ou ciência novo-paradigmática emergente⁵ traz uma mudança epistemológica, uma revisão do paradigma até então dominante, com pressupostos relacionados à complexidade (a simplificação obscurece as inter-relações, daí a necessidade da contextualização); o pressuposto da instabilidade (o mundo está em constante mudança e por isso muitos fenômenos se tornam indeterminados ou imprevisíveis); e por último, a intersubjetividade (não existe uma realidade independente do observador e por isso são múltiplas as versões da realidade) (VASCONCELOS, 2002).

⁵ A ciência tradicional tem sido chamada de ciência moderna (séculos XVIII a XIX), tão como a ciência pós-moderna pode ser chamada de ciência novo-paradigmática emergente (Vasconcelos, 2002).

A transformação paradigmática da ciência tem justificativa. Primeiramente, a insuficiência da abordagem reducionista, uma forma de pensamento e análise fragmentada. Com a fragmentação sempre algo se perde, pois existem funções que emergem da inter-relação dos componentes do sistema analisado. O paradigma do reducionismo é basicamente a singularidade da forma de analisar as coisas, de entender os problemas, algo generalista.

A visão mecanicista é essencialmente reducionista. Branco (1999) alega que tal visão reconhece o problema a ser analisado com base na existência de peças integrantes, as quais compõem o problema. Ou seja, a visão mecanicista lida com as questões como se fossem máquinas e busca entender o conjunto a partir do elemento isolado; desconsiderando suas funções com o conjunto por meio do atomismo extremo.

O mesmo autor também comenta que o pensamento mecanicista procura um propósito e cria mecanismos para atingi-lo, por comparação a processos conhecidos. Se o todo apresenta aspectos desconhecidos, originais, ele é decomposto em partes conhecidas para, através dessa análise, se chegar à compreensão do todo. Com essa fragmentação, propriedades irreduzíveis e irreversíveis do sistema são perdidas pela ciência mecanicista, pois o todo não equivale a soma das partes simplesmente. Assim, o mecanicismo simplesmente isola os elementos que formam o conjunto, sem examinar suas funções ou inter-relações dentro do todo. Tal ideia pode ser explicada meio de uma analogia feita por Branco (1999), na qual um o copo de cristal deixa de ser um copo, uma vez fragmentado, pois já não atende a sua função primordial. Ao se aprofundar na sua estrutura estrutural, atômica, enfim, material, haverá um distanciamento, cada vez mais, do conceito de copo, o qual é ligado à sua função, pois na sua fragmentação algo foi perdido, a ligação entre as partes.

Outro ponto no qual é pautada a abordagem analítica da visão mecanicista é que esta possui ênfase empírica apoiada na causalidade com busca em regularidades. Assim ela é ao mesmo tempo, determinística, ou seja, baseada em um princípio segundo o qual todo fato tem uma causa e, nas mesmas condições, as mesmas causas produzem os mesmos fatos, possibilitando uma função explicativa. Logo este método analítico implica sempre no processo de simplificação e investigação com foco em componentes do objeto em estudo, e de como os efeitos dependem das respectivas causas (BRANDÃO; CREMA, 1991).

De acordo com o princípio de causalidade existem conexões entre os fatos associando-os entre o antes e o depois. Além disso, o pensamento causal descarta a possibilidade de algo acontecer quando a probabilidade é muito pequena ficando com a “certeza” do resultado de probabilidade maior (BRANCO, 1999).

Esta visão do pensamento causal linear é orientada a eventos (Figura 6), ou seja, se alguém deseja controlar o evento D, a pessoa tem que manipular os eventos causais A e B. De acordo com este paradigma de pensamento as decisões são baseadas em uma diferença/lacuna percebida entre as metas desejadas e a situação real do sistema (HJORTH; BAGHERI, 2006).

Figura 6. Pensamento Linear Causal
Fonte: (HJORTH e BAGHERI, 2006).

O pensamento linear causal é chamado por Holling e Meffe (1996) de abordagem de comando e controle, a qual resolve os problemas através de controle dos processos que levam a ele (por exemplo, uma boa higiene para evitar doenças, leis mais rígidas para direcionar o comportamento humano, entre outros) ou por meio de melhoria do problema depois que ele ocorre (remédio para a doença, ou prisão para quem comete crimes, etc.). Os autores explicam que esta visão pressupõe que o problema está bem delimitado, claramente definido, é relativamente simples e linear com respeito à causa e efeito, o que não é verdade ao lidar com sistemas complexos, tais como o ecológico, social e econômico, entre outros. Estes não são como estruturas de engenharia suscetíveis a manipulações com resultados previsíveis e bem controlados.

“A frequent, perhaps universal result of command and control ... is reduction of the range of natural variation of systems-their structure, function, or both-in an attempt to increase their predictability or stability. That is, variation through time or space (such as system behavior over time, or spatial heterogeneity) is reduced. Thus, a common theme of many resource-management efforts is to reduce natural bounds of variation...to make them more predictable, and thus more reliable, for human needs.” (HOLLING E MEFFE, 1996, p.329).

Todavia estas formas de análise são importantes, pois se faz necessário o estudo isolado de espécies animais e vegetais, de diferentes estruturas e das várias questões envolvidas a sociedade. Contudo, ao se falar em solucionar problemas complexos as relações de interdependência, o todo deve ser considerado. Ou seja, os problemas estão inter-relacionados e a abordagem sistêmica pode auxiliar na sua resolução. Ao considerar todos esses pontos se torna evidente que para melhorar um sistema não é suficiente melhorar apenas cada parte

separadamente. A ciência pós-moderna tem uma visão embasada no pensamento sistêmico, um novo paradigma de ciência, porque pensar sistemicamente é pensar em complexidade, instabilidade e intersubjetividade (VASCONCELOS, 2002).

3.2 Pensamento sistêmico

O pensamento sistêmico é antagônico aos pensamentos linear causal e reducionista, ao considerar que os sistemas são suscetíveis a ocorrências imprevisíveis, não lineares, não redutíveis e de difícil controle. Ao considerar as limitações inseridas no pensamento mecanicista e reducionista, torna-se evidente que o processo de planejamento socioambiental não deve ser dependente da “precisão” das previsões, e sim, considerar o imprevisível e questões que estão relacionadas ao complexo, para assim, melhor lidar com as incertezas do futuro. Neste sentido, Hjorth e Bagheri (2006) argumentam que, na tentativa de compreender e buscar soluções para os problemas socioambientais, os pensamentos fragmentados e de controle devem dar lugar ao pensamento sistêmico. Este pensamento atua em todo o sistema, pois considera a conexão entre os elementos que o compõem, e é considerado pelos autores como mais adequado para lidar com questões de sustentabilidade, já que estas são consideradas bastante complexas.

Os métodos sistêmicos possibilitam compreender sobre a complexidade de um problema, pois o mesmo auxilia na observação das "estruturas", "padrões", e "eventos" que estão por trás de situações complexas e que fazem parte das características de um sistema. Logo, a importância do pensamento sistêmico está na sua abordagem ampla de análise, considerando o que outros métodos não conseguem analisar.

O conceito de sistema pode ser descrito de várias formas. Uma forma mais abrangente, apresentada por Laszlo e Krippner (1998), explica que um sistema pode ser entendido como um complexo de componentes que interagem entre si por meio de suas relações, as quais permitem a identificação de um limite para a manutenção de uma entidade ou processo. Hjorth e Bagheri (2006) têm a mesma concepção e ainda acrescentam que, para melhorar um sistema, não adianta melhorar a cada parte separadamente, ao invés disso o todo deve ser olhado. Os mesmos autores ainda explicam que devido a uma complexa teia de mecanismos de *feedback*⁶, mudança, causa e efeito os sistemas podem produzir resultados completamente inesperados, mesmo que se tenha entendimento avançado das condições do sistema original. Muitas outras denotações específicas têm existido desde o começo do século XX quando

⁶Transmissão e retorno de informações entre as partes componentes de um sistema (FOLLEDO, 2000).

surgiu a teoria geral de sistemas proposta por Karl Ludwig Von Bertalanffy⁷, o qual explicava que, para uma compreensão de um sistema, não bastam os elementos, mas são necessárias suas inter-relações (BERTALANFFY, 2013).

Ackoffs (1981 apud LASZLO; KRIPPNER, 1998), definiu sistemas como um conjunto de dois ou mais elementos inter-relacionados sendo que os elementos e os subsistemas formados por eles causam um efeito no todo, ou seja, influencia o funcionamento do sistema total. E ainda, cada elemento e subsistema são afetados por pelo menos outro elemento ou subsistema do todo. Em poucas palavras, para entender o que seja um sistema é preciso entender as relações que os componentes estabelecem entre si, sua totalidade, pois ao se relacionarem são criadas características que emergem de suas relações e que não são encontradas nas partes isoladas.

Porém definir ou descrever um sistema não é uma questão óbvia e trivial, uma vez que se faz necessário um consenso quando os sistemas são conceituais e abstratos, sistemas estes que dependem de esquemas mentais e culturais para serem definidos (BERTALLANFY, 2013). Tal entendimento vai ao encontro com a visão de Cabrera, Colosi e Lobdell (2008) na qual um sistema é um conteúdo específico diferente para cada pessoa. Em seu sentido mais amplo, tudo é um sistema, e o que faz algo um sistema depende de como cada pessoa pensa sobre ele. Assim, o que é visto e entendido como sistema depende do ponto de vista de cada um que o constrói. Em outras palavras, sistemas podem ser vistos e construídos de formas diferentes de acordo com as perspectivas (formas de pensamento) de seus observadores.

Bertalanffy (2013) propõe uma ilustração baseada em uma série de pontos (Figura 7) para melhor entendimento do que venha a ser um sistema. Nas séries 1 e 2 o complexo pode ser entendido como a soma dos elementos considerados isoladamente, ou seja, de característica somativas. Isto quer dizer que as propriedades dos elementos são idênticas dentro ou fora do complexo, mesmo que um dos elementos se apresente diferente e dissociado (caso 2).

Figura 7. Séries de pontos diferentemente organizados.
 Fonte: Bertalanffy (2013, pg.82).

⁷Austríaco, (1901-1972), biólogo, iniciou seus trabalhos levantando a abordagem orgânica da biologia, na qual o organismo é um todo maior que a soma das partes.

O complexo do caso 3 é de características constitutivas. Nesse caso as propriedades dos elementos e do sistema dependem das relações entre eles. Sendo assim, é necessário conhecer não somente as partes, mas também as relações entre elas para compreensão do todo. Essas comparações auxiliam na forma de analisar complexos de elementos sendo todas as formas importantes, porém cada uma com seu objetivo. Propriedades físicas e quantitativas podem ser consideradas como complexidade de características somativas, uma vez que o objetivo de estudo seja, por exemplo, saber o peso molecular dos elementos químicos envolvidos. Em complexos do tipo constitutivo o intuito é saber, por exemplo, as características químicas provenientes da relação entre os elementos. Nesse caso, o entendimento do complexo é proveniente das características emergentes das relações (BERTALANFFY, 2013).

Logo a forma interpretativa e analítica adequada de um complexo de elementos é essencial para evitar concepções confusas ou errôneas para a resolução de problemas. Para essa pesquisa, o conceito sistema é assumido baseando-se em características comuns citadas por diversos autores da literatura científica (Quadro 4) o que diminui a necessidade de um conceito fechado ou definitivo, mas garante um recorte efetivo sobre o que está sendo considerado pelo estudo como tal (sistema).

Características essenciais de um sistema	Descrição das características
Características estruturais	Um sistema possui características estruturais tais como limites ou fronteiras, elementos (componentes que quando agrupados formam categorias, famílias ou populações), reservatórios (onde se acumulam energia, matéria, informações) e rede de comunicações (meios de transmissão entre os elementos).
Características funcionais	Os sistemas possuem características funcionais. São estas os fluxos (loops ou circulação de energia, matéria ou informação), válvulas (controladores de vazão dos diferentes fluxos), amortecedores (referente à velocidade de circulação dos fluxos) e retroação (<i>feedback</i> da informação, matéria ou energia procedente da saída do sistema para a entrada do sistema). Um exemplo prático dessas definições: as pessoas respondem as mudanças do sistema através de mecanismos institucionais criando um processo de retorno ou realimentação (<i>feedback</i>) do circuito (<i>loop</i>) que afetam os benefícios ambientais e o bem-estar humano.
Sistema e subsistemas	Um sistema não pode depender de outro para seu funcionamento: neste caso ele será apenas um elemento de um sistema. Um conjunto de elementos de um sistema pode ser considerado como um subsistema de um sistema

	maior, construindo uma hierarquia.
Organização do sistema	Um sistema, sob o ponto de vista funcional, implica organização (e não mera coleção ou associação) de partes inter-relacionadas, de maneira a garantir o fluxo de energia. As partes devem estar interligadas de uma forma específica para que o sistema realize o seu propósito; elas não podem ser colocadas de maneira aleatória ou arbitrária sem mudar a natureza essencial do sistema.
Estabilidade	O sistema é autorregulável, de forma que seja mantido um perfeito equilíbrio entre as partes, conservando constante o fluxo de energia. Ou seja, quando não são submetidos a grandes interferências externas (responsáveis por destruir as interações e mecanismos de <i>feedback</i> que poderiam trazer o sistema de volta à estabilidade) os sistemas possuem a capacidade de manter estabilidade através das interações entre os seus componentes. Em alguns sistemas o <i>feedback</i> e/ou processo de ajuste é quase imediato, em outros o efeito de uma alteração em uma parte do sistema pode retornar ao local onde aconteceu a alteração após um certo tempo. Nestes casos, a identificação dos <i>loops</i> de <i>feedback</i> torna-se um processo mais complexo. O conjunto de elementos estruturais, perfeitamente inter-relacionados, garante o fluxo energético e um mecanismo regulador controla o funcionamento geral através de processos de retroação.
Interação entre componentes	A estrutura de <i>loops</i> de <i>feedback</i> entre os componentes de um sistema determina o comportamento do mesmo. Um <i>loop</i> de <i>feedback</i> consiste em dois ou mais vínculos conectados de tal forma que, começando com uma variável qualquer do <i>loop</i> , pode-se retornar à variável de origem da trajetória. O retorno da influência pode ser rápido, aparente, indireto ou não imediato. Por isso a importância em estudar suas interações (<i>loops</i>) para entender o sistema, e não o estudo de cada componente <i>per se</i> . Existem quatro níveis hierárquicos de estruturas de <i>feedback</i> : o nível de variável ⁸ , o de vínculo ⁹ (ou conexão), o de <i>loops</i> de <i>feedback</i> e o de sistemas ¹⁰ de <i>feedback</i> .
Fonte de energia	O sistema necessita de uma fonte de energia que lhe é externa, embora a energia possa ser acumulada, de alguma forma, dentro dele.
Estado	O estado de um sistema pode ser definido como um estoque, tal como uma quantidade de dinheiro de um banco, de água em uma represa, número de pessoas de uma população. Mas também pode haver estoques imateriais, como por exemplo, autoconfiança, percepção das pessoas

⁸Uma variável pode ser uma decisão (alocar água para irrigar um determinado setor) ou uma quantidade que muda ao longo do tempo (quantidade de água alocada). Quando uma variável não é afetada por nenhuma das variáveis do sistema, ela é chamada de *variável "exógena,"* ou externa. Quando ela é influenciada pelos valores e mudanças de outras variáveis incluídas no sistema ela é chamada *variável "endógena"* (FOLADORI, 2001).

⁹O *vínculo* é a condição de relação de causa-efeito (influência) entre duas variáveis. São a transmissão de informação entre suas partes componentes e subsistemas. Se o sentido do vínculo é positivo indica que ambas variáveis mudam na mesma direção; o sentido é negativo quando elas mudam em direções opostas (FOLADORI, 2001).

¹⁰Interrelações entre diferentes *loops* de *feedback*.

	em relação a segurança de certa área, etc. Quando essas variáveis criam feedbacks estabilizadores ou amplificadores, novas configurações de estado podem surgir, mudando o estado do sistema, ao ultrapassar os limites das condições iniciais (<i>thresholds</i> ¹¹).
Entradas e saídas	Nos sistemas existem entradas (<i>inflows</i>) que aumentam o estoque e saídas (<i>outflows</i>) que os diminuem. No caso do banco com depósitos há os saques bancários, na represa de água com a entrada devido ao fluxo do rio e saída com a evaporação ou sucção, nascimentos e mortes dos indivíduos de uma população.
Relações de integração	Todos os <i>loops</i> de <i>feedback</i> possuem polaridade. A polaridade é determinada pela regra de sinais (multiplicação) dos vínculos que os compõem e é representada por um sinal (-) ou (+) no centro do <i>loop</i> . <i>Loops</i> de <i>Feedbacks</i> negativos podem ser entendidos como loops de correção, controle ou balanceamento, o que significa que quando o valor de uma variável aumenta ou diminui são gerados respostas ou mecanismos que controlam a oscilação. Já os <i>loops</i> de <i>feedback</i> positivos representam mudanças que amplificam, acrescentam distúrbios no sistema, também conhecidos como <i>loops</i> de reforço ou <i>loops</i> amplificadores.

Quadro 4. Características essenciais de um sistema.

Fonte: Baseado em Hjorth e Bagheri (2006), Branco (1999), Meadows (1999, 2009), Folledo (2000), Rosnay (1975), Chen e Stroup (1993), Resilience Alliance (2010).

Dentre os principais tipos de sistemas, de acordo com a sua hierarquia organizacional, estão os: sistemas estáticos (ex: átomos, moléculas, etc.), sistemas mecânicos (ex: máquinas em geral e sistemas solares), sistemas orgânicos (ex: populações de seres vivos impactados biologicamente como ratos, mosquitos), sistemas sociais ou humanos (ex: stakeholders e organizações), e os sistemas simbólicos (ex: aspectos culturais, morais, linguagens matemáticas) (BERTALANFFY, 2013; RAELE, 2013).

Os sistemas sociais ou humanos em particular necessitam de uma maior explicação, pois ao se falar em sistemas nos quais humanos estão envolvidos algumas propriedades são peculiares. Estes sistemas são caracterizados por incerteza, imprevisibilidade, causalidade indeterminada e, mudanças evolutivas (HJORTH; BAGHERI; 2006). Além disso, sistemas de atividades humanas tendem a ter propósitos múltiplos e sobrepostos. De acordo com Laszlo e Krippner (1998) é possível distinguir três níveis de propósitos/objetivos inseridos em sistemas humanos: (i) propósitos/objetivos do sistema; (ii) propósitos/objetivos das partes do sistema; (iii) propósitos/objetivos do qual ele é parte, ou seja, do supra-sistema.

¹¹ São os pontos que separam os diferentes estados de um sistema, estados provocados por mudanças graduais ou abruptas (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

Ao se referir aos diferentes objetivos e propósitos dos sistemas Checkland¹² desenvolveu ramificações teóricas denominando os sistemas como *soft e hard systems*. De acordo com os trabalhos do autor os *hard systems* são sistemas mais fáceis de definir e com objetivos mais claros. São tipicamente objetos de engenheiros como plantas, mecanismos, máquinas entre outros. Já os *soft systems* têm como componentes principais os seres humanos. Eles são difíceis de definir e não têm objetivos ou propósitos claros acordados e mesmo quando acordados mudam com o tempo. Nestes sistemas estão envolvidas múltiplas percepções, interpretações e representações individualizadas e coletivas e por isso existem objetivos frequentemente conflitantes (LASZLO; KRIPPNER, 1998).

Para fins desta pesquisa, entende-se que esta seja um trabalho relacionado à *soft systems*, devido principalmente à existência de uma rede de organizações e pessoas que influenciam em todo o comportamento do sistema por meio de suas interpretações e decisões sobre os problemas existentes.

Em relação à troca de matéria, informação e/ou energia com o meio externo, os sistemas podem ser classificados de duas formas. Os sistemas são considerados fechados se nenhum material entra ou sai de si, não há intercâmbio com o ambiente externo. Em contrapartida o sistema é aceito como aberto se houver importação e exportação de material, energia ou informação com o ambiente externo (BERTALANFFY, 1950).

Esta pesquisa lida com sistemas abertos, tais como os sociais, econômicos e socioambientais os quais possuem uma característica que os fechados não apresentam, chamada equifinalidade. Este conceito explica que os sistemas abertos, por possuírem a capacidade de *inflows* e *outflows*¹³ pode ter seu estado final (estado estacionário/estável) independente das condições iniciais do sistema (BERTALANFFY, 1950). Em outras palavras, o sistema pode alcançar seu objetivo (estado estacionário/estável) por uma variedade de caminhos e a partir de condições iniciais diferentes. Outra questão que difere os sistemas abertos dos fechados é relacionada à entropia. A entropia pode ser entendida como um grau de desordem de um sistema (SOLÉ; GOODWIN, 2000; BERTALANFFY, 1950) devido às variações de energia, temperatura, e/ou organização e funções de seus componentes.

No caso de sistemas fechados, como os físicos e químicos, considera-se que a entropia, ou seja, o grau de desordem, uma vez alto não diminui, pois para sua diminuição necessitaria de uma força externa, porém esta é inexistente em sistemas fechados. Nesse caso

¹² Para maior conhecimento sobre o assunto ler Checkland, P., & Scholes, J. (1990). *Soft systems methodology in action*. New York: Wiley; Checkland, P. (1981). *Systems thinking, systems practice*. New York: Wiley; Checkland, P. (1979). The shape of the systems movement. *Journal of Applied Systems Analysis*.6, 129-135.

¹³ Entradas e saídas entre os componentes de um sistema, respectivamente.

tem-se o conceito de irreversibilidade do processo. Já em sistemas abertos, a entropia do sistema pode diminuir desde que a entropia do meio externo aumente (BERTALANFFY, 1950). Isso indica que, para sistemas que tenham atividades humanas de produção se torna inevitável à degradação do meio ambiente (meio externo) no intuito de diminuir a entropia do sistema. Essa concepção é fundamental quando se há a intenção de analisar sistemas abertos.

No que tange a representação de sistemas os mesmos podem ser concebidos tanto na forma matemática (formal) como podem ser referenciados de outras maneiras como, por exemplo, de forma existencial (quando empírico) ou afetiva quando imaginário ou emocional (LASZLO; KRIPPNER, 1998). De qualquer forma todas elas representam a mesma essência do que vem a ser um sistema, e seus componentes e inter-relações. Como pode ser evidenciado no decorrer do texto, são vários os tipos de sistemas, abordagens e consequentemente vários são os métodos e modelos de análise existentes. Nesse sentido a teoria geral dos sistemas seria um esteio ao lidar com essas diferenças (BERTALANFFY, 2013).

3.3 Teoria Geral dos Sistemas

Historicamente a teoria sistêmica já aparecia em concepções de grandes pensadores e cientistas tais como a de Aristóteles com a famosa definição filosófica: o todo é mais do que a soma das partes. Logo depois Galileo e Descartes contribuem com a visão matemática e complexa de mundo ampliando a visão de Aristóteles. Entretanto, como sistemas complexos são caracterizados por suas múltiplas variáveis muitos foram e tem sido os desafios e esforços em construir uma teoria única capaz de lidar com diversas ciências tais como a natural, social, engenharias, entre outras. Nesse sentido surge a teoria sistêmica moderna, pontuada com seu início cronológico em 1920, por meio da interação da física, biologia e a matemática devido à elaboração e aplicação de princípios formais da termodinâmica (CHEN e STROUP, 1993).

Ao longo dos anos muitos outros nomes se fizeram importantes por sua contribuição no desenvolvimento da abordagem sistêmica, tais como Lotka, Defay, Schrodinger, Shannon, Weaver, sendo este último o impulsionador do que se tornaria a teoria dinâmica de sistemas. Na década de 1920, Paul Weiss já falava de uma abordagem sistêmica e Alfred Whitehead sobre a filosofia do organismo. Bertalanffy, com seu princípio da organização uniu todos esses estudos e apresentou a sua teoria geral de sistemas, a qual sistematizou entre as décadas de 1930 e 1950 (LASZLO; KRIPPNER, 1998). Porém, foi somente a partir da década de 1960 que o pensamento sistêmico começou a ser reconhecido como uma teoria de plano

transdisciplinar (LASZLO e KRIPPNER, 1998) e desde então tem permeado numerosos campos científicos, tais como: planejamento e avaliação, educação, negócios, sociologia, psicologia, agricultura, sustentabilidade ambiental, ecologia, ciências da terra e física, entre outros (CABRERA; COLOSI; LOBDELL, 2008).

No decorrer dos anos, desde sua concepção, a teoria de sistemas vem se desenvolvendo, e do mesmo modo várias distinções e definições têm acompanhado essa evolução. Essas distinções são referentes às ideias do que venha a ser sistemas e suas diferentes aplicações nas várias disciplinas da ciência (Figura 8).

A importância da teoria geral dos sistemas no seu sentido universal, ou seja, seu uso é em sentido amplo, que vai desde a observação de pássaros até as sofisticadas teorias neurofisiológicas. A mesma pode ser entendida como uma doutrina aplicável a todos os sistemas (totalidade) ou seus subsistemas (conjuntos que formam a totalidade). Seu conteúdo é válido para os sistemas “em geral” devido ao isomorfismo (semelhança de características e propriedades dos sistemas) (SIMON, 1962; BRANCO, 1999; BERTALANFFY, 2013; LASZLO e KRIPPNER, 1998). Em relação aos aspectos filosóficos da teoria geral de sistemas pode-se destacar Laszlo por sua visão de interconexão e interdependência, e assim a ruptura da pesquisa e análise fragmentada (CHEN e STROUP, 1993). Já os teóricos sistêmicos mais conhecidos do final do século XX são Jay Forrester, Denis e Donella Meadows, Nancy Roberts, Barry Richmond e Steve Peterson, e ainda Peter Senge (CHEN e STROUP, 1993).

Em destaque a todas estas formas de pensar, está o pensamento sistêmico como característica comum. E apesar de nem todos os tipos de sistemas serem iguais, assim como as abordagens de análise, todo pensamento é complexo e, como tal, o processo de pensar de forma sistêmica é complexo.

Figura 8. Desenvolvimento progressivo da teoria de sistemas e seus ramos teóricos.
Fonte: Laszlo e Krippner (1998).

3.4 A complexidade e os sistemas

Para entender o mundo é necessário compreender sua complexidade. Seguindo esta visão, um sistema é considerado complexo quando constituído por um grande número de partes que interagem de uma forma não simples (SIMON, 1962) gerando um comportamento emergente e resultante dessas interações (BOSSEL, 2001; MEADOWS, 1999, 2009), comportamento que se compreende à medida que se tem mais informações (HANNEMAN, 1988). Solé e Goodwin (2000) explicam sistemas complexos como aqueles que possuem basicamente três características: emergência de propriedades devido à interação dos componentes, auto-organização do sistema e dificuldade de predição.

Estruturalmente um sistema é um todo divisível, porém funcionalmente ele se torna uma unidade indivisível com propriedades emergentes. Propriedades emergentes são características novas exibidas ao nível do todo, mas não se encontram em componentes isolados. Elas são perdidas se o sistema se “romper”, se houver a quebra do sistema em partes. Os componentes também perdem suas propriedades emergentes quando removido do sistema. Para melhor entendimento sobre o que vem a ser este conceito, Laszlo e Krippner (1998) explicam-no com uma analogia de como funciona o cérebro humano, o sistema mais complexo considerado pela ciência, de acordo com os autores. Isto porque o cérebro possui milhares de milhões de neurônios, com centenas de bilhões de conexões entre eles. As propriedades emergentes desse sistema seriam as emoções, pensamentos, sensações, entre outros, características que não são encontradas em neurônios individuais.

A auto-organização, de acordo com Heylighen (1989), pode ser entendido como um processo espontâneo (não direcionado ou dirigido por um sistema externo) que leve a uma estrutura organizada. Cada sistema realiza sua própria forma de auto-organização, sendo este um processo de resposta para as mudanças que o sistema venha sofrer (BOSSSEL, 2001).

A sociedade humana por ser um sistema complexo possui tendência a evoluir para níveis organizacionais mais altos. A energia, as pessoas, as informações, os produtos, todos transcendem as limitações formais do sistema social. Nesses casos, o nível de convergência e integração pode chegar a estados integrados, regiões amplas, estado-nação aumentando o nível de complexidade e escala. Atualmente é possível identificar níveis organizacionais até mesmo em formato de blocos políticos e econômicos (LASZLO e KRIPPNER, 1998), tais como o BRICS, Mercosul, União Europeia, dentre outros. De acordo com Grace e Pope (2011) sistemas complexos não existem puramente em uma única escala. Partes dos sistemas podem ter uma escala de espaço e tempo maior ou menor. Entender a natureza de ligação do sistema é essencial para a sua gestão.

Devido a sua complexidade, Chen e Stroup (1993) acreditam que sistemas como estes precisam ser analisados em ambos os níveis, tanto o individual (micro) quanto coletivo (macro). Nenhum nível pode ser reduzido ou totalmente explicado sem o outro. É necessário analisar o micro, o macro e voltar ao micro e assim por diante, para que se construa a compreensão e o pensamento sistêmico.

E por fim, a dificuldade de predição pode ser justificada pela existência de todas as características já citadas até aqui, tais como a auto-organização, a emergência de propriedades, etc., sendo estas características intrínsecas aos sistemas complexos. Devido a elas os sistemas complexos são inerentemente imprevisíveis, pois não são controláveis.

Meadows (2009) chega a afirmar que estes sistemas são compreensíveis apenas de uma forma mais geral. Pode-se concluir, assim, que a estratégia científica implícita ao reducionismo, mecanicismo e causalidade não deixa de ser importante, mas o seu nível macro de análise é adequado somente para entender propriedades individualizadas, dos componentes do sistema em avaliação. Porém, no caso de sistemas abertos, inter-relacionados, complexos, com vários níveis hierárquicos e diferentes estados de entropia se fazem necessários à compreensão das propriedades que emergem das relações entre os componentes, e por isso a abordagem sistêmica se apresenta como a mais adequada, da mesma forma como a mais adequada para lidar com questões de sustentabilidade. Segundo Leff (2004) a sustentabilidade e complexidade estão intrinsecamente relacionadas e que a teoria geral de sistemas possibilita a articulação entre as mesmas.

Pesquisadores e decisores têm buscado delinear e seguir abordagens para auxiliar na gestão da relação entre os sistemas sociais, naturais, econômicos, políticos, etc., na tentativa de transcender as fronteiras disciplinares, sendo esta busca baseada em uma nova perspectiva paradigmática denominada “sustentabilidade” (HOLLING; SANDERSON, 1996).

Todavia o problema na atual forma de gestão e planejamento tem sido originada da concepção (visão de mundo) que a sociedade herdou das estruturas conceituais ou paradigmas preexistentes. Este modelo de pensamento humano convencional, reducionista, mecanicista, faz parte desta herança (BRANCO, 1999).

Logo, nos próximos capítulos será trazida a complexidade contextual da rede do etanol e também serão discutidas as várias questões que dificultam a operacionalização do conceito de sustentabilidade neste contexto e consequentemente, o quanto isto pode afetar a elaboração e a escolha de ferramentas e modelos de avaliação de sustentabilidade. Isto porque a maneira que as pessoas veem a realidade interfere na elaboração de modelos e ferramentas, tão como na escolha destes, sendo estas escolhas muitas vezes, representações de visões e abordagens fragmentadas. Por fim, o capítulo seguinte e o último apresentarão atributos e critérios que possam considerar tais fragilidades ao olhar da teoria de sistemas, almejando uma estrutura analítica de decisão sobre as ferramentas e modelos mais adequados para discutir e avaliar a sustentabilidade, sendo no caso deste trabalho, da atividade sucroenergética de produção do etanol.

4. A COMPLEXIDADE DA REALIDADE NO CONTEXTO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR SÃO PAULO-BRASIL.

Nesse capítulo buscou-se contextualizar a complexidade do cenário estadual, no que se refere ao tema etanol de cana-de-açúcar, porém sem desconsiderar o nacional e internacional.

Isto porque o recorte ao nível estadual enquanto opção metodológica não se tornou algo fácil na prática, uma vez que as várias questões que permeiam o tema central, muitas vezes transcendem os limites geográficos. Portanto, em vários momentos, devido ao enfoque holístico de análise do problema, esta pesquisa extrapola tais limites.

Para a análise contextual do etanol de cana-de-açúcar foram realizados alguns procedimentos metodológicos baseados na teoria de análise de conjuntura.

De acordo com Nunes (2007) cada área que se propõe a estudar a conjuntura tem um entendimento único do que ela representa. Não há um tipo particular metodológico que domine a maneira de realizar este tipo de análise nas diferentes áreas da ciência¹⁴, apesar de largamente utilizada (CRUZ, 2000).

Logo, encontra-se uma vasta e desigual literatura (sobre crises, revoluções, e importantes acontecimentos), a qual representa diferentes modalidades de conjunturas.

Em contrapartida Nunes (2007) explica que existe certo consenso no que se refere à finalidade da análise de conjuntura tendo esta o intuito de identificar elementos que reflitam determinada realidade dentro de certo limite de tempo e espaço.

De uma forma simples, a conjuntura é analisada por meio de forças e problemas que estão implicados nos fatos, acontecimentos.

“A análise de conjuntura de modo geral é uma análise interessada em produzir um tipo de intervenção na política; é um elemento fundamental na organização da política, na definição das estratégias e táticas das diversas forças sociais em luta” (SOUZA, 2009).

Devido a isto, esta pesquisa decidiu se basear em alguns procedimentos da análise de conjuntura tendo em vista sua característica analítica interpretativa, buscando destacar elementos que induzem a possíveis alterações em um sistema (Quadro 5).

¹⁴ Exceto no âmbito da economia. Desde a criação do Comitê de Pesquisa Econômica da Universidade de Harvard, em 1917, a análise conjuntural tem se tornado uma especialidade dentro desta disciplina, resultado de refinamentos teóricos e metodológicos indiscutíveis (CRUZ, 2000).

Categorias de Análise de Conjuntura utilizadas pela pesquisa		Como a categoria foi aplicada
Acontecimentos	Acontecimentos apresentam sentido especial para o contexto segundo sua importância ¹⁵ .	Foram levantados os fatos e acontecimentos mais destacados pela literatura e imprensa e discutidas as suas consequências positivas e negativas, com foco no tema sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar.
Atores	O ator é alguém que representa um papel dentro do enredo, de uma trama de relações ¹⁶ .	A complexidade de atores envolvidos ao tema etanol de cana de açúcar foi representada pela elaboração de uma rede de atores.
Relações	A relação entre os atores e suas ligações sofrem mudanças permanentemente.	A pesquisa apresenta as relações existentes entre os atores com base em interesses e objetivos comuns, porém não em busca de compreender a intensidade das mesmas, mas sim de averiguar o quanto é sistêmica e complexa tais relações.

Quadro 5. Procedimentos metodológicos da análise contextual.

Fonte: Baseado em Souza (2009).

Para a análise contextual foram realizados três procedimentos referentes a categorias de análise:

4.1 Fatos e acontecimentos

Para melhor compreensão sobre o contexto do etanol de cana-de-açúcar brasileiro, em especial no estado de São Paulo, tanto Souza (2009) quanto Nunes (2007) sugerem relacionar a história e seus acontecimentos marcantes, com os atores inseridos nestes fatos, não esquecendo que o sistema também possui ligação direta com a realidade local. O objetivo inicial da análise contextual foi o de relacionar a macro (abrangência internacional e nacional) e a mesoescala (abrangência estadual) ao olhar as diversas características geográficas, culturais, econômicas e sociais para compreender os problemas relacionados ao foco da pesquisa refletindo à luz da história. Para iniciar a tentativa de entender este sistema, marcos históricos foram levantados, para que assim se conseguisse compreender o presente por meio dos fatos e experiências vividas no passado.

Souza (2009) explica que a análise a partir dos acontecimentos revela a percepção que uma sociedade, ou classe tem da realidade e de si mesmos. Logo, identificar os principais

¹⁵ A importância e peso são sempre relativos e dependentes da ótica de quem analisa (SOUZA, 2009).

¹⁶ A ideia de ator não se limita somente a pessoas ou grupos sociais. Instituições também podem ser atores (SOUZA, 2009).

acontecimentos dentro e um período de tempo se torna um passo fundamental para se caracterizar e analisar o contexto da temática em foco.

O intervalo temporal analisado está entre a década de 1970 até os dias atuais. Esta data inicial escolhida representa o começo do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), considerado o primeiro acontecimento político econômico relevante para o setor, pois estimulou a produção do álcool por meio de incentivos de ampliação para as destilarias existentes e para a instalação de novas unidades produtoras (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2011; MUSSATO et al. 2010; PEREIRA et al. 2012; GREMAUD; VASCONCELLOS; TONETO, 2005)

Com o intuito de diminuir a percepção unilateral da pesquisadora, a análise contextual se baseou em pesquisa bibliográfica na leitura científica, coletâneas de artigos científicos, e documental, devido à análise de notícias e entrevistas publicadas nos veículos de divulgação publicitária, estas baseadas na opinião de representantes ou envolvidos com o tema escopo da investigação; em outras palavras, relacionados às dimensões¹⁷ que compõem o “sistema etanol de cana-de-açúcar”.

Não há regras fixas para a definição de limites de sistemas e seu particionamento em subsistemas (HANNEMAN, 1988), logo o objetivo da análise contextual foi o de compor um conjunto de elementos essenciais que precisam ser considerados por um processo de avaliação de abordagem sistêmica, ou seja, compor um conjunto de elementos, correlacioná-los e interpretá-los com o intuito de compreender sobre os principais subsistemas que constituem o sistema maior relacionado ao planejamento e decisão sobre o etanol de cana-de-açúcar e com isso apresentar a complexidade sobre a temática desta pesquisa ao evidenciar os pontos principais a serem considerados na discussão da sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar. Esta abordagem é holística, sem foco no entendimento detalhado das partes, mas sim em como as componentes chaves contribuem para a dinâmica do sistema como um todo (RESILIENCE ALLIANCE, 2010)

Para tanto foram levantados acontecimentos, eventos, questões, e apresentados em contextos temáticos, representando subsistemas do sistema maior referente a temática etanol. Com isso, buscou-se discutir sobre as influências, a complexidade e os seus problemas, implicados nos fatos.

¹⁷ A pesquisa considera dimensões aquelas que se apresentam como subsistemas do sistema de planejamento e decisão inseridos na temática etanol de cana-de-açúcar e estas dimensões são, nada menos que, subsistemas tais como o social, econômico, ambiental e político. Num primeiro momento o escopo se refere ao contexto estadual, porém devido ao sistemismo que envolve os diversos subsistemas muitas vezes o escopo transcende os limites e se direciona aos níveis nacional e internacional.

4.1.1 Subsistema econômico: Produção e do comércio do etanol no Brasil e no mundo.

A atividade sucroalcooleira é historicamente de grande importância para o Brasil. Por muito tempo o açúcar, um de seus subprodutos, se mostrou a principal atividade dentro da economia agroexportadora colonial, constituindo até hoje, um importante setor para o país, que se fortificou com a produção do etanol devido à capacidade produtiva nacional e seu peso para a formação política, econômica e social do país (GREMAUD; VASCONCELLOS; TONETO, 2005). Além disso, no cenário energético mundial as fontes renováveis de energia têm apresentado significativa participação, tanto na matriz energética mundial quanto na brasileira. De acordo com as estimativas do relatório Matriz Energética Brasileira 2030¹⁸, de responsabilidade do Ministério de Minas e Energia, as fontes renováveis no país representariam cerca de 50% da matriz energética nacional entre os anos 2010-2020, enquanto a média mundial seria de 16% (BRASIL, 2007). Isto demonstra o quanto as fontes renováveis têm papel relevante no mercado nacional. Por esses motivos cada vez mais se tem buscado o desenvolvimento tecnológico de otimização produtiva e eficiência energética.

No cenário brasileiro, o combustível renovável mais produzido e consumido há muitos anos¹⁹, tem sido o etanol de cana de açúcar. O Brasil é, atualmente, considerado o segundo maior produtor de etanol do mundo, e o primeiro de etanol à base cana-de-açúcar. Isto se deve, em grande parte, às políticas públicas intervencionistas observadas na segunda metade do século XX, as quais subsidiaram a produção e o consumo deste combustível como solução à dependência e às crises do petróleo (MORAES; ZILBERMAN, 2014).

A produção do etanol possui três vertentes tecnológicas principais: o etanol proveniente da matéria-prima doce (tais como cana e beterraba), matéria-prima amiláceas²⁰ (exemplos são o milho e o trigo), e a celulósica, com pouca expressão no contexto energético devido as barreiras tecnológicas e econômicas ainda por superar (BNDES, 2008). O etanol quando proveniente da cana-de-açúcar é produzido principalmente em áreas tropicais como o Brasil e a Colômbia. Já nos países como Estados Unidos, União Europeia e China o etanol é predominantemente à base de milho (CHENG; TIMILSINA, 2011).

O etanol obtido da cana-de-açúcar possui maior competitividade em relação ao etanol proveniente de outras culturas uma vez que sua produtividade é maior por área e seu custo é

¹⁸ A Matriz Energética Brasileira 2030 foi elaborado em 2007 e compõe com o Plano Nacional de Energia 2030 – PNE 2030. Estes representam os relatórios principais que consolidam os estudos desenvolvidos sobre a expansão da oferta e da demanda de energia no Brasil nos próximos 25 anos (para os anos de 2005, 2010, 2020 e 2030).

¹⁹ O etanol anidro é adicionado à gasolina (até 25%) enquanto o hidratado tem sido usado como combustível único, desde a década de 1970, com a introdução de carros movidos exclusivamente a álcool.

²⁰ À base de amido.

menor. Além disto, existem levantamentos, tais como o realizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES, 2008), que apresentam outras vantagens desta atividade produtiva, dentre elas: maior absorção de carbono no plantio da cultura e menor emissão de gases de efeito estufa (GEEs) na queima do produto etanol, melhor balanço de energia²¹ em relação a outros tipos de combustíveis, e baixa demanda de insumos energéticos exógenos.

A posição do Brasil no cenário mundial de produção de etanol é de destaque, em especial pela cultura da cana, sendo neste caso o maior produtor mundial. Para a safra de 2014/2015 a produção de etanol está estimada, segundo a UNICA (2015), em 28,66 bilhões de litros, 705,92 milhões de litros, ou 2,53%, a mais do que os 27,96 bilhões de litros da safra 2013/14 (Fig. 9 e Fig. 10).

Estados	Cana-de-açúcar (mil toneladas)	Açúcar (mil toneladas)	Etanol Anidro (mil m³)	Etanol Hidratado (mil m³)	Etanol Total (mil m³)
Acre	89	0	0	5	5
Alagoas	21.652	1.728	316	194	511
Amazonas	269	15	0	5	5
Bahia	3.206	94	109	65	174
Ceará	129	0	0	9	9
Espírito Santo	3.770	123	110	72	182
Goiás	62.018	1.891	1.055	2.824	3.879
Maranhão	2.206	11	155	13	168
Mato Grosso	16.989	418	532	572	1.104
Mato Grosso do Sul	41.496	1.368	614	1.618	2.231
Minas Gerais	61.042	3.411	1.246	1.411	2.657
Pará	819	32	29	9	38
Paraíba	5.150	77	199	140	339
Paraná	42.216	3.037	492	996	1.488
Pernambuco	15.130	1.182	196	121	317
Piauí	851	52	31	1	32
Rio de Janeiro	2.008	84	0	85	85
Rio Grande do Norte	2.158	123	33	24	57
Rio Grande do Sul	73	0	0	5	5
Rondônia	188	0	0	11	11
Santa Catarina	0	0	0	0	0
São Paulo	367.450	23.963	6.958	6.986	13.944
Sergipe	2.276	105	37	69	106
Tocantins	2.334	0	111	85	196
Região Centro-Sul	597.061	34.295	11.008	14.568	25.575
Região Norte-Nordeste	56.458	3.419	1.215	752	1.968
Brasil	653.519	37.713	12.223	15.320	27.543

Figura 9. Produção nacional e por estados de cana-de-açúcar, açúcar, etanol anidro, etanol hidratado e etanol total na safra de 2013/2014.

Fonte: UNICA (2015a).

O país também possui a primeira posição no ranking mundial de produção de cana-de-açúcar, seguido por Índia e China (CONAB, 2014). De acordo com o último levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Brasil deverá produzir

²¹A proporção entre a energia fóssil utilizada para produzi-lo e a energia contida no combustível produzido

642,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar nesta safra (2014/2015), em pouco mais de 9 milhões de hectares, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, responsável por 52% (4.685,7 mil hectares) da área plantada (CONAB, 2014).

As características edafoclimáticas²², o amplo mercado de consumo, a infraestrutura rodoviária e marítima, a existência de instituições tecnológicas e de pesquisa, são vistas como as vantagens que levam o estado de São Paulo a ser o principal estado produtor de cana e etanol em nível nacional.

Figura 10. Produção de etanol por região
Fonte: CONAB (2014).

Durante a década de 1970, devido aos efeitos das crises internacionais do petróleo e às dificuldades do mercado internacional do açúcar, tendo como objetivo estimular a produção do álcool, foi inaugurado o Programa Nacional do Alcool – Proálcool. Tal programa foi um marco do incentivo governamental à atividade, estimulando a produção do etanol, tendo sua ênfase no aumento da produção agrícola, ampliação das destilarias existentes e na instalação de novas unidades produtoras. (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2011, MUSSATO et al. 2010; PEREIRA et al. 2012; GREMAUD; VASCONCELLOS; TONETO, 2005) (Figura 11). Inicialmente, o consumo era restrito ao etanol anidro adicionado à gasolina e, a partir da década de 1980, com a produção de motores movidos exclusivamente a etanol (hidratado) a demanda teve um grande salto (BASTOS, 2007).

²² Condições favoráveis de solo e clima.

Figura 11. Marcos econômicos da história do etanol de cana-de-açúcar.
Fonte: BASTOS (2007).

Na época, como 90% da gasolina consumida era importada, o Proálcool procurou intensificar a produção do bioetanol para substituição dos combustíveis fósseis. Para tal finalidade, o programa estabelecia a mistura obrigatória do etanol à gasolina (cerca de 20% na época) e fixação do preço da gasolina, conferindo vantagem competitiva ao etanol, além de empréstimos com juros baixos para construção de novas unidades e da propaganda oficial para estimular o uso do produto.

Com a segunda crise do Petróleo, a atividade passa a ganhar mais notoriedade dentro do cenário energético nacional, com regulação de preços pelo Instituto de Açúcar e Alcool – IAA, incentivos à instalação de destilarias produtoras de etanol bem como à venda de carros movidos a etanol. Em 1989 75% dos automóveis vendidos eram à base de etanol. (ANFAVEA, 2007)

Contudo, após a década de 1980, o setor passou por um longo período de redução da produção do etanol, devido à redução dos preços do petróleo. Logo, houve a queda dos preços do etanol, bem como a elevação dos preços internacionais do açúcar, levando a atividade sucroalcooleira novamente para um cenário agroexportador de *commodities*. A escassez do etanol, devido à queda na produção, somada as tendências de mercado durante a década de 1990, culminaram com a extinção do IAA e início do processo de desregulamentação²³ do setor sucroalcooleiro (VIAN, 2003).

²³ O processo ficou conhecido como a retirada da postura de estado-regulador que perdurou desde os anos 1930 até o final do século. O mesmo se dava através de políticas de controle por meio da implementação de

Na década de 2000, tal quadro voltou a mudar. Preocupações com o esgotamento das fontes de energia não renováveis, somadas aos impactos provenientes de sua utilização, a desregulamentação do setor ocorrida anos anteriores e o surgimento dos veículos bicom bustíveis, fizeram com que o etanol se consolidasse como uma alternativa atrativa, especialmente em substituição à gasolina.

Atualmente, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores do Brasil (ANFAVEA), 79% do total de automóveis comercializados no Brasil são *flex*²⁴ (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de automóveis por combustível – 2000/2013.

Ano	Total de Autoveículos			
	Gasolina	Etanol	Flex Fuel	Diesel
2000	1,471,166	10,106		209,968
2001	1,615,498	19,032		182,586
2002	1,576,418	56,594		158,518
2003	1,561,285	34,919	49,264	182,323
2004	1,682,167	51,012	332,507	251,541
2005	1,333,221	29,402	880,941	286,685
2006	977,134	356	1,392,055	242,784
2007	767,368		1,936,931	275,864
2008	633,966		2,234,648	338,767
2009	385,756		2,541,153	256,573
2010	660,182		2,627,111	359,255
2011	469,448		2,550,875	422,464
2012	398,317		2,732,060	300,227
2013	387,160		2,950,611	398,858

Fonte: ANFAVEA (2014).

A expansão na produção de veículos *flex*, acarretou o aumento da demanda pelo combustível etanol. Este cenário não se limitou ao mercado nacional. A indústria canavieira brasileira passou por um forte ciclo de expansão nos anos 2000 o que a levou a almejar o mercado externo (Tabela 3).

Tabela 3. Exportação Anual de etanol - Brasil

Safra-Ano	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015*
Mil litros	1.905.621	1.892.026	3.482.800	2.605.640	276.708

* Valores atualizados até maio/2014.

Fonte: UNICA (2015b).

Apesar de toda sua abrangência econômica e sua importância, atualmente o setor tem apresentado certo pessimismo em relação ao mercado de etanol. Na verdade, pode-se observar

mecanismos que gerenciavam aspectos econômicos da atividade, tais como: volume de produção de cana-de-açúcar, preços praticados, percentual destinado à produção de álcool e açúcar, dentre outros (VIAN, 2003).

²⁴ Veículos movidos tanto a etanol quanto a gasolina.

o quadro histórico com certa instabilidade econômica ao longo de seu desenvolvimento, devido às crises cíclicas envolvendo cenários de superprodução e depreciação de preços, agravadas por crises econômicas mundiais, concorrências externas, dentre outras (CERQUEIRA LEITE, 2010).

A Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, em seu relatório anual, explica que a situação atual se agravou devido às estiagens e temperaturas altas que tem ocorrido desde dezembro de 2013, na maior parte da região produtora do Centro-Sul, que têm impactado a produtividade das safras desde então (Figura 12), pois afeta o desenvolvimento vegetativo da cultura (CONAB, 2014).

Figura 12. Condição hídrica geral para o cultivo da cana-de-açúcar (safra 2014/15) nos principais estados produtores do Brasil, considerando o período de dezembro/2013 a novembro/2014.
Fonte: CONAB (2014).

Segundo a CONAB, dadas estas condições, a produtividade nacional deve sofrer uma queda de 2,5% em relação à safra 2013/2014. Essa situação só não é mais grave porque houve um leve aumento na área plantada no país (2,2%), caso contrário, a queda na produtividade teria sido de 4,6% (Figura 13) (CONAB, 2014).

Figura 13. Variação percentual acumulada em relação à safra anterior – Brasil.
Fonte: CONAB (2014).

Eventos como os incentivos ao consumo de veículos, promovidos pela política econômica governamental para combater a crise econômica de 2008, através do aquecimento da economia do setor automobilístico²⁵, fizeram com que o setor sucroalcooleiro tivesse incentivos para crescimento nas áreas plantadas e no agregado da produção. Aliado a este incentivo, a desaceleração econômica mundial observada na época, ocasionou uma redução da demanda internacional de açúcar, sendo este excedente produtivo canalizado para o etanol.

Condições econômicas e climáticas favoráveis à atividade até 2009 e a expectativa de expansão de consumo, especialmente pelas elevadas vendas de veículos *flex* fizeram com que, desde então, a produção se elevasse. Entretanto, como é possível observar na Figura 12, as condições climáticas adversas produziram uma redução da produtividade entre as safras de 2010/11 e 2012/13 em relação à safra 2009/10 (Figura 13).

Esta perda produtiva acentuada aconteceu principalmente na Região Centro Sul, diferentemente da situação da safra na Região Norte/Nordeste a qual, depois de passar por uma forte seca entre 2012 e 2014, teve um aumento de produtividade de 4,4% em relação à safra anterior 2013/14, mesmo com queda da área planta de 4,6%.

Ao desconsiderar esta redução em área, a produtividade seria de 9,5%. Logo, a produtividade da cana-de-açúcar final do país esperada para a safra 2014/15 é de 71,308

²⁵ Período em que vigorou política de redução e até mesmo isenção de IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados para veículos, bem como expansão de créditos para consumo de tais produtos.

kg/ha, queda próxima de 4,6% em relação às 74.769 kg/ha registradas na safra 2013/14 (CONAB, 2014).

Deste ponto, a estimativa da UNICA (2015), de aumento de 2,53% na produção de etanol, e a queda da produtividade prevista pela CONAB (2014) são explicados pelo fato de esperar-se um aumento da produção de etanol, dada as condicionantes do mercado (aumento da demanda pelo aumento do número de veículos *flex*), e esperar-se, entretanto, uma queda da produtividade (relação insumo/produto) da cana-de-açúcar, dada as condicionantes climáticas, sendo tal variação abrandada pelo leve aumento da área plantada.

A conjuntura do setor não se resume aos índices de produtividade. Sua complexidade é proveniente de muitas outras questões. Farina²⁶ (2014) explica, por exemplo, que o controle de preço dos combustíveis, com objetivo de controle inflacionário, tem desorganizado o setor que vinha com um investimento muito forte até a crise de 2008. Ainda, a mesma autora afirma que, com a gasolina desonerada de tributação, a energia renovável teve perda de competitividade no mercado.

Da mesma maneira vale ressaltar que não existe regulação de preços para o álcool (hidratado ou anidro) nas fases de produção, distribuição e revenda, sendo o preço determinado pela oferta e demanda (BRASIL, 2007). Este quadro de regulamentação de preços de petróleo e uso de tais preços para combate inflacionário, políticas econômicas voltadas ao incentivo de combustíveis fósseis (notadamente pré-sal) e a desregulamentação de preços de etanol (produto substituto), têm produzido desequilíbrios que reduziram a competitividade do etanol enquanto produto energético, prejudicando assim toda a sua cadeia produtiva.

Duarte (2013) apresenta o discurso de vários atores envolvidos no setor sucroenergético desde a crise internacional de 2008. Dentre os principais fatores desfavoráveis ao desenvolvimento do setor, na opinião dos entrevistados por Duarte, estariam: (i) a fraca regulação dos preços dos combustíveis no Brasil; (ii) ausência de uma política de longo prazo para combustíveis, (iii) Mudanças efetivas na estrutura tributária que reconheçam os benefícios econômicos, ambientais e de saúde pública do etanol para a sociedade, em especial com a redução do ICMS do etanol, (iv) Melhoria da infraestrutura e do sistema de abastecimento; (v) Investimentos da ordem de R\$130 bilhões em novas usinas para atender a demanda de 1,2 bilhão de toneladas de cana-de-açúcar até 2020.

²⁶ Elizabeth Farina é doutora na área de economia e foi presidente do Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), ligado ao Ministério da Justiça, de 2004 a 2008. Atualmente uma de suas funções é a de ser presidente da UNICA (União da Indústria da cana-de-açúcar).

4.1.2 Subsistema Ambiental: As consequências socioambientais da produção e consumo de etanol.

Uma gama de publicações produzidas por agências governamentais, comunidade científica, organizações não governamentais e agências internacionais, tem procurado identificar soluções para as questões de sustentabilidade na área de biocombustíveis. De acordo com Mangoyana, Smith e Simpson (2013), estas publicações compartilham o consenso de que os sistemas de biocombustíveis são sistemas complexos (interação homem-natureza) e que, desta forma, se faz necessária uma abordagem holística que integre as questões sociais, econômicas e ambientais para determinar a sustentabilidade do sistema de biocombustíveis.

Os principais problemas discutidos são referentes ao modelo de produção, baseado no uso intensivo do solo e dos recursos naturais, a exploração da mão de obra com situação precária de trabalho e a ampliação da monocultura (OMETTO; MANGABEIRA; HOTT, 2005; SMEETS et al., 2008).

No que tange a dimensão ambiental, Pereira e Ortega (2010) afirmam que a produção do etanol está associada ao consumo significativo de recursos naturais, o que ocasiona grande impacto ambiental a nível local e regional. Neste caso, em especial, o uso de agroquímicos é o principal desafio, pois são utilizados em quantidade excessiva, principalmente os fertilizantes (nitrogênio, fósforo e potássio), que podem ser encontrados na água subterrânea devido à lixiviação, em solos submetidos ao plantio contínuo (OLIVEIRA, et al., 2002). Portanto, a utilização correta destes deve considerar critérios adequados de aplicação, quantidade, tipo de solo, regime pluviométrico da região, entre outros, de forma a minimizar os impactos e efeitos adversos nos recursos hídricos.

Donzelli (2005) evidencia que a intensidade do uso de fertilizantes por esta monocultura tem ocupado o quarto lugar em comparação a outras dez culturas com área acima de 1 milhão de hectares. Do ponto de vista ambiental e econômico, o uso controlado do vinhoto e da torta de filtro²⁷ como fertilizante, é uma boa prática na cultura da cana, pois além de permitir a reciclagem de alguns resíduos industriais, reduz a demanda hídrica para irrigação e diminui o uso e custos de fertilizantes (CGEE, 2009).

O emprego do vinhoto, entretanto, deve respeitar as características do solo no qual é aplicado e a localização das nascentes d'água, devido as suas características enquanto efluente com a maior carga poluidora da indústria sucroalcooleira. Já a perda por erosão nos solos

²⁷ O vinhoto (efluente líquido) e a torta de filtro (resíduo) são subprodutos orgânicos provenientes do ciclo produtivo do etanol de cana-de-açúcar.

cultivados pela cana não se apresenta tão preocupante para tal monocultura, desde que práticas corretas de uso e preservação do solo sejam empregadas. Particularmente, em relação à mudança e uso do solo destacam-se, a descaracterização do ambiente natural, a partir da remoção da vegetação primitiva, e a importância de reconstituição das áreas de preservação permanente, especialmente as matas ciliares (WWF, 2008).

Outro problema é a compactação do solo, decorrente da mecanização da agricultura, deslocamento de equipamentos e veículos pesados sobre solos estruturados, o que resulta em sua deformação e compactação (WWF, 2008). O problema é agravado ao se considerar que as operações de manejo para remediar estes efeitos demandarão novos investimentos, maquinário e combustível, o que ainda aumenta os custos de produção; bem como emissão de poluentes atmosféricos.

Ao se falar da atmosfera, a mídia e o marketing empresarial colocam o etanol como tendo um potencial mitigador da emissão de gases de efeito estufa (GEE), capaz de reduzir as emissões líquidas de CO₂ ao substituir a gasolina.

Entretanto, esta característica benéfica ainda é muito discutida, uma vez que na produção e consumo do etanol, outros GEEs estão relacionados. Na fase da produção, por exemplo, os insumos utilizados, tais como fertilizantes nitrogenados ou até mesmo a torta de filtro, contribuem para a poluição por GEEs. Deve-se também considerar o uso de combustíveis fósseis pelos maquinários agrícolas, o impacto do carbono sequestrado do solo, quando comparado com a vegetação nativa substituída, as queimadas, dentre outros (PEREIRA; ORTEGA, 2010; SOARES et al., 2009). A queima da cana-de-açúcar também provoca danos, não só para o meio ambiente, mas também para a saúde humana, pois os materiais particulados que são liberados podem atingir nocivamente os pulmões. (CINTRA; ANDRADE; ALVES, 2004).

Em outra esfera está o aumento exponencial da quantidade de veículos utilizados, fazendo com que sua tecnologia, por menos prejudicial que seja, não consiga evitar impactos negativos cumulativos. Outra ressalva importante, é que a produção do etanol apresenta uma demanda hídrica bastante significativa durante a fase industrial, podendo trazer prejuízos acentuados às regiões com disponibilidade hídrica deficiente. (GOMES; ARAÚJO, 2009).

Logo, estas e outras questões fundamentais devem ser analisadas quanto à substituição dos combustíveis fósseis pelos biocombustíveis. Esta substituição pode ser mais ou menos benéfica em função dos recursos e métodos empregados na produção e consumo do etanol. A Figura 14 exemplifica os principais aspectos e impactos negativos gerados pela cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar. Além do mais, as cadeias de produção e consumo do

etanol de cana-de-açúcar não têm sido as únicas a terem pontos questionados. A expansão da monocultura, também pode causar a redução de terra arável para a produção de culturas alimentares, a concorrência com a pecuária, um excesso de apropriação dos ecossistemas, dentre outros, ameaçando a preservação da biodiversidade e a fertilidade do solo (GOMIERO; PAOLETTI; PIMENTEL, 2010).

Figura 14. Exemplos dos aspectos e impactos negativos mais significativos do processo produtivo do etanol. Fonte: WWF (2008).

Em levantamento realizado pela WWF (2008), constatou-se uma redução bastante acentuada de áreas de preservação permanente e um crescente desrespeito ao Código Florestal, no que tange as áreas de reserva legal, além de citar estudos que apontam que a cultura de cana vem ocupando áreas prioritárias para conservação e uso sustentável do Cerrado, consequentemente ameaçando a biodiversidade local em regiões dos estados de MG, SP, MT, MS e GO (Figura 15).

A dimensão social também é atingida pela expansão da área de cultivo da cana. As áreas ocupadas reduzem a produção de subsistência e assim os trabalhadores acabam buscando outras formas de trabalho, já não mais no campo, podendo morar nas periferias das cidades da região, gerando potenciais problemas sociais. Isto somado a diminuição de produção local de alimentos gera impacto na segurança alimentar regional (MACEDO, 2007;

WWF, 2008). Ainda, mesmo quando estas pessoas continuam no campo e se envolvem com a produção e colheitas da monocultura acabam, muitas vezes, recebendo salários considerados insuficientes para suprir as necessidades básicas²⁸ de uma pessoa, o que contribui de forma direta para a perda de qualidade de vida.

Figura 15. Área cultivada com cana-de-açúcar distribuída nos diferentes biomas e novas usinas de produção de açúcar e álcool (em construção e em estudo).
Fonte: WWF (2008).

Além deste problema social, muitos outros são citados por pesquisas que analisam a produção do etanol sob esta dimensão, tais como: o trabalho informal, sem o devido registro trabalhista, a condição precária do trabalho manual com carga exaustiva de horas na colheita da cultura, a incidência de problemas respiratórios causados pela fuligem das queimadas de preparação do solo, exploração de trabalho infantil entre as idades de 10 a 17 anos, entre outros (GALLARDO; BOND, 2011; SMEETS et al., 2008).

Soma-se a estes problemas a migração de milhares de trabalhadores para as regiões de expansão da cultura (MORAES, 2007). Apesar da demanda de mão de obra para o ciclo

²⁸ De acordo com a Constituição Brasileira são consideradas necessidades básicas e vitais, a moradia, o alimento, instrução, saúde, lazer, roupa, higiene, transporte, segurança (capítulo II, direitos sociais, artigo 7).

produtivo (plantio e colheita) estar em modificação, devido à mecanização da atividade – em decorrência principalmente das restrições da queima da cana por força da lei – ainda é muito representativa nos dias atuais.

Por outro lado, a mecanização também traz seu desafio para dimensão social: o de criar postos de trabalho para a mão de obra excedente, o que demanda do Estado uma atenção especial para planejar a realocação desses trabalhadores. A Tabela 4 tenta representar estes efeitos, por meio de indicadores que exemplificam a redução de empregados no setor no estado de São Paulo.

Tabela 4. Estimativas da redução do número de empregados dos setores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool no Estado de São Paulo.

	2006/07	2010/11	2015/16	2020/21
Produção cana-de-açúcar (milhos t)	299	370	457	544
Área colheita mecânica	40%	70%	100%	100%
Número empregados (mil empregados)				
Colheita manual	189,6	107,4	0	0
Colheita mecânica	15,5	30,8	59,5	70,8
Indústria	55,3	62,6	68,3	75,3
Total (mil empregados)	260,4	200,8	127,8	146,1

Fonte: Moraes (2007).

A tabela mostra uma estimativa de que até o ano de 2016 haverá um balanço negativo de 130 mil postos de trabalho no setor canavieiro do estado. O que não deve ser negligenciado é o fato de que as inovações tecnológicas mecânicas requerem maior grau de especialização dos trabalhadores (MORAES, 2007), o que potencializa problemas sociais.

Além destes efeitos socioambientais, Gomiero, Paoletti e Pimentel (2010) advertem sobre outras consequências sociais, as quais podem incidir sobre: (1) segurança alimentar, levando a um aumento do preço do alimento de base, (2) corporações transnacionais e grandes proprietários instituindo cada vez mais conflitos com áreas indígenas e de subsistência dos pequenos agricultores. Não obstante, Hoefnagels, Smeets e Faaij (2010), explicam que antes mesmo destes pontos serem questionados e debatidos muitos outros devem ser investigados já que uma grande variação no desempenho pode ser encontrada para o mesmo tipo de biocombustível, dependendo dos solos de referência, local de cultivo, rendimento das culturas e sobre os procedimentos de alocação utilizados para os subprodutos.

Tudo isto, somado ao contínuo aumento da população mundial, provocaria da mesma maneira um aumento na competição por recursos naturais entre as demandas econômicas, associadas à agricultura, ao contexto urbano, e ao industrialismo. Isto implica um impacto,

por exemplo, sobre a disponibilidade de água para a produção de alimentos e bioenergia (STONE; HUNT; CANTRELL, 2010; HUFFAKER, 2010). Ou seja, um ciclo de impactos e relações que representam claramente um sistema maior com todos seus componentes se relacionando e afetando uns aos outros.

A preocupação se torna muito maior, quando o sistema é visto de uma forma mais ampla. Em outras palavras, quando o sistema em foco acaba por se tornar um subsistema de outra perspectiva. Por exemplo, a disponibilidade hídrica associada às mudanças climáticas, em que temperaturas mais elevadas e menos precipitações aumentaria a necessidade de irrigação. No entanto, qualquer aumento na irrigação para se adaptar a mudança climática seria restringido pela disponibilidade de água. Apesar do uso da irrigação no Brasil para a produção de cana ser geralmente baixo, a crescente demanda por etanol pode consequentemente expandir a produção da monocultura para as regiões onde a irrigação seria complementar à precipitação (GOMES; FERNANDES; MAUD, 2013). Logo, a amplitude do problema a ser analisado interfere na avaliação da atividade que se busca sustentar, pois a longo prazo e em maior magnitude de análise, se percebe que a complexidade e integração se tornam maiores e mais inter-relacionadas.

Gallardo e Bond (2011) apresentam um estudo que lista os temas e impactos mais destacados pela literatura na discussão sobre a sustentabilidade da produção do biocombustível etanol. Pode-se observar que mesmo com possibilidade de separá-los e descrevê-los em uma pesquisa, na realidade se tornaria bastante difícil concordar com as separações por temas, devido às interdependências que existem entre os subsistemas e seus componentes (Figura 16).

Environmental	Water resources (1)	The processes to convert cane into ethanol require large amounts of water, as shown in Table 4. The total use of water was calculated to be 21 m ³ /t of cane in 1997, but since this date, studies to promote lower use of water have been suggested, for this sector, a goal of 1 m ³ /t of cane and zero effluent release rates Elia Neto (2008) .
	Water and soil pollution (2)	During the process of cropping sugarcane and producing ethanol, water and soil pollution can be caused by organic pollutants, of which the major wastewater flow is vinasse, and inorganic substances that can cause damage to soil and water similar to pesticides and fertilizers.
	Residues (3)	Many types of residues are produced by the sugarcane industry, such as bagasse, straw and filter cake. As shown in Table 4, bagasse is generated in enormous quantities.
	Soil erosion (4)	According to Smeets et al. (2006) , soil erosion in sugarcane crops is generally limited compared to conventional agricultural harvest, however soil losses for sugarcane may vary dramatically from 0.1 t/ha/y to 109 t/ha/y, depending on many factors such as the angle of slope, the annual rainfall, the management and harvesting system.
	Land use change, deforestation and biodiversity (5)	In the State of São Paulo the occurrence of direct impacts of sugarcane crops on biodiversity is limited. In recent years the expansion of this sector has mainly replaced pastures and/or food crops and sugarcane production operates far from the major biomes in Brazil, such as the Amazon rainforest, Cerrado, Atlantic Forest and Pantanal among others. Von Glehn (2008) has analyzed the expansion of sugarcane crops and contends that there is no replacement of native forest by this crop, except in very specific situations. However the author identifies some main conflicts that threaten biodiversity where crops are grown in biodiversity conservation hotspots.
	Air emissions (6)	The impacts associated with air emissions caused by sugarcane burning will be significantly reduced due to legislation, established in 2003, that forbids this practice for areas that use mechanical harvesting from 2021, and for areas that use non-mechanical harvesting from 2031. This scenario can be improved by an adherence to the Green Protocol. There are impacts associated with the co-generation of heat and electricity. According to Costa (2008) , the levels of some substances, such as, NOx and particulate material are near to the limits allowed and in some situations exceed them.
	Energy balance and GHG (7)	Despite some doubts about addressing indirect land-use change in the analysis of energy balance and greenhouse gas (Renewable Fuels Agency, 2008), the ethanol from sugarcane is recognized as one of the best options to reduce emissions of greenhouse gas compared to petrol fuel (Luo et al. 2009). The energy balance is highly positive if compared to the petrol industry (Macedo 2005; Rodrigues and Ortiz, 2006). Although, according to Smeets et al. (2006) only a few estimates of GHG and energy balances from Brazilian sugarcane production are found in the available literature.
Social	Food security (8)	This is a very controversial issue related to Brazilian sugarcane crops. According to Rodrigues and Ortiz (2006) , after an examination of the agricultural crops production in Brazil in recent years, sugarcane crops directly influence and impose restrictions upon the production of food crops, in both the State of São Paulo and surrounding Brazilian states. According to Smeets et al. (2006) the impact of increasing sugarcane production can be avoided in certain cases where efficiency in food production is pursued. According to Goldemberg et al. (2008b) sugarcane expansion during the period 2002–2006 occurred in São Paulo mainly on land previously used for cattle ranching, thus not pressuring food crops.
	Labour conditions and workers rights (9)	According to Smeets et al. (2006) , the main problem with respect to labour conditions is related to manual cane harvesting. Mechanical harvesting is presently used as a standard for productivity. The workload per manual worker has increased from 6 t/d in the 1980s, to 10 t/d in the 90s and currently workers actually need to cut between 12 and 15 t/d in regions where this machine productivity standard is applied. Owing to the targets for cane cutting, only a small number of women work in sugarcane cutting and there are problems for migrant and temporary workers as well when they fail to reach this aforementioned target. Although the Brazilian Government has signed ILO's (International Labor Organization) recommendations (which forbid the endangerment of child labour and define the minimum working age as 18 for jobs considered rigorous), some workers rights violations have been reported including in the State of São Paulo (Goldemberg et al. 2008b). In contrast to this, in 2003 the rate of regular jobs in sugarcane production (agriculture) represented 88% of all agricultural jobs in the State of São Paulo (Smeets et al. 2006).
	Social Responsibility and Benefits (10)	The ethanol production sector maintains more than 600 schools, 200 nursery centres and 300 day care units and other kinds of benefits but there is a scarcity of information about the absolute life conditions of the workers in the sugarcane and ethanol industry (Smeets et al. 2006). The situation presents a paradox because at the same time as the industry creates jobs, services and benefits such as housing, schools, a health system, it can also cause overpopulation and its related problems in cities nearest to the crop operations.
Economic	Jobs, wages, income distribution and land ownership (11)	According to Goldemberg et al. (2008b) regarding job creation, for every 300 million t of sugarcane produced, approximately 700 000 jobs are created. In 2005, most of the job expansion in the State of São Paulo was due to the ethanol sector that represents 75% of the new jobs. In the Central–Southern region, the income of people working in sugarcane crops is higher than in coffee, citrus and corn crops, but lower than in soybean crops. The workers in the São Paulo State receive, on average, wages that are 80% higher than those of workers holding other agricultural jobs (Macedo, 2005). For the State of São Paulo, Macedo (2005) and Smeets et al. (2006) state that about 25% of sugarcane is produced by independent, relatively small farmers who sell their production to the mills. The remaining part is produced on lands either owned or rented by the mills owners.

Figura 16. Principais impactos relacionados a expansão e produção do etanol, destacados na literatura.
Fonte: Gallardo e Bond (p. 267, 2011).

4.1.3 Subsistema Político: Políticas Públicas e o contexto sucroenergético.

Um modelo de desenvolvimento energético sustentável é um desafio para governos de qualquer parte do mundo. Faz-se necessário alto investimento em pesquisas, tecnologias,

disponibilidade de recursos, estratégias de longo prazo, a consideração de questões ambientais, e de eficiência energética, de aumento de demanda, entre muitas outras coisas e, tudo isso deve ser voltado a um desenvolvimento continuado e sustentável às necessidades da sociedade atual e futura.

No que tange aos biocombustíveis, seu destaque como melhor alternativa para um desenvolvimento energético sustentável, se iniciou a partir das discussões mundiais sobre o aquecimento global e proteção ao meio ambiente, uma vez que uma matriz energética dependente de combustíveis fósseis segue o caminho oposto à amenização da crise energética e socioambiental atual. Sendo assim, a importância de políticas públicas que estimulem e regulem de forma adequada o desenvolvimento do setor energético se tornam essenciais. Antes de tudo, se faz necessário atentar que as políticas públicas não devem ser compreendidas como simplesmente uma intervenção estatal em uma situação que a sociedade entenda como problemática. O conceito de políticas públicas é muito maior. A política pública²⁹ resulta de uma interação complexa entre o Estado e sociedade. As políticas públicas são motivadas por valores, demandas e princípios presentes na sociedade em determinado período e podem ser materializadas por leis, normativas, planos, programas e projetos (FERNANDES; SANT'ANNA, 2007).

As políticas que têm abordado com maior frequência o tema dos biocombustíveis no cenário político mundial são energéticas e as agrícolas (WHITAKER et al., 2010). Por outro lado, muitas outras políticas, apesar de objetivos particulares, permeiam o tema, já que os assuntos sobre a produção e utilização dos biocombustíveis são bastante abrangentes. Por exemplo, as políticas energéticas têm maiores preocupações sobre a sustentabilidade dos sistemas energéticos renováveis, em especial sobre as metas de produção. Diferente da política agrícola, a qual deveria ter um foco maior sobre a influência da produção energética em relação aos preços dos alimentos e a competição por terras agrícolas (SMYTH et al., 2010).

Logo, evidencia-se que um tema como os biocombustíveis afetam não somente políticas específicas, mas sim permeia diferentes áreas políticas da mesma forma que é influenciado por outras questões, tais como emissões de GEEs, gestão de resíduos,

²⁹Essa forma de visualizar o conceito começou a ganhar força a partir da metade do século XX, particularmente após a Segunda Guerra Mundial, juntamente com o conceito de democracia. Até então só haviam as políticas de Estado e as políticas de governo, sendo a principal diferença entre estas duas a forte institucionalização e permanência da primeira, mesmo com a troca de governo. Ao contrário do segundo conceito, que representa uma durabilidade menor atrelada à projetos de governo. Ambas, políticas de Estado e Políticas de Governo podem ser vistas como políticas públicas, desde que estas surjam da sociedade, das suas necessidades e interesses, garantindo assim a participação da sociedade como agente político (HEIDEMANN, 2009).

assim resultar na conversão de ecossistemas naturais, bem como o deslocamento de pequenos agricultores. Logo a incoerência entre políticas além de não proteger os recursos naturais, também não protege os pequenos proprietários e estes perderiam suas propriedades para grandes detentores.

Para Bursztyn (2001), entretanto, a questão não seria tal generalizada, mas sim com fragilidade a respeito da legislação socioambiental. Na opinião deste autor, as políticas públicas indutoras de comportamentos coerentes com o imperativo da qualidade ambiental seriam um importante vetor de apoio ao desenvolvimento sustentável. Sendo assim, o autor explica que, o Estado precisa atuar por meio de instrumentos econômicos, normativos e mecanismos contratuais, possibilitando assim uma função pública de mediação de interesses.

De tal modo, a ausência de transparência de governos no direcionamento das políticas públicas tem sido um problema, principalmente para o próprio setor sucroenergético brasileiro, que tem sofrido questionamento sobre que tem sido e o que será feito para que o etanol seja uma energia sustentável (GOLDEMBERG E MOREIRA, 2005, FARINA, 2014). Isto porque a produção em grande escala e a expansão da atividade sucroenergética têm sofrido indagações da comunidade nacional e internacional acerca de sua sustentabilidade. Diversos estudos sobre o modelo produtivo do etanol de cana-de-açúcar têm analisado os impactos negativos do cultivo e da produção industrial, colocando como duvidosa a viabilidade do produto enquanto fonte sustentável de energia.

Neste sentido, vem em destaque o papel dos governos, com a tarefa de não se restringir somente ao gerenciamento da expansão da monocultura, mas de adicionar o interesse da sociedade em suas estratégias e decisões políticas, uma vez que este interesse nem sempre está em concordância com o setor privado que investe no setor.

Já Goldemberg e Moreira (2005) pontuam que o planejamento das atividades energéticas, no Brasil, atualmente, sente a necessidade da presença do Governo (Quadro 6), pois este tem sido geralmente implementado pela iniciativa privada.

A Importância do Governo no Planejamento Energético está em:
1. Atender a demanda da sociedade por mais e melhores serviços de energia;
2. Estimular a participação de fontes energéticas sustentáveis e duradouras;
3. Priorizar o uso eficiente da energia para liberar capital aos setores mais produtivos da economia e preservar o meio ambiente;
4. Utilizar o investimento em energia como fonte de geração de empregos e de estímulo à indústria nacional;
5. Incorporar à matriz energética insumos importados quando isso resultar em vantagens comerciais e sociais ao país, inclusive através da abertura de exportação de produtos e serviços e;
6. Produzir energia de diversas fontes, reduzindo o risco da eventual escassez de algumas delas de forma compatível com as reservas disponíveis no país.

Quadro 6. O Papel do Governo no planejamento estratégico do setor energético.

Fonte: Goldemberg e Moreira (2005).

Uma das maiores críticas dos autores é sobre a necessidade de definir políticas energéticas mais agressivas, em especial a exportação, já que para produzir energia de biomassa a preços competitivos são necessárias algumas condições naturais mínimas, as quais limitam a produção em grande escala em muitos países, e que se mostra uma vantagem para o Brasil.

Todas as considerações apresentadas até o momento induzem ao entendimento de que as políticas públicas precisam nortear o setor considerando toda a sua complexidade e a complexidade das relações com outros setores, o que se pressupõe que não esteja acontecendo. Para suportar tal hipótese pode-se citar a análise de Walker (2011) na qual as políticas públicas relacionadas à segurança alimentar e produção agrícola no Brasil, não tratam das causas estruturais da fome, da exclusão social gerada pela concorrência de mercado desigual e pouco sobre uma significativa reforma agrária que garanta uma estrutura fundiária mais igualitária. De acordo com o autor, a visão sistêmica dos vários problemas envoltos no tema energia, tal como a produção do etanol, necessita considerar tais pontos além do que indicar a elaboração de outras políticas públicas, tal como políticas de geração de emprego e renda para a agricultura familiar, com direcionamento sobre o desenvolvimento adequado e efetivo, mediante financiamento e apoio técnico, por exemplo.

Percebe-se um intervencionismo estatal na atividade sucroalcooleira desde o início de seu histórico. Para que haja concordância sobre tal afirmação se faz necessário explicar o histórico político do setor no país, o qual tem ligação intrínseca com a economia, isto devido ao sistemismo das dimensões (política e econômica), dos subsistemas do contexto do etanol. Logo, a perspectiva apresentada a seguir faz muitas vezes referência aos fatos e dados apresentados na seção anterior, porém com o objetivo de análise voltado as influências dos pontos políticos, dentro do sistema maior em discussão.

A primeira fase política importante para o setor sucroenergético se deu na década de 1930. Apesar de não haver uma política agrícola fundamentada já havia a intervenção do governo no incentivo e na regulação do mercado de açúcar e álcool por meio de cotas de produção. Para isso foi criado o Instituto do Açúcar e Alcool (IAA) em 1933 (WATANABE, 2001).

Entre 1950-1960 houve uma expansão no setor com o aumento da demanda do açúcar e o início das exportações, e em especial devido a criação do Plano de Melhoramento da Agroindústria Açucareira com seu foco na disponibilização de créditos rurais. Na década de 1970 outros programas também estimularam a produção do setor, sendo estes o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar (Planalsucar), o Programa de Racionalização

da Indústria Canavieira, o Programa de Apoio à Indústria Açucareira e o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), este último voltado em especial ao desenvolvimento do combustível etanol (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991; WATANABE, 2001).

Esses programas foram formulados e estabelecidos com o intuito de expandir a capacidade produtora do setor, considerando as oscilações nas demandas dos produtos provenientes da cana-de-açúcar, sendo estes o açúcar e o álcool, tendo até então o Estado como o agente mais importante dentre os atores do setor, com o papel de regulador e incentivador. Estes programas levaram a uma rápida expansão da produção de etanol combustível.

Nessa mesma década, devido principalmente à crise do petróleo e com intuito de atender a demanda energética crescente a um custo baixo, o Brasil iniciou o planejamento energético voltado a todas as fontes energéticas disponíveis em escala nacional, tais como carvão mineral e vegetal, gás natural, hidroeletricidade e cana-de-açúcar (BRASIL, 2008).

Porém, na segunda metade dos anos 1980, houve uma crise no setor com ênfase na produção do produto etanol. Isto devido a vários fatores: redução do preço internacional do petróleo, alta no preço do açúcar no cenário internacional, aumento da entrada de carros importados à base de gasolina, crise econômica e fiscal do Estado devido à escassez de recursos públicos, e com isso, a desativação de alguns programas governamentais de apoio ao setor e a indicação da falta de regulamentação estatal para o setor (MELLO; PAULILLO, 2005).

Nos anos seguintes, início da década de 1990 o Estado diminui sua participação em vários setores produtivos por meio de privatizações e simplificação de regras de comercialização em função de uma política neoliberal impulsionada pelo processo de globalização.

No que se refere ao setor sucroalcooleiro houve a retirada do Estado no controle sobre o mesmo com a liberação das exportações, a extinção do IAA e ausência no estabelecimento de preços dos produtos, sendo conhecido como o período de desregulamentação do setor. Esse fato levou alguns atores, tais como produtores, a se organizarem para o estabelecimento de regras e preços no processo de comercialização.

Mesmo sem o papel central de regulador, o Estado, nesse período, implementou duas medidas importantes para o incentivo e organização do setor. Uma delas foi a determinação da inserção do álcool anidro à gasolina em 15% e 22% na composição da mistura o que incentivou a produção. A outra foi a liberação dos preços dos produtos do setor por meio da Portaria n.64 do Ministério da Fazenda, contudo a definição do preço do etanol teria como

base o preço final da produção, trazendo certa garantia e segurança econômica (MELLO; PAULILLO, 2005; WATANABE, 2011).

Ainda nos anos 90, além da redução do controle estatal houve um processo de diferenciação técnica e de produto. Por este motivo Vian e Belik (2003) explicam que não se podia dizer que havia um “Complexo Canavieiro”, mas sim uma divisão de grupos heterogêneos devido a diversidade de escala de produção, de mix de produtos e das formas de comercialização. Devido a isso, os mesmos autores afirmam que, neste período, houve dificuldades na implementação de políticas gerais que permitissem conciliar a competitividade, a preservação ambiental e a geração de empregos, tendo em vista as diferentes estratégias adotadas pelos agentes envolvidos. Além disso, os atores que formavam a rede do setor estavam fragmentados, divididos em grupos, sendo que alguns se posicionavam a favor da desregulamentação do setor enquanto outros eram contra (MELLO; PAULILLO, 2005; VIAN; BELIK, 2003).

Por outro lado, o movimento em busca do desenvolvimento sustentável ganha força, com destaque a preocupação com os impactos causados pelo GEEs (gases de efeito estufa). A partir de então, as nações começaram a instituir políticas sobre mudanças climáticas (FERRACIOLI; JACOMINI; MARQUES, 2013).

Em 1997, cria-se o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), e também a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) no Brasil, com a incorporação do tema biocombustíveis no planejamento energético.

No mesmo ano, surge a União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA), com o intuito de unificar as ações amenizando a fragmentação do setor. Logo, a UNICA se tornou a maior organização representativa do setor de açúcar e bioetanol do Brasil. O seu papel de destaque, não impediu a existência de alguns atores divergentes as visões da UNICA e, portanto, houve também a criação da Coligação das Entidades Produtoras de Açúcar e Álcool (CEPAAL), por meio daqueles que lutavam pela manutenção da intervenção do Estado no setor (MELLO; PAULILLO, 2005). Em 2002, o Brasil ratifica o documento Protocolo de Quioto e se compromete a reduzir os GEEs. A partir de então, o país desenvolve PMDL³⁰ (Projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo) e fortalece o mercado de crédito de carbono. Como esse cenário em busca da redução de GEEs, o setor sucroenergético recebe destaque. Está aí uma das justificativas sobre a busca pela comprovação da sustentabilidade e por isso a

³⁰ Projetos MDL são de característica voluntária. Comprovada a viabilidade do projeto é emitido uma RCE (Redução Certificada de Emissão). Este certificado é negociado no mercado de carbono. Os projetos de MDL no Brasil, em sua maioria, estão ligados á agricultura, o que destaca mais uma vez o setor sucroenergético (FERRACIOLI; JACOMINI; MARQUES, 2013).

certificação tem se tornado importante para o setor. Além disso, linhas de crédito são oferecidas para aqueles que incentivem a sustentabilidade (lei 12187/09 – Política Nacional Brasileira sobre mudanças climáticas).

Como programas de linha de crédito, podem ser citados o Programa ABC (linha de crédito BNDES), voltado a projetos agrícolas de baixo carbono e o Programa Energias Alternativas (linha de crédito BNDES) para o desenvolvimento de projetos de energias alternativas (FERRACIOLI; JACOMINI; MARQUES, 2013).

Atualmente, o planejamento energético é considerado indicativo³¹, atribuindo aos agentes de mercado a responsabilidade pela operacionalização dos processos, desde a produção até o atendimento ao consumidor final. Isto inclui os casos dos combustíveis líquidos e de fornecimento de energia. O Plano Nacional de Energia 2030 (PNE), o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), Matriz Energética Nacional 2030 (MEN) e Balanço Energético Nacional (BEN) são os quatro documentos políticos mais relevantes no planejamento energético (DUARTE, 2013).

O PNE é um planejamento estratégico de longo prazo (20 a 30 anos), que busca fornecer insumos para a formulação de políticas energéticas. O mesmo tem como base a MEN, instrumento que possibilita simular diferentes cenários de mercado, e que juntamente com o PNE firmam os estudos desenvolvidos sobre a expansão da oferta e da demanda de energia no Brasil nos próximos anos. Já o PDE apresenta o planejamento energético de médio prazo (10 anos), com indicação de ações que deverão ser realizadas nos anos subsequentes. Sua elaboração considera as informações contidas no BEN, uma vez que este documento apresenta dados e séries históricas referentes à oferta e consumo de energia e de infraestrutura (BRASIL, 2007; 2008). Em resumo, as decisões sobre o planejamento e regulação do setor agroindustrial são de responsabilidade do CNPE³² e da ANP, além do Ministério de Minas e Energia e a Empresa de Pesquisa Energética - EPE³³ (BRASIL, 2007), sendo as decisões baseadas nos documentos citados anteriormente.

Ao olhar os objetivos desses instrumentos de planejamento, o que se percebe sobre a política energética atual é um foco incentivador da atividade, principalmente através da PEN

³¹No planejamento indicativo os agentes do setor não são obrigados a seguir as metas propostas pelo governo, contrário ao que acontece no planejamento determinativo.

³²O Conselho Nacional de Política Energética tem como objetivo assessorar o Presidente da República para a formulação de políticas e diretrizes de energia, para um aproveitamento racional dos seus recursos. O mesmo foi criado em 1997, pela Lei 9.478/97. Trata-se de um órgão meramente consultivo. Difere-se, por isso, da Agência Nacional do Petróleo, que é uma entidade técnica com papel de regular, executar e fiscalizar as políticas energéticas governamentais (ARAÚJO et al., 2005).

³³A EPE é vinculada ao Ministério das Minas e Energia e tem como objetivo apresentar estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético.

– Plano Energético Nacional, no qual está previsto um acréscimo de 395,74% na produção de etanol em relação à produção atual para o ano de 2030 (BRASIL, 2007).

Além disso, a sua projeção de longo prazo não consegue alcançar todas as possíveis mudanças que podem ocorrer no mercado, logo, instrumentos de médio e curto prazo auxiliam na complementação das informações, pois estas se encontram mais atualizadas em relação à conjuntura atual. Nesse sentido o PNE e PDE se complementam, e para a tomada de decisão os dois devem ser considerados e comparados, e ainda, ao encontrar divergências estes precisam ser atualizados, nesse caso em especial o PNE (DUARTE, 2013).

Para lidar com a expansão da produção da cana-de-açúcar e da mesma forma, com as questões relacionadas, tais como as limitações devido à invasão de áreas protegidas, a limitação da disponibilidade hídrica de algumas regiões, as modificações no uso atual do solo, a substituição de áreas produtivas de outras culturas e de pastagens, entre outros, instrumentos adicionais se fazem necessário como componentes de uma política energética sistêmica e sustentável. Para tanto, pode-se partir da elaboração de iniciativas políticas “inovadoras”. Um exemplo disso é o Zoneamento Agroecológico ou Agroambiental (ZAA)³⁴ da Cana-de-açúcar. De acordo com Brasil (2009, p. 7), “O objetivo geral do Zoneamento Agroecológico da Cana de açúcar para a produção de etanol e açúcar é fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas visando à expansão e produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro”. Tal documento apresenta parâmetros agrícolas e ambientais, a fim de indicar as áreas propícias à expansão da cana-de-açúcar no Brasil, e por esse motivo, guias técnicos voltados ao licenciamento de empreendimentos do setor tem se baseado no ZAA (Resolução SMA 088 de dezembro, 2008) fazendo jus ao adjetivo supracitado.

Outro instrumento muito importante que tem sido utilizado nas decisões envolvidas ao setor sucroenergético é conhecido como Protocolo Agroambiental ou Protocolo Etanol Verde. Aprovado em 2007, o Protocolo é visto como um acordo de interessados públicos e privados (produtores e fornecedores) representados pelas Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Secretaria do Meio Ambiente, Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-sul do Brasil (ORPLANA) e União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA). Cabe ressaltar que a adesão ao referido protocolo é voluntária.

³⁴O ZAA previsto pela Política Agrícola (Lei Federal nº 8171 de 1991, capítulo VI) estabelece critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial das diversas atividades produtivas. Segundo Ranieri et al. (2005), o zoneamento deve ter caráter indicativo de aptidões do território, visando maior capacidade de articulação com outros instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), devendo ser base de informações particularmente para os instrumentos licenciamento e avaliação de impacto ambiental.

O objetivo do documento é basicamente complementar a legislação em vigor que prevê a redução das queimadas³⁵ e a promoção da cooperação técnica e institucional entre as partes envolvidas no desenvolvimento de ações que levem a produção sustentável da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, considerando para tal, a conservação do solo, a diminuição do uso da água na indústria, a preservação das matas ciliares e nascentes, entre outras questões (TORQUATO; RAMOS, 2012; PEROSA; FREDO; BELIK, 2012). Além disso, o protocolo reconhece as boas práticas ambientais do setor sucroenergético com uma certificação de conformidade, o qual é renovado anualmente. Por meio da publicidade o Protocolo acaba por influenciar na imagem das usinas e associações frente ao mercado interno e externo, além do que gera um padrão positivo de planos e metas de adequação ambiental a ser seguido (SÃO PAULO, 2015). Por outro lado, o documento também traz consequências produtivas e econômicas, sociais e ambientais negativas (Quadro 7).

Consequências Negativas da Mecanização
Como a declividade afeta o processo de mecanização e existem metas de mecanização a cumprir com prazos determinados, a escolha das terras para expansão dessa cultura tem sido pautada pelo custo. Ou seja, as regiões com maior declividade, acabam sendo preteridas por novas áreas. Já nas regiões com menor declividade, observar-se-á uma expansão ainda maior da cana-de-açúcar nos próximos anos.
Limitações das máquinas em regiões com maior declividade o que acarreta queda de rendimento na colheita da cana. Especialistas afirmam que as colheitadeiras disponíveis no mercado são pouco customizadas, resultado de adaptações de máquinas projetadas originalmente para colheita de grãos.
Falta de preparo do solo e de mão de obra qualificada para operação das máquinas.
Em algumas áreas há perdas de colheita superiores às observadas na colheita manual, dado que o corte é feito em um ponto mais elevado da cana.
Estudos recentes demonstram que a utilização das colheitadeiras também não está isenta de impactos ambientais. O seu uso continuado pode afetar a produtividade do solo nas safras subsequentes devido a compactação causada pelo peso. O uso constante das máquinas demanda ações para recuperação do solo, ocasionando perda de nutrientes, que precisarão ser repostos.
Dados do IEA estimavam, entre a safra 2007/2008 e 2010/2011, 60.044 trabalhadores rurais desempregados. Porém não há estimativa oficial para dizer quantos trabalhadores que foram requalificados, realocados ou permaneceram desempregados já que muitos desses trabalhadores são migrantes de outras regiões o que dificulta ainda mais o cálculo sobre onde ocorreria esse desemprego.

Quadro 7. Consequências produtivas e econômicas, sociais e ambientais negativas do Protocolo Agroambiental. Fonte: Baseado em Perosa, Fredo e Belik (2012).

Com a eliminação da queima os empregados que trabalhavam no corte da cultura, apesar de suas condições precárias de trabalho, não teriam mais a opção do emprego. Logo, em 2008, outro projeto foi iniciado, denominado Renovação. Este projeto, é um programa de requalificação com foco nos trabalhadores rurais do setor. Os atores envolvidos nesta parceria

³⁵A Lei Estadual 10.547/00, alterada pela Lei 11.241/02, prevê que a queima em 2011 fosse eliminada em 50% da área para corte. No protocolo essa exigência já era de 70% (TORQUATO e RAMOS, 2012).

são algumas empresas da cadeia produtiva³⁶, a UNICA, a Feraesp (Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo) e a Fundação Solidaridad³⁷. Além destes atores, o programa conta com o apoio do BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento). O Projeto Renovação tem como finalidade o treinamento especializado de trabalhadores rurais, em seis das maiores regiões produtoras de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo: Ribeirão Preto, Piracicaba, Bauru, Araçatuba, São José do Rio Preto e Presidente Prudente (UNICA, 2015c). Estes projetos fazem parte dos 21 projetos estratégicos da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, e buscam desenvolver ações que estimulem a sustentabilidade da cadeia produtiva de açúcar, etanol e bioenergia (SÃO PAULO, 2015).

Não desconsiderando a inovação política representada pelos instrumentos anteriormente citados, mas mesmo com a existência destes instrumentos, o foco, dentro das Políticas, Planos e Programas (PPPs) do Governo Estadual e Federal, estaria nos diversos incentivos econômicos para expansão e renovação dos canaviais. Tal afirmação pode ser verificada na leitura das diversas PPPs existentes, tais como no Plano Agrícola e Pecuário, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e o Plano Nacional de Energia, da Empresa de Pesquisa Energética – EPE em estreita vinculação com o Ministério de Minas e Energia – MME; instrumentos políticos mais relevantes da temática energia e agricultura. Dentro destas políticas se encontram os direcionamentos para o suporte financeiro, tais como Linhas de crédito do Banco Central, Investe São Paulo da Agência Paulista de Promoção de Investimento e Competitividade, dentre outros.

Por outro lado, estes instrumentos e ações, muitas vezes são motivados pela pressão originada no mercado externo³⁸, o qual exige cada vez mais, além do sucesso econômico, produtos com garantias de boas práticas agrícolas e ambientais.

Assim, muito ainda deve ser feito. Vian e Belik (2003) auxiliam nessa reflexão ao listarem alguns pontos fundamentais que precisam ser considerados pelas políticas públicas voltadas ao tema agroindustrial canavieiro, tais como (i) o fortalecimento da tecnologia nacional, não somente no que tange a produção do etanol e açúcar, mas também para os

³⁶Syngenta (empresa pesquisa e tecnologia na proteção de cultivos, biotecnologia e produção de sementes), Case IH (empresa de equipamentos agrícolas), Iveco (fabricante de veículos pesados) e FMC (empresa de produtos agrícolas tais como inseticidas, herbicidas e fungicidas).

³⁷Organização internacional de apoio ao desenvolvimento de cadeias de produção sustentáveis.

³⁸A política vigente nos EUA especifica sobre consumo em função da redução de emissões em relação às alternativas fósseis. Na Europa, há um plano de substituição de combustíveis fósseis que prevê uma participação de 20% de biocombustíveis na mistura até 2020. Estes biocombustíveis precisam ser representativos nas reduções substanciais de emissões em seu ciclo de vida (PEROSA, FREDO e BELIK, 2012).

subprodutos da cana (bagaço, vinhaça e palha); (ii) a melhoria da qualidade dos empregos, por meio de qualificações e ampliação de renda; (iii) e a redução dos impactos ambientais gerados pela produção e consumo dos produtos.

Esses são somente alguns exemplos. Para que haja decisões e políticas públicas adequadas sobre o futuro do etanol, também se faz necessário um amplo debate intersetorial, uma vez que há vários atores envolvidos ao contexto sucroenergético. Da mesma forma, não se pode desconsiderar que o etanol é um tema que permeia várias agendas políticas, como já discutido anteriormente. Devido a este pluralismo, o diálogo entre esses atores se torna ainda mais essencial. Tal diálogo não deve ser um processo consultivo simplesmente, mas sim colaborativo, para evitar decisões centralizadas e para que haja um planejamento que busque de fato a sustentabilidade em sua complexidade.

4.2 A rede de atores do etanol de cana-de-açúcar e suas relações e influências.

Nesta etapa da análise contextual, (i) levantou-se os principais envolvidos no sistema (atores e *stakeholders*³⁹); e (ii) observou-se seus vínculos e relações destes no processo de tomada de decisão, visando compreender a complexidade da temática a partir da análise da rede sócio técnica do etanol no Estado de São Paulo.

De acordo com Laszlo (1972), são as relações entre os grupos, ou seja, entre os componentes do sistema, que o faz ser o que ele é. Da mesma maneira, Branco (1999) explica que um elemento de um conjunto não pode ser compreendido isoladamente, se não ao mesmo tempo em que são compreendidos os outros elementos, por meio da compreensão do ordenamento do todo.

Para esta pesquisa, optou-se por um sistema de rede, que se baseia em um ator focal⁴⁰, escolhido devido à importância do mesmo no segmento social em estudo.

O Mapeamento iniciou-se pelo *website* do ator focal e seguiu-se por meio dos *hyperlinks* encontrados neste. A partir disso foi possível “mapear” o campo de investigação, os vários atores e aqueles com os quais se relacionam. Foram utilizados dois métodos: o GEPHI, uma plataforma que rastreia os hiperlinks na rede da internet e cartografa a rede de forma ampla, e o método *Snowball*, também conhecido como amostragem de propagação não probabilística, usado para obter acesso às populações difíceis de alcançar e/ou oculta (FÁVERO et al., 2009). Por este método a rede é construída a partir de um ator focal e os seus

³⁹ *Stakeholders* é um termo em inglês adotado pela língua portuguesa. Seu significado pode ser entendido como os interessados, afetados e envolvidos por uma temática ou problema.

⁴⁰ Termo utilizado pela Teoria ator-rede, com o intuito de decidir pelo início da delimitação de uma rede.

vínculos com outros atores. Os atores que possuem relações com os primeiramente nomeados também fazem parte da rede, sendo que o processo continua até que não haja novos atores identificados, ou até a decisão do pesquisador, esta geralmente por razões do objetivo da pesquisa ou porque os novos atores são muito marginais ao grupo em estudo (HANNEMAN; RIDDLE, 2005). No caso, foi decidido manter todos os atores rastreados pelo GEPHI, porém, foram destacados somente os atores em até a terceira ordem de contato com o ator focal, como forma de limitação e de recorte de importância para a descrição sobre os atores. Esta forma de segregação de atores de primeira, segunda e terceira ordem, foi delimitada pelo *Snowball* e organizada por planilhas do *software Microsoft Office Excel 2010*. Isto aconteceu somente para a rede UNICA, a qual abarca a maior diversidade de atores.

Sobre o método *Snowball* este pode ser particularmente útil para rastrear populações numericamente pequenas misturadas, com um grande número de outras. Porém, existem duas grandes limitações desse método. Em primeiro lugar, os atores que não estão ligados não são localizados por este método. A presença e número de atores isolados pode ser uma característica muito importante das populações para algumas finalidades analíticas quantitativas. Em segundo lugar, não há nenhuma maneira garantida de encontrar todas as pessoas ligadas na população (HANNEMAN; RIDDLE, 2005). Uma vez que a abordagem dessa pesquisa é de natureza qualitativa, o uso do método *Snowball* se mostrou bastante adequado, pois mesmo que não tenha havido a identificação de todos os atores, a amostra atingida foi significativa para representar as características buscadas e fornecer a compreensão acerca da rede.

Em síntese, a aplicação do método possibilitou registrar os principais atores e aqueles que possuem relações com os que deram origem à coleta de dados. O objetivo com a utilização destes métodos está em construir a estrutura das redes apreendidas a partir das relações entre *websites*, e assim evidenciar os atores que tomam parte em políticas e ações na temática e com a listagem dos atores mais relevantes na temática de sustentabilidade, bem como evidenciar a complexidade e a natureza sistêmica desta rede.

A aplicação do método *Snowball*, possibilitou um *zoom*, ou seja, delinear uma rede de atores mais próximos do ator focal, e assim entender quais são suas ligações mais influentes. Esse olhar mais próximo permitiu visualizar os atores mais conexos. A elaboração desta sub-rede se deu por meio da consideração de um critério: mapear os atores que teriam missões e/ou projetos voltados à sustentabilidade e que estariam diretamente ligados ao ator focal em análise (não teria ligação dependente de um ator intermediando a mesma).

No que se refere a utilização do GEPHI, a mesma se deu com o intuito de visualizar o emaranhado de relações dos diversos envolvidos, ou seja, o quanto complexa seria uma rede de atores envoltos aos atores focais. Sendo assim, o GEPHI foi escolhido devido a sua funcionalidade de *crawler*⁴¹. A cartografia, produto do GEPHI possibilitou apresentar de forma mais ampla um número alto de atores, como o objetivo de representar a complexidade da rede.

Toda essa análise foi realizada no espaço da *Websphere* um universo simbólico, no qual, de acordo com Berger e Luckmann (1985, p132),

“...é concebido como a matriz de todos os significados socialmente objetivados e subjetivamente reais [...]. Neste nível de legitimação a integração reflexiva de processos institucionais distintos alcançam sua plena realização. Um mundo inteiro é criado. [...] Os papéis institucionais tornam-se modos de participação em um universo que transcende e inclui a ordem institucional”.

De acordo com Frey (2005), a escolha da *Internet* como canal de investigação e fonte de dados, tem sua relevância uma vez que a *Internet* é vista como uma arena de expressão de opiniões, de intenções, de conexões, e assim possibilitar a observação daqueles que influenciam e dos que são influenciados, devido às integrações entre os atores.

Assim sendo, foi possível analisar as características dos atores que compõem a rede, sua distribuição, e as relações entre eles ao interpretar os *hyperlinks*⁴² que os conectam.

Como estratégia analítica explorou-se mais especificamente os contextos institucionais e relacionais associados aos atores e aos fatos e acontecimentos sobrevividos a partir da década de 1970 (devido ao Proálcool⁴³) correlacionados ao tema sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar. Sendo assim, pode-se afirmar que a pesquisa realizou uma análise de redes políticas⁴⁴ (em inglês *Policy Network Analysis- PNA*), ou mais especificamente uma análise de redes políticas virtuais (em inglês *Policy Websphere Analysis - PWA*).

Para Procopiuck e Frey (2009) a *Policy Websphere Analysis* (PWA) pode ser entendida como a soma de três outros métodos: *Websphere Analysis*, *Policy Analysis* e por fim, *Policy Network Analysis*. Ainda, os mesmos autores afirmam que a PWA seria então uma abordagem metodológica apropriada para explicar tanto a formação quanto a articulação de

⁴¹ Rastreador de elementos quaisquer que estejam inseridos na rede da internet.

⁴² Os endereços eletrônicos inseridos na rede e nas páginas eletrônicas.

⁴³ Também conhecido como Programa Nacional do Álcool, iniciou-se em 1975 com o objetivo principal substituir os combustíveis veiculares derivados de petróleo por álcool.

⁴⁴ Uma rede política pode ser vista como um conjunto de conceitos focados nas relações do governo com, e na dependência de, outros atores estatais e sociais... redes políticas são conjuntos de ligações institucionais formais e informais entre atores governamentais e outros estruturados em torno de crenças e interesses compartilhados e infinitamente negociáveis no que tange a formulação de políticas públicas e sua implementação. Esses atores são interdependentes e as políticas emergem das interações entre eles (tradução de RHODES, 2006, p.425 e 426).

redes políticas públicas inseridas na web. Isto porque o método possibilita “identificar, delinear e analisar as emergentes esferas públicas⁴⁵ virtuais que se formam em torno de políticas públicas específicas”.

Faz-se importante citar que para melhor compreensão sobre Teoria de Redes, ferramentas de análise e uso do *software GEPHI* realizou-se um curso à distância denominado Análise de Redes Sociais (*Social Network Analysis* em inglês), oferecido pela Universidade de *Michigan* – EUA. O curso durou 8 semanas com uma programação de 8-10 horas semanais, apresentado no idioma inglês. O mesmo foi realizado no ano de 2013 e refeito (versão atualizada) em 2014.

Por meio da realização do curso foi possível entender sobre mídias sociais online e suas conexões, para assim conseguir analisá-las como redes. Os conhecimentos compartilhados no curso são de disciplinas diversas como a sociologia, matemática, ciência da computação, economia e física. As leituras e exercícios possibilitaram um maior amadurecimento da pesquisadora no que tange lidar com temas que também são considerados muito complexos, tão quanto as temáticas tratadas por esta pesquisa. A seguir os resultados e discussões sobre as análises realizadas.

4.2.1 A complexidade da rede etanol e suas subredes de atores.

Ao se buscar entender sobre políticas públicas é comum pensar que os responsáveis pela sua elaboração e implementação são os agentes estatais. Mas essa visão não é mais a que representa fielmente a realidade política atual. Nos dias atuais, não cabe somente aos governos por meio dos aparatos estatais realizarem tal tarefa, pois existem as pressões de diversos grupos de interesse, os quais formam as redes de governança. Quando isto acontece com a coordenação de um governo, se denomina coprodução do bem público (DYE, 2001). São vários os agentes ou atores envolvidos na elaboração e implementação de políticas públicas: associações diversas da sociedade, empresas concessionárias, ONGs, entre outros. Quando estes agentes são não governamentais nem do setor empresarial de mercado eles são denominados como terceiro setor. Estes exercem influências desde a formulação de uma política pública até nas ações que a implementam.

⁴⁵ Esferas públicas são dimensões na qual os assuntos públicos são discutidos pelos atores públicos e privados culminando a formação da opinião pública.

Sendo assim, as políticas públicas que envolvem a participação de diversos atores, necessitam de mecanismos de governança, gestão e planejamento que possibilitem a consideração dos interesses desses atores.

De acordo com Bott (1976), se torna difícil delimitar o conceito de atores e de redes devido aos diversos fins para qual o termo tem sido utilizado. Adamic (2013) explica que a variação dos termos está relacionada às várias disciplinas das diferentes áreas que fazem uso da teoria de redes, mas estes não diferem em sua essência (Quadro 8).

O que são redes?		
Pontos	Linhas	Área
Vértices	Arestas, arcos	Matemática
Nós	Ligações	Ciência da computação
<i>Sites</i>	<i>Bonds</i>	Física
Atores	Laços, relações	Sociologia

Quadro 8. Terminologia em teoria de redes.

Fonte: Baseado em Adamic (2013).

Esta pesquisa segue o conceito de que redes são “como unidades sociais (indivíduos ou grupos) com as quais um indivíduo particular ou um grupo está em contato” (BOTT 1976, p. 299). Em relação à terminologia, adotam-se as mesmas da área da sociologia e denominará sua rede de atores como rede político-decisória do etanol de cana-de-açúcar. Podem ser citados como exemplos de atores da rede político-decisória do etanol, o Estado, as associações de produtores, organizações não governamentais, entre outros (Quadro 9).

ATORES	EXEMPLOS	DESCRIÇÃO
Atores representativos do Complexo Agroindustrial Canavieiro.	Usineiros (UNICA), fornecedores de cana (CNA, Orplana) e agentes ligados ao agronegócio brasileiro, como a Associação Brasileira do Agronegócio (ABAG).	Essas entidades representam os interesses tanto do setor privado de produção quanto do setor industrial da indústria canavieira e têm tido um papel extremamente ativo na cadeia agroindustrial da cana. São organizações extremamente profissionalizadas e com forte poder de lobby e influência.
Atores representativos de fora do complexo canavieiro.	Como a Petrobras, as empresas transnacionais do Setor de Alimentos e as Tradings.	Desempenham papel importante na comercialização dos derivados da cana, açúcar e álcool, nos mercados interno e externo. São estas empresas as responsáveis pelas mudanças que poderão vir a ocorrer no mercado de álcool. O comportamento destas empresas pode ampliar o espaço do etanol

		no mercado internacional.
Atores governamentais representativos do setor.	O Ministério da Agricultura; o Ministério do Desenvolvimento Agrário, o Ministério do Meio Ambiente bem como a Casa Civil, entre outros.	Estes órgãos governamentais definem as regras institucionais do setor, normatizam as leis e dessa forma impactam diretamente o setor. Portanto são importantes na definição do futuro da indústria sucroalcooleira.
Atores governamentais de gestão e proteção ambiental.	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO, Instituto de Pesca, IBAMA, Secretaria do Meio Ambiente (estadual, municipal).	Apresentam atribuições e competências específicas para resolverem problemas ambientais.
Atores da sociedade civil organizada	Representados por ONGs ambientalistas nacionais e internacionais como WWF, Greenpeace, Amigos da Terra.	Quando há divergências entre os diferentes Ministérios a equação política é influenciada pelos atores não governamentais sejam os agentes privados, ONGs, mídia etc. As ONGs exercem uma função importante de pressão para a adoção de parâmetros sustentáveis sob o ponto de vista socioambiental em toda a cadeia produtiva da cana. Essas organizações têm capacidade de estimular mudanças-chave, sejam através de campanhas internacionais ou parcerias.
Atores científicos e tecnológicos do setor.	USP, Embrapa, UFSCar; Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA); o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (ICONE), etc.	Posicionam o Brasil na vanguarda tecnológica mundial da indústria do Etanol. Além de gerarem análises e estudos setoriais que servem como referência para os debates e estudos sobre a indústria canavieira.
Indústria Automobilística	-----	A demanda futura de álcool dependerá da decisão da indústria automobilística continuar produzindo automóveis e motores que tenham um bom rendimento com álcool.
Atores sociais ligados à defesa dos trabalhadores e da população impactada.	Ministérios Públicos Estaduais, o Ministério Público do Trabalho, a Confederação Nacional dos Trabalhadores da Agricultura (CONTAG), a Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo (FERAESP); a Pastoral da Terra e o Serviço Pastoral do Migrante, MST, Central única dos trabalhadores (CUT).	Estes têm sido um instrumento importante para a melhoria das condições de trabalho dos cortadores de cana. O MPT, por exemplo, tem exigido que as empresas observem todos os itens de saúde e segurança do trabalho existentes na NR31.

Quadro 9. Atores mais significativos do setor energético de etanol.

Fonte: Baseado em WWF (p. 28-31, 2008).

A importância da rede está no ato de planejar e decidir sobre as questões relacionadas ao tema sucroenergético, considerando os diferentes entendimentos, motivos e valores dos envolvidos. Deste modo, é possível contribuir com a melhoria ou a elaboração de modelos que se propõem a avaliar a sustentabilidade do etanol dentro de uma perspectiva sistêmica e política, ao considerar que um dos componentes deste sistema é formado pelos grupos de atores que influenciam e são influenciados dentro do cenário sócio-político em discussão. Essa afirmação se justifica pelo fato dos atores possuírem papéis no contexto decisório da produção, comercialização e consumo do etanol de cana-de-açúcar.

Para esta pesquisa não se procurou elencar todos os atores envolvidos ao tema. Isto porque 1.000 ou 10.000 atores seriam da mesma forma significativa aos propósitos desta tese. Da mesma maneira, não se buscou realizar uma interpretação matemática das estruturas relacionais entre os atores. O objetivo aqui foi apresentar sua relevância sobre as ações e os valores inseridos neste contexto sociopolítico delineado por uma complexa relação de subsistemas, tais como o político e o econômico. Outro ponto que levou a dispensar estes procedimentos estaria no fato de que a complexidade não estaria vinculada somente a delimitação da rede, uma vez que a realidade sociopolítica não é estática em sua organização tão pouco no tempo.

Como resultado do mapeamento realizado, verifica-se a complexidade e diversidade da rede político decisória do etanol representadas na Figura 17. É possível observar a existência de grupos, que podem ocorrer em qualquer tipo de rede. Procopiuck e Frey (2009) explicam que compreender sobre esses agrupamentos se torna essencial devido as suas influências dentro de qualquer contexto. Por exemplo, quando as aglomerações são menores podem levar a ações isoladas, avulsas, o que ocasiona divergências e conflitos de objetivos, ou simplesmente enfraquece a coesão entre algumas partes da rede. Isso acontece no caso da concentração do setor sucroenergético por multinacionais, controlando o mercado com uma fatia maior de representação (*market share*) e assim diminuindo o espaço de empresas familiares, fazendo com que estes percam espaço e adquiram alto níveis de endividamento devido a reduzida capacidade de obter créditos (BRASIL ECONÔMICO, 2015). Esta situação coloca pequenos e grandes produtores de lados opostos nas discussões sobre as decisões relacionadas ao presente e futuro do etanol.

Figura 17. Configuração generalizada da rede UNICA pelo software *GEPHI*.

Logo após o mapeamento generalizado dos vários atores que compunham a rede, procurou-se evidenciar os atores que possuem um contato mais direto com o ator focal, seja este a UNICA (União da Indústria da cana de açúcar). A escolha da UNICA como ator focal para o mapeamento das redes se deve à mesma se apresentar como a maior organização representativa do setor de açúcar e bioetanol do Brasil (UNICA, 2012). A associação é composta de 146 companhias sendo estas responsáveis por mais de 50% do etanol produzidos no Brasil (UNICA, 2012).

Para isso se utilizou o método *Snowball* e desta forma foi possível perceber quais eram aqueles que tinham mais proximidade e assim, conseguir entender quais as ações e discussões que mais são ocorrentes na rede. Isto porque a proximidade de um ator em relação aos outros atores de uma rede demonstra o quanto este ator pode ser influente na comunicação das informações (ADAMIC, 2013). Isso possibilita medir o poder de influência de um ator em relação aos outros.

Ao analisar os objetivos, as missões e/ou projetos nos *websites* relacionados aos atores mais próximos à UNICA, se encontraram indícios de ações voltadas à discussão ou avaliação de sustentabilidade com interface direta ou indireta na produção e consumo do etanol de cana-de-açúcar (Quadro 10). A identificação de ações e missões dos atores evidenciou um arranjo de governança, destacando os atores e apresentando assim, uma rede de políticas temática⁴⁶, neste caso, a do etanol de cana-de-açúcar. Nestas redes podem ser observadas a ausência de consenso e a presença de conflitos, pois a interação baseia-se em negociação ou barganha; um relacionamento desigual de poder em que muitos participantes podem ter poucos recursos, pouco acesso, e até mesmo nenhuma alternativa (RHODES, 2006).

Nome	UNICA
Ordem	Ator focal - inicial
Descrição	É a maior organização representativa do setor de açúcar e bioetanol do Brasil. A associação se expressa e atua em sintonia com os interesses dos produtores de açúcar, etanol e bioeletricidade tanto no Brasil como ao redor do mundo. As 146 companhias associadas à UNICA são responsáveis por mais de 50% do etanol e 60% do açúcar produzidos no Brasil.
Endereço eletrônico	http://www.unica.com.br/
Sede	São Paulo - Brasil
Abrangência de atuação	Internacional

⁴⁶Redes temáticas podem ser entendidas como uma rede de comunicações caracterizadas por muitos participantes (autoridades do governo, legisladores, empresários, lobistas e mesmo acadêmicos, jornalistas, entre outros) interessados em políticas de alguma área e que constantemente comunicam críticas sobre tais políticas ou geram ideias para novas iniciativas (RHODES, 2006).

Setor de Atuação	Privado - Associação de Indústrias
Missão	A missão da UNICA é liderar o processo de transformação do tradicional setor de cana-de-açúcar em uma moderna agroindústria capaz de competir de modo sustentável no Brasil e ao redor do mundo nas áreas de etanol, açúcar e bioeletricidade.
Objetivos	Consolidar o etanol como uma commodity global no setor de combustíveis; promover a demanda do etanol como um combustível veicular limpo e expandir seu uso em outros setores; fomentar a produção em larga escala da bioeletricidade para o mercado brasileiro. Auxiliar as empresas associadas a se tornar modelos de sustentabilidade socioambiental. Divulgar dados científicos críveis relacionados aos avanços competitivos da cana-de-açúcar e do etanol.
Políticas de Atuação	Política de prover informações detalhadas e atualizadas sobre as importantes contribuições socioeconômicas e ambientais do setor.
Projetos	<p>São muitos os projetos. Um dos mais importantes é o Projeto AGORA: Lançado em 2009 no EthanolSummit – um dos principais eventos mundiais dedicados aos biocombustíveis – o Projeto AGORA se consolidou como a maior iniciativa de comunicação institucional do agronegócio brasileiro com o objetivo de integrar a cadeia produtiva da cana-de-açúcar em torno da divulgação da importância da agroenergia renovável.</p> <p>São 15 associações e empresas do setor sucroenergético unidas na geração de conhecimento, na disseminação de impactos sociais e ambientais positivos e, fundamentalmente, na disponibilização e ampliação de esclarecimentos para a conscientização da opinião pública sobre as questões da indústria da cana-de-açúcar e a sustentabilidade. Por meio de um conjunto de ações e iniciativas, o Projeto AGORA propõe-se a:</p> <p>Estimular e reconhecer a geração de conhecimentos relevantes ao programa. Promover ações educativas e de esclarecimento relacionadas aos três pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental). Comunicar impactos e benefícios da cadeia produtiva da agroindústria canavieira para o Brasil através de dados concretos e mensuráveis. Desfazer mitos sobre o setor sucroenergético.</p>
Nome	ARES - Instituto para o Agronegócio Responsável
Ordem	1º. Grau em relação ao Ator nuclear
Descrição	<p>Uma entidade sem fins lucrativos que busca contribuir para o desenvolvimento da sustentabilidade, com ênfase na atividade agropecuária e agroindustrial brasileira, por meio da geração e difusão de conhecimento e da estruturação de canais permanentes de diálogo com as partes interessadas. Um grupo de 19 associações do agronegócio brasileiro concebeu e criou, em 2007, um instituto sem fins lucrativos que pudesse ao mesmo tempo ser um centro de geração de conteúdo em sustentabilidade, de comunicação e de diálogo com a sociedade civil para o agronegócio responsável. O ARES é uma ampla iniciativa de organização e coordenação proativa do agronegócio brasileiro com o objetivo de fomentar o desenvolvimento do setor de forma responsável pelas vias do conhecimento, do diálogo e da comunicação e de levar ao conhecimento amplo da sociedade, seja no Brasil ou no exterior, informação consistente, isenta, legítima e de qualidade sobre a realidade dos processos produtivos do setor no país. No site a ARES se propõe a consolidar e organizar o conhecimento gerado no Brasil sobre sustentabilidade no agronegócio, a fim de facilitar a compreensão sobre o tema e melhorar sua aplicabilidade nos diversos Sistemas Agroindustriais, como o sucroenergético.</p> <p>Além de primar pela consistência do conhecimento gerado por fontes reconhecidas por sua excelência acadêmica e profissional, a proposta do ARES é lidar com a fluidez da informação, o desenvolvimento dos temas ligados à sustentabilidade, continuamente incorporando novos conceitos e melhorias e traçando paralelos com a cadeia do agronegócio, desde o produtor até o consumidor.</p> <p>O ARES se propõe a criar um campo permanente para o fomento e a facilitação de um diálogo construtivo e de qualidade entre os setores privado (sistemas agroindustriais), público, terceiro setor e outros atores sobre questões de desenvolvimento sustentável e agronegócio.</p> <p>O terceiro pilar de atuação do ARES tem como base a disseminação do conhecimento gerado e consolidado, informações e práticas responsáveis para o agronegócio nos âmbitos nacional e internacional.</p>

Endereço eletrônico	www.institutoares.org.br
Sede	São Paulo
Abrangência de atuação	Nacional e Internacional
Setor de Atuação	Terceiro Setor - Instituto sem fins lucrativos - ONG
Missão	Informação Isenta
Objetivos	Fomentar o desenvolvimento do setor de forma responsável pelas vias do conhecimento, do diálogo e da comunicação e de levar ao conhecimento amplo da sociedade, seja no Brasil ou no exterior, informação consistente, legítima e de qualidade sobre a realidade dos processos produtivos do setor no país. A mesma se propõe a consolidar e organizar o conhecimento gerado no Brasil sobre sustentabilidade no agronegócio, a fim de facilitar a compreensão sobre o tema e melhorar sua aplicabilidade nos diversos Sistemas Agroindustriais. O ARES se propõe a criar um campo permanente para o fomento e a facilitação de um diálogo construtivo e de qualidade entre os setores privado (sistemas agroindustriais), público, terceiro setor e outros atores sobre questões de desenvolvimento sustentável e agronegócio, atuando na construção de processos de diálogo construtivo para o agronegócio responsável, de apoio a formuladores de políticas públicas nos temas relacionados à sustentabilidade e ao agronegócio, de identificação de oportunidades e ameaças para o setor, de fomento e desenvolvimento de práticas de melhoria contínua e de estímulo à formação de lideranças.
Políticas de Atuação	Questões trabalhistas e relacionadas à terceirização; Agricultura familiar, desalojamento econômico e segurança alimentar; Relacionamento com a sociedade civil organizada, organizações não-governamentais, processos multistakeholders, de rastreabilidade, de verificação, de certificação e de selos; Conversão de ecossistemas; Impactos ambientais como OGMs, uso de agroquímicos e manejo de pragas, impactos no solo e plantio direto; Resíduos em alimentos e sanidade animal; Emissões de gases de efeito estufa, balanço energético e biocombustíveis; Ordenamento fundiário, legislação ambiental e monitoramento; Conflitos intra e interSAGs, integração lavoura pecuária e adição de valor; Comércio internacional e sustentabilidade.
Projetos	Do Campo ao Mercado (Field to Market Initiative)- Composta por produtores, indústrias, varejo, organizações da sociedade civil e entidades do governo, a iniciativa, adaptada as condições brasileiras, trabalha para criar Indicadores Do Campo ao Mercado, que servirão para avaliar a sustentabilidade dos processos produtivos, orientando a tomada de decisão para a busca de uma melhoria contínua.Com as cadeias produtivas articuladas para o propósito da consolidação de indicadores que contribuam para a sustentabilidade, será possível: Melhorar continuamente a gestão econômica, social, ambiental e tecnológica dos processos produtivos; Melhorar a governança das cadeias produtivas; Interagir com a sociedade em bases consistentes de informação; Melhorar a efetividade de investimentos; Orientar a formulação de políticas públicas e privadas para o setor Glossário Socioambiental- visa facilitar a compreensão do setor sobre questões-chave dos diversos sistemas agroindustriais e fornecer subsídios a todas as partes interessadas. É interativo e será constantemente atualizado à medida que novos conceitos forem introduzidos e que novas colaborações forem recebidas.

Quadro 10. Exemplo de atores e suas descrições da rede focal UNICA- mapeamento por Snowball.

Com este recorte foi evidenciado que os atores mais próximos a organização (Figura 18) e devido a sua proximidade a UNICA são considerados aqueles mais influentes nas discussões relacionadas a sustentabilidade do etanol dentre os atores mapeados da rede.

Figura 18. Rede Nuclear UNICA.

Dentre os vários atores inseridos na rede de etanol de cana-de-açúcar, a pesquisa também buscou mapear uma rede de perfil científico voltado a pesquisa e assim mapeou uma segunda rede, esta com ator focal FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), o mais importante órgão de fomento de pesquisa do estado de São Paulo, e assim ter compreensão sobre o arranjo e complexidade deste tipo de rede (Figura 20). Essa decisão se deu por dois motivos: uma vez que o Brasil possui amplo conhecimento científico-tecnológico no setor devido ao seu histórico de experiências e investimento no setor tal rede se apresenta como importante e, ainda, porque as redes podem influenciar umas às outras em suas decisões.

Utilizou-se somente o *software* GEPHI para o delineamento desta rede, sem necessidade da aplicação do método *Snowball*, pois o site da instituição FAPESP possui as áreas de pesquisa já bem separadas, o que facilitou o mapeamento. No que concerne à área de pesquisa voltada ao etanol, encontrou-se o BIOEN (Figura 19), programa lançado em 2008, com foco em Pesquisa sobre Bioenergia, o qual “objetiva estimular e articular atividades de pesquisa e desenvolvimento utilizando laboratórios acadêmicos e industriais para promover o avanço do conhecimento e sua aplicação em áreas relacionadas à produção de bioenergia no Brasil” (FAPESP, 2013). Desse modo, a pesquisa buscou investigar quais os projetos (interesses e ações) que estariam envolvidos diretamente com o Programa.

Figura 19. Divisões de Pesquisa vinculadas ao BIOEN.
Fonte: Fapesp (2013).

Figura 20. Rede focal FAPESP

Considerando as cinco divisões de pesquisa que englobam o BIOEN, foram encontrados mais de 1.300 projetos de pesquisa de iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado vinculados. Os vários projetos estão relacionados às seguintes divisões: a) Divisão de Biomassa para Bioenergia (com foco em cana-de-açúcar); b) Divisão de Processo de Fabricação de Biocombustíveis; c) Divisão de Biorefinarias e Alcoolquímica; d) Divisão de Aplicações do Etanol para Motores Automotivos: motores de combustão interna e células-combustível; e) Divisão de Pesquisa sobre impactos socioeconômicos, ambientais, e uso da terra (FAPESP, 2013).

O que se pode perceber é que mesmo se tratando de um programa de pesquisa acadêmica, existem parcerias com institutos tecnológicos e empresas privadas em vários projetos, da mesma maneira em relação a outras agências do governo federal como de outros estados (FAPESP, 2013). Isso demonstra que o perfil da rede FAPESP é heterogêneo o que implica ainda mais a consideração desses atores e suas perspectivas ao se propor a discussão sobre o futuro da atividade e uma efetiva abordagem de sustentabilidade.

Já na tentativa de mapear uma rede de perfil governamental (agentes estatais e governamentais) a escolha de um ator focal não se apresentou como uma tarefa fácil. O cenário político envolto ao contexto do etanol de cana-de-açúcar é muito amplo. Parte desde o envolvimento da Presidência da República, passando pelos ministérios, secretarias de Estado, governos estaduais, e os municipais.

Baseando-se na obra de Monteiro (2007), tal complexidade é possível de explicação sintetizada, porém não simplista. Primeiramente, os atores políticos são aqueles que compreendem a administração direta das funções do poder executivo sendo eles os principais responsáveis pela formulação, à implantação e o acompanhamento das políticas públicas. Os ministros e os secretários são subordinados e auxiliares do chefe do Governo e são nomeados a qualquer tempo pela Presidência da República.

A escolha pode ser embasada em critérios políticos ou técnicos. Entre as diversas funções de um ministro estão à orientação, coordenação e supervisão dos órgãos e instituições de sua competência. Os ministros ainda avalizam os atos assinados pelo presidente, responsabilizando também por eles. Também cabem a eles criar normas, acompanhar e avaliar programas federais. Os ministérios são criados para formação da base de governo. Já as secretarias de Estado geralmente nascem das demandas sociais. Em áreas estratégicas o governo possui secretarias especiais, como Segurança Institucional e Direitos Humanos. Já no caso de assessoramento ao governo federal e ao presidente da República existe a

Secretaria-Geral. Esta auxilia diretamente no relacionamento e na articulação com movimentos sociais e provê canais de participação popular na definição da agenda de prioridades do País. Para isto, a Secretaria-Geral conta com as demais secretarias, cada uma em sua área específica.

As secretarias de âmbito federal estão relacionadas ao princípio da participação social e, portanto, à afirmação da democracia. São elas que intermediam o Estado e a sociedade, pois constroem espaços que possibilitam incorporar os interesses dos vários setores da sociedade na elaboração das políticas públicas (PORTAL BRASIL, 2012). Dentro deste contexto também existem os conselhos de gestão de políticas públicas. Compete a eles nomear diretrizes, tomar decisões relacionadas às políticas ou atentar a gestão de programas. Os conselhos podem ser formados por representantes de diversos seguimentos, além de representantes da administração pública, ou seja, podem ser compostos por integrantes dos órgãos do governo como da sociedade civil.

Já as agências reguladoras, estas foram criadas para fiscalizar a prestação de serviços públicos praticados pela iniciativa privada. Elas estabelecem regras para o setor a ela relacionado e dependendo do setor elas realizam até mesmo a fiscalização das atividades. Portanto, seria dentro desta estrutura pública administrativa que as políticas públicas são elaboradas e implementadas e na qual estão inseridos os atores políticos da rede. Logo, uma rede política de agentes estatais e governamentais se apresenta como complexa pela sua descrição, e assim sua cartografia (desenho) e se faz desnecessária para provar tal afirmação.

Ao realizar uma análise na perspectiva da *Policy Network Analysis*, cabe dizer que a coesão dos atores e formação da rede como um todo acontece devido às ações e interesses comuns dentro da rede. Nesse sentido, Rhodes (2006) afirma que a institucionalização de valores comuns é inevitável. Uma vez que estes valores estejam em consonância com os valores e interesses da sociedade, tende então a ganhar legitimidade, transcendendo o poder regulador do Estado, o que ocasiona a emergência de autoridade dos atores da rede. De qualquer forma, o Estado é indispensável para balizar as relações dentro da rede, apesar do próprio Estado ser um dos atores dela.

Uma vez que este ambiente de governança é visto como sistema *bottom up*, baseado no poder de informação amplamente distribuído, a rede como um todo tem a autorregulação e sendo assim possui a característica de um “sistema complexo adaptativo” (ATKINSON, 2003). Os sistemas complexos adaptativos são de adaptação constante devido aos mecanismos de divulgação e captação de informação em tempo real, sendo que a internet possibilita isso.

Nestes sistemas os atores interagem para determinar e alcançar resultados por meio de adaptação contínua em relação ao que o outro estaria fazendo. Sendo assim, estes sistemas complexos adaptativos são compostos por agentes de tomada de decisão autônomos e descentralizados, sendo que não haveria ninguém no comando diretamente (ATKINSON, 2003). Entretanto, as relações da rede não são totalmente informais, uma vez que o Estado aparece bem representado com suas instituições como atores pertencentes à rede, auxiliando na obtenção de uma estruturação mais forte, maior regramento formal (ex. legislação) além das regras e comportamentos institucionalizados informalmente pelos atores da rede, o que garante o mínimo de confiança e credibilidade entre as relações geradas (RHODES, 2006).

Além disso, com a análise pôde ser verificado uma variedade de áreas de interesse e seus diversos tipos de organizações tais como o terceiro setor, o setor privado, o setor público, e o setor de pesquisa. Ao focar-se em um ator nuclear se tem como resultados um número maior de representantes pertencentes aquele setor, como é o caso da rede quando o ator nuclear é a UNICA. O grupo com maior destaque em número é representado pelo setor privado. E assim acontece com a rede da FAPESP com o maior grupo representado pelos centros de pesquisa e assim seria com a rede de agentes governamentais e estatais. Porém estes setores (Privado, Pesquisa e Governo) quando delineados como subsistemas, não se apresentam como fechados, pois eles se estruturam e se sobrepõem devido as interfaces com outros subsistemas de outras redes de políticas e de diferentes âmbitos, tanto nacional quanto internacional. Isto mostra mais uma vez a complexidade das relações dos atores de redes de políticas, sejam quais forem essas.

Devido à complexidade das redes observada, se faz necessário considerar a existência dos atores vinculados ao contexto do etanol de cana-de-açúcar ao buscar discutir ou avaliar a sustentabilidade desta atividade agroindustrial, devido às suas relações, as expressões simbólicas emergentes destas relações, ou seja, o processo de institucionalização de normas e valores estabelecidos e suas influências nas decisões planejamento do setor. Tais relações geram comportamentos condicionados a uma necessidade de inclusão social e política a qual induz os atores a ocuparem posições, ora de imposição de diretrizes ora de submissão a normas e valores. Desta forma, as organizações buscam formar agrupamentos que possibilitam um poder de influência, de destaque, constituindo grupos de senso comum e assim de domínio dentro do contexto sociopolítico em que se encontram (BOURDIE, 2005).

Esse domínio, configurado por meio do arranjo dos atores, possibilita construir sistemas normativos, diretrizes para um determinado tema. Dessa forma, se institucionaliza

normas e valores comuns os quais as políticas deveriam reconhecer. Porém a forma de organização e a articulação da rede também possibilita um desequilíbrio de forças, e, portanto, a complexidade na qual está a questão.

Outro ponto importante a para suporte em políticas públicas está na possibilidade de delinear o perfil da rede de atores e consequentemente suas peculiaridades (Quadro 11).

Perfil da rede política em foco	Características
Fluxo dinâmico de entrada e saída de atores da rede.	Tendência à instabilidade dos centros de tomada de decisão.
Instituições informais entre grupos e governos.	Menos regras formais a serem seguidas; tendência de imposição de opiniões e/ou negociações de compromissos no processo de tomada de decisão.
Tipos de canais de comunicação nos quais atores expressam publicamente suas opiniões.	Dependência de poder de persuasão e credibilidade institucional e pessoal do ator.

Quadro 11. Exemplos de diferentes perfis de uma rede política e suas características.

Fonte: Baseado em Procopiuck e Frey (2009).

Estas propriedades, quando observadas na rede política, possibilitam compreender, por exemplo, o grau de influência dos atores na elaboração de políticas, e as tendências de menos ou mais conflitos; a formação de grupos dominantes ou de grupos antes inexistentes; ou até mesmo a exclusão de interessados quando não há uma instituição formalmente estabelecida.

Somente com estas informações já seria possível supor o quanto é complexa a rede do etanol circunscrita por esta pesquisa. Uma vez que um dos objetivos desta pesquisa é contribuir com a avaliação da sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar, o próprio conceito de sustentabilidade, norteador dos valores e normas, das diretrizes e das políticas construídas pela rede já representa uma grande dificuldade, uma vez que os valores e visões de mundo das pessoas são distintos e de grande pluralidade. Portanto, como discutir sustentabilidade de uma atividade sem considerar estas diferenças intrínsecas aos diversos atores da rede?

Logicamente que a resposta não seria tão ingênua, mas não se justificaria a desconsideração destas variáveis para atenuar a sua complexidade.

4.3 Sistema etanol de cana-de-açúcar.

Por mais que exista a tentativa de explicar cada dimensão ou subsistema que engloba o tema etanol de cana-de-açúcar, entende-se que, por ser um complexo holístico e integrado, ou seja, um sistema, tais dimensões estão inter-relacionadas e sobrepostas de certa forma que também se torna inócuo explicá-las separadamente. Isto porque muitos são os fatores relacionados ao planejamento e nas decisões de uma atividade produtiva, ainda mais quando

esta tem relevância econômica para um país, ou ainda, para o mundo todo. Para uma melhor compreensão sobre as inter-relações e sobreposições dos subsistemas pode-se iniciar a explicação sobre a influência gerada pelo setor político no setor econômico.

As políticas podem influenciar, por exemplo: (i) na forma de fazer negócios incentivando um setor, desestimulando ou controlando sobre quando ou como ampliar ou retirar ações de investimento, (ii) em outras atividades, outras organizações, outros governos, (iii) na forma de negociação do produto devido ao marketing e publicidade, (iv) na tomada de decisão operacional (na arrecadação de fundos para investimento, escolha da tecnologia de produção), (v) e até mesmo na administração interna de uma organização (recrutamento, pagamento e outras políticas de pessoal). Em poucas palavras, as políticas influenciam a dimensão econômica (nesse exemplo a microeconomia) (ALLEN, 2001).

Isso significa que os atores organizacionais, em especial os dos setores privados, precisam ser capazes de identificar os fatores políticos que afetaram ou poderão afetar os negócios. A própria literatura apresentou vários momentos cíclicos de crises na história do etanol no Brasil, logicamente considerando uma ampla quantidade de variáveis influentes para essas situações ocorrerem. De qualquer maneira se entende que mudanças ou indecisões políticas dificultam o desenvolvimento do setor, pois levam a falta de investimento estrangeiro e enfraquecimento dos negócios.

Neste sentido, se torna necessário que as organizações, por meio de ferramentas de avaliação de risco político, realizem análises sobre o contexto político em que estão inseridas, com certa regularidade, devido às mudanças que ocorrem de um governo para outro. Para tanto, tais organizações também precisam cobrar do estado a geração de dados para que se possibilitem tais análises. Assim, os fatores políticos que podem influenciar o setor serão evidenciados e novas estratégias poderão ser elaboradas.

Da mesma maneira, uma análise política precisa levar em conta não somente o governo do país em questão, mas a influência que outras organizações também têm no setor (ALLEN, 2001). Por exemplo, os blocos econômicos ou grupos regionais e/ou globais, tais como a União Europeia (EU), Mercosul, The North American Free Trade Area (NAFTA), The World Trade Organization (WTO), The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), entre outros.

Estas organizações são influentes tanto quanto qualquer outro ator pertinente à rede política do etanol de cana-de-açúcar no Brasil. Isto devido às relações de interesses, conflitos e alianças entre os atores. Por isso, o Estado precisa atuar por meio de instrumentos

econômicos, normativos e mecanismos contratuais, possibilitando assim uma função pública de mediação desses interesses (BURSZTYN, 2001). Logo, é possível afirmar que as políticas podem influenciar economicamente a forma de fazer negócios no setor produtivo.

Numa outra perspectiva, tem-se a economia influenciando a política. Dentre muitas questões, a economia pode influenciar principalmente: (i) na taxa de inflação, (ii) nas taxas de tributação, (iii) taxas de juros e de câmbio, (iv) variações nos preços das ações devido à volatilidade do mercado acionário, (v) as taxas de emprego e salários, (vi) as taxas de crescimento do mercado nacional e local, (vii) os efeitos de barreiras comerciais e de tarifas. Por esses motivos algum controle governamental se faz necessário, pois possibilitaria um equilíbrio entre as necessidades da sociedade e empresas, garantindo serviços necessários tais como transporte, educação, infraestrutura e ao mesmo tempo garantindo que as organizações operem de forma justa, legal e competitiva (ALLEN, 2001). Ao intervir na economia, mediante políticas econômicas de incentivo a uma dada atividade ou mediante estratégias protecionistas, o governo produz invariavelmente influência na economia de mercado, podendo reduzir a competitividade ou mesmo prejudicar a eficiência dos negócios.

Outro exemplo de sistemismo está entre as dimensões econômica e social. A economia afeta as preferências do consumidor no que se refere à aquisição de produtos e serviços. Se a economia está aquecida o consumidor gasta mais, mas se a economia estiver em recessão a situação é contrária. Nesse caso, o consumidor evita aquisições, e isso afeta, então, as organizações que dependem das vendas de seus produtos e serviços. O comportamento e as escolhas das pessoas podem gerar efeitos importantes para um setor. Um exemplo mais específico para o caso do etanol no Brasil seria a proporção de carros *flex* adquiridos nos últimos anos, a qual é bem mais expressiva do que qualquer outro tipo de veículo. As pessoas têm procurado pela tecnologia alternada, ou seja, o carro *flex* possibilita a pessoa decidir por qual produto combustível obter e, o etanol por muitas vezes se apresenta como a opção mais viável economicamente quando comparado à gasolina ou outro combustível, tal como o gás natural. Essas questões, por exemplo, condicionam as escolhas, as quais por sua vez, condicionam os produtos e serviços oferecidos no mercado econômico.

Não obstante, essas escolhas não são meramente focadas na consciência do consumidor. Na maioria das vezes essas escolhas são relacionadas principalmente a fatores econômicos, mas também podem ser uma combinação de políticas públicas, valores sociais e fatores econômicos. Novamente é perceptível a integração entre as dimensões, ou seja, entre os subsistemas.

É importante citar que existem fatores que podem levar as pessoas a mudarem seus valores, tal como um aumento da consciência ambiental, e estes também devem ser considerados. Um produto que é visto como poluidor, ou proveniente de trabalho escravo, ou com uma má reputação de qualidade, enfim, não passará por uma opinião pública positiva. Essas são questões que influenciam economicamente a produção do etanol. Nesse caso é possível observar claramente que são várias as dimensões em foco: social e ambiental afetando o econômico. Esses fatores podem até mesmo criar restrições à expansão do cultivo da matéria-prima. Como por exemplo, com a questão da segurança alimentar, vista como ameaçada pela produção da monocultura da cana. Da mesma forma, que não havendo tal ameaça a produção de alimentos, uma expansão da cultura poderia invadir ou degradar biomas ecológicos importantes, como o Cerrado, Pantanal e Amazônia ocasionando impactos ambientais.

Outras questões sociais que dizem respeito à produção do etanol são as condições de trabalho. Antes a colheita era manual e atualmente é de prevalência, mecânica. Ambos têm suas implicações, pois a primeira é vista como degradante para o trabalhador devido a exigência de condições físicas e a baixa remuneração. Por outro lado, a mecanização exige maior nível de qualificação e poucas vagas no setor - comparado ao número de pessoas necessárias na colheita manual – gerando aumento na taxa de desemprego. Novamente o problema se apresenta permeando mais de uma dimensão de análise

Outro tópico bastante importante e intrinsecamente associado às políticas, a economia e a todas as outras dimensões que compõem um sistema, são as leis. Todas as organizações e seus setores estão sujeitos às leis, isto porque leis e regulamentações cobrem uma ampla gama de assuntos, desde os procedimentos operacionais de uma empresa, até o controle da qualidade e do produto e da poluição gerada na sua produção, uso e descarte. No caso do setor sucroenergético isso não é diferente.

É importante mencionar que além das leis e regulamentações impostas diretamente pela legislação, há também os acordos voluntários que partem da atitude da sociedade ou que são provenientes das pressões da mesma.

E por último, mas não menos importante apresenta-se a perspectiva voltada a dimensão ambiental e sua inter-relação com os outros subsistemas. Nesses últimos anos, a consciência ambiental tem crescido consideravelmente e na mesma medida as cobranças da sociedade por um meio ambiente mais preservado, a poluição mais controlada e atitudes mais sustentáveis. Neste contexto, o combustível etanol vem ganhando destaque, pois tem sido

considerado um potencial substituto dos combustíveis fósseis - fontes finitas de energia, muito poluentes e agravantes do aquecimento global.

Todavia, a consciência dos consumidores, apesar de exercer uma forte pressão para um cenário mais sustentável, sozinha é de pouca força. Para mudanças efetivas é importante que o governo e instituições financeiras incentivem as mesmas. Uma aliada para essa condição é a tecnologia. Novas tecnologias podem afetar e até mesmo revolucionar certas indústrias quando possibilitam vantagem competitiva de inovação no mercado, como também podem ocasionar o contrário, a impossibilidade de competir devido à ausência de inovação tecnológica. No caso da indústria sucroenergética, pode-se dizer que a inovação pode ser representada por um modelo produtivo mais eficiente, e/ou por novos modos de gerenciamento de problemas (tais como impactos ambientais), e/ou pela descoberta de novos produtos e novos métodos de prestação de serviços.

Mais uma vez as evidências sobre a relação e envolvimento entre as diversas partes se apresentam como realidade.

Consoante à inquestionável importância que os temas ambiental, econômico e todos os outros aqui apresentados têm na discussão da sustentabilidade, cabe lembrar que a para esta pesquisa a rede de atores é considerada como componentes desses subsistemas. Portanto, suas características e relações são essenciais a uma análise sistêmica de sustentabilidade.

Uma vez que composição da rede e a relação de forças entre os atores sofrem mudanças permanentemente, esta pesquisa buscou apresentar uma exemplificação para que se conseguisse demonstrar o quanto a mesma é complexa e o quanto ela é importante nas questões representativas do contexto do etanol de cana-de-açúcar, tais como as questões políticas, sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais.

Apesar do conceito de rede ser de difícil delimitação (BOTT, 1976), pode-se afirmar que o que configura uma rede são os interesses e objetivos comuns ou controversos entre os vários envolvidos em uma problemática ou tema específico. Sua importância está nos vínculos entre os atores, sendo estes representados, tanto por indivíduos, quanto entidades e organizações. Estes vínculos constroem e dispõem estruturas de influência relacional na obtenção, troca e perda de bens materiais, informações e poder (SCOTT, 1992; FREEMAN, 2002). No caso das políticas, isso não é diferente. As relações e as posições (estruturas relacionais) podem coagir escolhas, dar acesso diferenciado a bens e instrumentos de poder, constituir certas alianças ou conflitos e assim, influenciar os resultados da política devido ao comportamento dos grupos de interesse (MARQUES, 2006).

Os motivos sobre o posicionamento estratégico dos atores podem ser quaisquer motivos desde proteção de interesses ideológicos e/ou econômicos, o aumento de forças devido à coesão de grupos, dentre outros. Independentemente de quais sejam os motivos dos posicionamentos, a relevância destes é de fundamental ao se buscar discutir sobre as políticas públicas e seus objetivos voltados a um setor com atores envolvidos em jogos de poder e interesses. Logo estes devem ser considerados pelas políticas públicas correlacionadas ao setor.

Conclui-se então que a consideração de redes pode trazer diversas contribuições na elaboração e avaliação de políticas públicas, pois possibilita: discutir os efeitos das complexas interações dos atores, entender sobre a estrutura dos vínculos, levantar os padrões dos comportamentos e efeitos das relações e assim auxiliar em ações políticas estratégicas.

4.3.1 Pontos de intervenção do sistema etanol.

A análise contextual, realizada por esta pesquisa, possibilitou compreender a complexidade do sistema que representa a temática etanol de cana-de-açúcar no Brasil e no estado de São Paulo. Entender como um sistema muda, suas diferentes fases ao longo do tempo, possibilita entendê-lo em termos de suas vulnerabilidades aos distúrbios e, da sua capacidade a responder a estas mudanças auxiliando na decisão sobre o tipo ou momento da gestão das intervenções. Ações tomadas durante uma fase podem afetar o sistema muito diferentemente do que as mesmas ações tomadas em outros momentos (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

Devido ao dinamismo verificado na caracterização do sistema etanol percebe-se que o sistema possui fases de mutação ao longo do tempo, por ser um sistema dinâmico, e consequentemente estas trazem suas influências e consequências. Sendo assim entende-se que, para analisar o sistema etanol se faz necessário uma maneira de análise que possibilite a classificação dos pontos considerados mais relevantes, dependendo do momento em que se decidir por investigá-lo. Em outras palavras, ao analisar o sistema em um momento futuro, seu dinamismo será outro e por isso outras questões serão evidenciadas como relevantes ao seu estado.

Esta maneira de análise é indicada por esta pesquisa em forma de questões. Tais questões auxiliarão o encontro dos fatores-chaves, aqueles que influenciam ou possam influenciar no estado de aliança ou conflito no sistema, no momento em que se buscar fazer a

análise do mesmo. Assim se possibilita encontrar pontos de intervenção do sistema, ou seja, componentes essenciais a serem considerados na discussão da sustentabilidade do etanol. Devido à sua importância, os pontos de intervenção precisam se tornarem parte da estrutura, produto final desta pesquisa, pois servem de base para o emprego dos critérios desta.

Branco (1999) define ponto de intervenção como um elemento que se modificado torna totalmente diferente a totalidade. Meadows (1999) chama estes pontos de pontos de alavancagem, e assim explica-os:

“... locais dentro de um sistema complexo (uma corporação, uma economia, um corpo vivo, uma cidade, um ecossistema), onde uma pequena mudança em uma coisa pode produzir grandes mudanças em tudo.”

Para auxílio na elaboração dos pontos de intervenção referente aos subsistemas (dimensões) analisados, se faz necessário definir os cenários principais. Esta pesquisa sugere seis cenários: Político, Econômico, Tecnológico, Legal, Ambiental e Social, no âmbito dos quais precisam ser identificados os fatores-chave susceptíveis de ter um efeito significativo sobre o setor sucroenergético, logo sobre o sistema. Para o caso do etanol, foi composto um quadro de perguntas que possibilitem discutir sobre a situação, o contexto da temática. As respostas para tais perguntas possibilitam encontrar os pontos de intervenção do sistema foco (Quadro 12). Assim se possibilita abarcar os assuntos-chave, ou seja, aqueles mais importantes sobre a complexidade do contexto em análise.

Dimensão (Subsistema)	Fatores-chaves
Política	Qual a influência do governo atual no setor? Quais são as barreiras políticas e econômicas atuais? Quais os grupos ou organizações nacionais e internacionais influenciam o setor? (Quais fornecem dinheiro, quais fornecem suporte técnico, quais fornecem dados, estabelecem padrões e regulamentação, outros). Quais são as políticas existentes relacionadas à atividade produtiva no recorte econômico, ambiental e social? Quais suas influências? Quem são os atores políticos envolvidos na rede de atores do etanol de cana-de-açúcar?
Econômica	Como as políticas estão influenciando economicamente o setor? Qual é o grau de intervenção do Estado no sistema econômico atual? Quais as consequências desta intervenção ou da ausência desta? Qual é a tendência econômica atual. Como ela está afetando o setor sucroenergético?
Social	O que tem influenciado as decisões do consumidor em adquirir o produto etanol? Qual é a percepção dos consumidores internos e externos sobre os benefícios e malefícios socioambientais do uso do etanol de cana-de-açúcar? Qual é a tendência sobre a preferência desses consumidores em longo prazo? Quais seriam as preocupações que o setor do etanol deveria prever ao considerar

	possíveis e futuras mudanças de comportamento, e consequentemente de escolhas, dos seus clientes-consumidores? Quais são as ações voltadas a responsabilidade social que o setor tem realizado ou poderia realizar?
Tecnológica	Quais são as tendências tecnológicas no setor e como elas afetam ou afetariam as organizações e os consumidores?
Legislação	Quais são as leis e regulamentações que mais tem afetado o setor atualmente? Quais são seus efeitos nas organizações e também na escolha de compra dos consumidores?
Ambiental	Quais são os impactos ambientais negativos que o setor gera? Quais ações as organizações realizam ou podem realizar para mitigar tais impactos?

Quadro 12. Questões norteadoras para elaboração de pontos de intervenção - sistema etanol de cana-de-açúcar.

Para a elaboração destas questões se baseou na complexidade dos problemas e das decisões envoltas ao contexto do etanol de cana-de-açúcar apresentadas pela análise contextual. Ao compreender os pontos críticos relacionados aos subsistemas econômico, ambiental e político foram elaboradas as questões para encontro dos fatores-chaves, sendo estes, vistos por esta pesquisa, como os pontos que mais influenciam o estado do sistema.

A importância dos pontos de intervenção para a estrutura de seleção de modelos /ferramentas de avaliação de sustentabilidade está na justificativa de que, ao escolher modelos ou ferramentas para discutir e avaliar sustentabilidade se faz necessário preocupar-se com os fatores mais relevantes ao planejamento e decisões do setor sucroenergético, e assim a estrutura auxiliará então, em alcançar as mudanças desejadas.

Logo, para esta pesquisa, os pontos de intervenção são as respostas para as questões, repostas que servem como guia para reflexão do que deve ser considerado dentro de uma problemática em análise, para que objetivos e estratégias sejam desenhadas e modelos e ferramentas de avaliação sejam elaboradas ou escolhidas na intenção de analisar a sustentabilidade de um projeto, planos ou políticas.

A respeito da perspectiva teórico-metodológica dos resultados apresentados por este capítulo, Nunes (2007) esclarece que estes são indissociáveis à visão daquele que se propõe a realizar a análise. Todavia, os resultados não se dão como pura constatação do problema, mas são delineados de acordo com os objetivos da ação por meio de uma leitura crítica da realidade realizada pelo pesquisador.

Nessa etapa da pesquisa, buscou-se compreender sobre os envolvidos da mesma forma que buscou elaborar os pontos de intervenção inseridos no contexto complexo atinente ao setor sucroenergético.

A complexidade não se resume aos problemas em questão, mas também é representada pelas várias formas de visão de mundo (capítulo anterior). As várias dimensões e suas relações somadas as possíveis e diferentes maneiras de resolver problemas, de interesse

comum a muitas pessoas e com significância elevada em várias áreas, como é o caso do etanol, retoma mais uma vez um nível complexo de discussão. No capítulo a seguir serão discutidas as implicações, das diferentes formas de pensamento inseridas na sociedade, somadas com a complexidade da realidade do etanol de cana-de-açúcar em relação à avaliação da sustentabilidade.

5. A COMPLEXIDADE DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE E DE SUA AVALIAÇÃO.

Discutir a sustentabilidade de uma atividade se faz complexo por ser algo intrinsecamente relacionado à realidade, com suas várias dimensões de análise, somado às várias formas de compreensão dos problemas, às diferentes perspectivas sobre os impactos gerados pela relação homem-natureza, e às divergências sobre o que vem a ser uma problemática socioambiental. Assim sendo, a busca por uma visão homogênea de sustentabilidade e a sua operacionalização representa um desafio. Avaliar uma atividade na perspectiva da sustentabilidade não seria diferente.

Nesse capítulo são apresentados os principais debates sobre a ideia de sustentabilidade, a diversidade de visões e os desafios nesse campo. Buscaram-se indícios de como as visões fragmentadas e formas diferenciadas de pensamento influenciam no seu entendimento e na maneira de operacionalizá-la, incluindo o processo de avaliação.

Ao compreender sobre tais influências na operacionalização e avaliação de sustentabilidade foi possível embasar a elaboração do capítulo seguinte, o qual tem como objetivo a formulação de critérios sistêmicos para a composição de uma estrutura analítica de auxílio no processo de planejamento e avaliação de sustentabilidade no contexto do setor sucroenergético. Vale ressaltar que os conceitos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são, aqui, considerados como similares por seguirem a mesma abordagem epistemológica que privilegia a visão sistêmica e complexa da realidade.

5.1 A influência das diferentes visões e pensamentos no conceito e avaliação da sustentabilidade.

Pode-se afirmar que, por influência do paradigma também equivocado de desenvolvimento, economicista e baseado na exploração de recursos naturais e de energia, as questões socioambientais foram encaradas de forma equivocada na sua gênese em 1960.

Até então o desenvolvimento e crescimento econômico eram conceitos análogos (SACHS, 1993; FOLADORI, 2001). A gênese desta analogia se deve à instituição ambígua do que seria o progresso para uma nação ou uma sociedade, a qual influenciou a concepção posterior de desenvolvimento. Segundo Heidemann, (2009), o mito do progresso nasceu no século XVII, com o entendimento de que os acontecimentos históricos sempre se

desenvolvem no sentido mais desejável, por meio do aprimoramento constante, fundamentados na lógica do trabalho humano. Neste sentido, a Era contemporânea sempre deteria mais conhecimento e melhores condições do que a Era anterior. O conceito assumiu o caráter de necessidade, condicionando a ideia de realização à aquisição material.

Esta ideia teve seu início com a revolução burguesa do século XVII, período que marca o início do processo liberalista, que culminaria com o atual capitalismo e muitos dos atuais elementos norteadores das práticas capitalista, tais como o custo de oportunidade e a otimização do capital. No final do século XVIII e início do século XIX, o liberalismo ganhava força dentro da teoria econômica e sua prática passava a ser desejada pelas sociedades que entendiam o mesmo como o modelo mais adequado. Em seu cerne, o liberalismo era entendido como a liberdade dos trabalhadores para vender sua força de trabalho (assalariamento da mão de obra), e dos detentores do capital para operacionalizar suas atividades econômicas segundo suas próprias vontades (noção de direito de propriedade privada e de capital). O liberalismo, juntamente com o desejo burguês que o gerou, promoveram uma busca pelo aumento do ganho derivado da aplicação dos fatores de produção, isto é, a noção de otimização dos recursos (HOLANDA, 2001).

O Estado não deveria exercer papel regulador da atividade econômica, isto é, não deveria regular o *quantus* produtivo, os preços e outros aspectos econômicos, limitando-se à fiscalização, justiça, diplomacia e incipientemente na educação (HEIDEMANN, 2009; HOLANDA, 2001). Sendo assim, não haveria regulamentação política à economia e sim um mercado autorregulado (oferta, demanda, preços, etc.), com ausência de uma política pública que estabelecesse contornos e condicionasse as ações econômicas.

Já no século XX, houve a diminuição da liberdade individual por estabelecimento de leis, sobretudo de regulação de mercado, marcando um crescimento do papel do Estado e diminuindo a importância do mercado autorregulado. Isto, somado as crises observadas no período e as duas guerras mundiais, fez com que o Estado e os mercados passassem a convergir para a necessária revisão do conceito de desenvolvimento para a sociedade (HEIDEMANN, 2009).

Segundo Turner (1987), já era possível verificar tipologias das distintas visões que influenciam até hoje a discussão sobre progresso econômico e meio ambiente. A visão tecnocrata é considerada uma visão antropocêntrica, na qual o ser humano é entendido como o centro e o senhor da existência e os seres e processos da natureza são unicamente para utilidade humana. O ecocentrismo, por sua vez, nega o antropocentrismo e deposita uma

relação igualitária entre os seres e um valor intrínseco à natureza, independente da sua utilidade. Dentro destas visões, notam-se algumas divisões, as quais podem ser observadas no Quadro 13.

Visões	Observações
Tecnocentrismo extremado	Livre funcionamento do mercado combinado à inovação tecnológica, a partir da qual podem ser mitigados os danos ambientais.
Tecnocentrismo complacente	Acredita-se que é possível conciliar crescimento econômico com equilíbrio ecológico baseado em regras de planeamento e gerenciamento do uso de recursos naturais.
Ecocentrismo socialista	Visão preservacionista ⁴⁷ que considera certas restrições ao crescimento econômico em face aos limites físico-sociais.
Ecocentrismo extremado	Visão preservacionista radical baseada na “bioética”, crítica do antropocentrismo. Defende a igualdade de todas as espécies e uma nova ética que substitua os valores antropocêntricos. Dentro desta categoria variam de matizes suaves até posturas extremistas que negam o desenvolvimento econômico e intelectual.

Quadro 13. Visões sobre a relação entre progresso econômico e o meio ambiente.
Fonte: Turner (1987)

Em paralelo, Jatobá, Cidade e Vargas (2009) explicam a evolução do conceito de sustentabilidade, considerando uma perspectiva política em três principais momentos: ecologia radical (até década de 1970), ambientalismo moderado (de 1970 ao final do século XX) e ecologia política. No movimento da ecologia radical a sustentabilidade origina-se a partir das ideias relacionadas com o protecionismo⁴⁸ e com o conservacionismo⁴⁹. Já o ambientalismo, adjetivado como moderado, representa a sustentabilidade na forma conciliatória na proposta de desenvolvimento sustentável. E por fim a sustentabilidade, na perspectiva da ecologia política, transformar-se em instrumento de crítica social.

A perspectiva ambiental até a década de 1970 esteve simplesmente focada nos impactos ecológicos no meio físico (na natureza) representando uma perspectiva técnica, isto é, uma relação homem-natureza, objetivado na produção, na qual o problema ambiental é visto como um problema meramente técnico ou de poluição, depredação ou excesso de poluição (FOLADORI, 2001). Esta abordagem durou até o início de 1970⁵⁰. Foi a partir de então que cientistas, governos, instituições e movimentos sociais começaram a se reunir e discutir

⁴⁷ A natureza deveria ser protegida e a interação homem-natureza somente poderia ocorrer para recreação.

⁴⁸ Movimento ambiental marcado pela proteção total da natureza, sem nenhuma interferência do homem.

⁴⁹ Movimento ambiental marcado pela proteção da natureza com o uso e exploração racional dos recursos naturais.

⁵⁰ Uma evidencia disto é o Relatório Meadows (Os limites do crescimento) que apresentava uma visão catastrófica, sem o otimismo dos intitulados cornucopianos (tecnocentristas).

sobre questões sociais, ambientais além de econômicas, juntamente com o uso racional dos recursos (SANTOS, 2004), mas ainda de forma incipiente.

Então, entre as décadas de 1960-1970 surge o termo eco-desenvolvimento, uma proposta considerada muito mais crítica ao modelo desenvolvimentista do que uma proposta conciliatória, que depois se tornou a proposta do desenvolvimento sustentável. Isso se deu, porque o eco-desenvolvimento estava sendo discutido num período de visão ecológica radical.

A partir desta época se iniciou um movimento global delineado por inúmeros trabalhos, encontros, conferências e acordos entre diversos países ao redor do mundo (Quadro 15). Com isto foi ampliada a participação social, por meio do envolvimento de ONGs ambientalistas e comunidades, o que iniciou o fortalecimento de uma nova estratégia de desenvolvimento, sendo que esta consideraria o meio ambiente como parte necessária ao progresso (DIAS, 2009). O homem passa então a se preocupar com o meio ambiente e incorporar questões sociais, além das econômicas, nas decisões sobre o uso racional dos recursos (SANTOS, 2004).

As preocupações ecológicas começaram a alcançar as instituições oficiais, ações governamentais se tornam mais efetivas e leis ambientais são criadas (JATOBÁ; CIDADE; VARGAS 2009). Como exemplos tem-se a Agência Ambiental Norte-Americana (EPA), criada nos EUA, e a SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiente no Brasil.

Olhando os principais marcos históricos do conceito de sustentabilidade (Quadro 14), e relacionando-os às visões de meio ambiente apresentadas por Turner (1987), percebe-se que as visões de sustentabilidade que permeiam o espaço em debates acadêmicos, na mídia e nas organizações são visões mutáveis, ou seja, o conceito de desenvolvimento sustentável consolidou-se somente depois de um período de visão ecológica radical oposta ao tecnocentrismo, na qual os aspectos econômicos e sociais eram submissos ao enfoque ecológico, representando as preocupações com a aceleração do processo de industrialização.

Logo, a ideia de sustentabilidade e as discussões sobre desenvolvimento começaram a ganhar novos contornos.

Após a Conferência de 1972, as questões ambientais alcançam um caráter mais político, fazendo com que o discurso da sustentabilidade buscasse contornar resistências à sua aplicação nas políticas de desenvolvimento. Esta é a forma conciliatória trazida pela proposta de desenvolvimento sustentável.

Quadro 14. Principais acontecimentos relacionados com o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Pereira, 2009.

De acordo com as perspectivas apresentadas por Jatobá, Cidade e Vargas (2009), a tendência do ambientalismo moderado⁵¹ que nas abordagens de Turner (1987), são definidas como uma visão ambiental tecnocrata complacente⁵².

Porém a compreensão da realidade demandava uma perspectiva mais ampla para o entendimento sobre as várias consequências do processo de desenvolvimento. De acordo com Fernandes e Sampaio (2008) a definição de problemática ambiental é transversalmente ligada às incidências geradas pelas diversas atividades sociais sobre a natureza, ou seja, os problemas ambientais são resultados da relação desequilibrada entre homem-natureza.

“A análise e crítica de modelos de desenvolvimento, tão como a análise e crítica do desenvolvimento sustentável precisa levar em conta uma ampla gama de considerações que considerem as relações entre homem e natureza e também as relações entre homem e homem. A questão fundamental é: como nós construiremos sociedades mais justas, ambos economicamente e socialmente?” (DIEGUES, 1992, p. 22).

Desse modo, a sociedade não se defronta com limites físicos somente, mas sim com contradições sociais, pois apesar da determinação das causas não se mostrar tarefa tão simples (Quadro 15), se sabe que a ação humana tem um papel de destaque e que, de alguma maneira, a crise socioambiental é provocada ou intensificada pela atuação econômica.

Autor	Artigo/Livro	Atribuição da causa da crise ambiental
White (1967)	The historical roots of four ecological crisis. (Artigo)	À ideologia judaico-cristã ocidental. A vontade de Deus é a de dominar e explorar os recursos naturais para o bem do homem.
Hardin (1968)	The tragedy of commons. (ratio)	Ao incremento populacional com sua deterioração ambiental.
Commoner (1971)	The closing circle. Nature, Man and Technology. (livro)	À indústria moderna e o consumismo supérfluo.
Ehrlich e Holdren (1971)	Impact of population growth. (artigo)	Ao crescimento populacional.
Leff (1986)	Ecología y capital. (livro)	Ao capitalismo
O'Connor (1992)	Las dos contradicciones del capitalismo. (artigo)	Ao capitalismo
Foster (1994)	The vulnerable planet: A short economic history of the environment. (livro)	Ao capitalismo

Quadro 15. Causas de crise ambiental.

Fonte: Baseado em White (1967), Hardin (1968), Commoner (1971), Ehrlich e Holdren (1971), Leff (1986), O'Connor (1992) e Foster (1994).

⁵¹ O ambientalismo moderado, de acordo com Pierri (2001), adota uma posição antropocentrada, pois se utiliza do argumento inverso à abordagem egocêntrica, defendendo que é o desenvolvimento que seria comprometido pela degradação ambiental.

⁵² Para Tayra (2006) o tecnocratismo complacente (ambientalismo moderado) representa a posição econômica e politicamente dominante dentro do ambientalismo global contemporâneo.

É o acesso, o tipo de uso e a forma de transformação do meio ambiente que causam os problemas ambientais, bem como podem indicar caminhos para a solução. São as diferentes relações sociais que guiam o comportamento humano, e, portanto, qualquer depredação ou poluição implica em vantagens para certos grupos e ao mesmo tempo desvantagem para outros (FOLADORI, 2001).

Em 2002, na conferência de Johannesburgo (Rio +10), uma terceira perspectiva de sustentabilidade foi selada, e trouxe componentes como a justiça social e a governança, concentrando-se no objetivo de redução da pobreza. A partir deste momento o conceito de sustentabilidade adquire então um caráter socioambiental, chamado de abordagem da ecologia política (JATOBÁ; CIDADE; VARGAS, 2009).

Nesse sentido, surge mais uma das várias visões de sustentabilidade. Tayra (2006), na tentativa de simplificar o entendimento em relação às formas de interpretar os problemas socioambientais e sustentabilidade, indicou duas segregações de visão: a tecnocêntrica a qual se identifica com a sustentabilidade fraca e a ecocêntrica, esta entremearia a ideia de sustentabilidade forte. A sustentabilidade fraca segue a teoria da Economia Ambiental Neoclássica, focada na economia dos recursos naturais e no controle de poluição com objetivo de aumentar a eficiência nos processos de produção, o que não deixa de ser positivo, contudo com crença na tecnologia como solucionadora dos problemas ambientais. Já a Sustentabilidade forte é uma visão na qual o sistema econômico é um subsistema de um todo maior, atribuindo uma restrição absoluta à sua expansão devido à discordância em relação à infinitude dos recursos naturais e da capacidade de superação dos limites ambientais observados (ROMEIRO, 2003).

A partir dessa análise histórica, é possível notar que as primeiras discussões sobre sustentabilidade estavam correlacionadas com as problemáticas ambientais e com o passar do tempo foram incorporadas considerações das estreitas relações existentes entre as temáticas, ambiental, socioeconômica, política, entre outros relevantes para as agendas de desenvolvimento. Porém, esta noção abrangente e complexa de sustentabilidade tem levado a conflitos sobre como avaliá-la. Entende-se então que o conceito de sustentabilidade não é unificado, logo definir maneiras de operacionalização do conceito se torna mais complexo ainda, tendo em vista que tal conceito se apresenta subjetivo e/ou ambíguo, com interpretações divergentes devido às diferentes visões de mundo que a sociedade e a própria ciência possuem, gerando a falta de integração ou conflito de objetivos (LÉLÉ, 1991;

GRACE; POPE, 2011). Autores como Ciegis, Ramanauskiene, Martinkus (2009) explicam esta problemática.

De acordo com os autores na economia, por exemplo, o desenvolvimento asseguraria que a renda per capita de gerações futuras não seja mais baixa que da geração presente. Na sociologia o desenvolvimento sustentável seria aquele que conserva a comunidade, isto é, mantém próximos os relacionamentos sociais nas comunidades. E por último, a ecologia vê o desenvolvimento sustentável aquele que conserva a diversidade de espécie biológica, ecossistemas essenciais, e processos ecológicos. Isso mostra que a sustentabilidade muitas vezes é vista de forma simplificada, unilateral. Em outros casos, é um tema muito complexo por ser multidimensional. Além disso, outras questões intensificam a dificuldade de operacionalizar sustentabilidade. Turner (2006) destaca as seguintes (Quadro 16):

Dificuldade de operacionalização	Visões de Turner
Estilo de vida consumista.	As causas das atividades humanas insustentáveis estão intrinsecamente ligadas ao estilo de vida, as escolhas, padrões de consumo das pessoas, bem como as atividades de produção. A disposição de bens e serviços sustentáveis deve atender às necessidades das pessoas, em vez do querer, exigindo a utilização de menos recursos naturais e considerando os serviços de assimilação de resíduos.
Baixa acessibilidade à qualidade de vida.	São necessárias comunidades sustentáveis e apoio a infraestrutura (incluindo os transportes) para que as pessoas sintam a sensação da cidadania, autonomia para viverem e trabalharem bem.
Valores humanos deturpados.	Para um número crescente de cidadãos uma reavaliação ética é também uma condição necessária para sustentabilidade.
Baixa governança socioambiental.	Sistemas socioeconômicos dominados por princípios do mercado precisam ser modificados por sistemas políticos mais participativos.
Desvalorização do capital social	O conceito de valores comunitários e coletivos deve ser fomentada a par de um maior investimento no capital social, a fim de combater a perda de confiança na sociedade e os declínios nas normas de redes de reciprocidade e de cooperação.
Falta de conscientização e normativas éticas.	É necessário um código de ética que aborde o papel e direitos das pessoas de hoje em relação à sobrevivência do sistema ambiental, e que também reconhecesse o bem-estar das futuras gerações humanas e espécies não humanas.
Ausência de integração das temáticas.	A medição do progresso em termos de sustentabilidade tem sido fragmentada.
Desconsideração da equidade intergeracional	A sustentabilidade requer um não-declínio do estoque de capital ao longo do tempo para ser coerente com o critério da equidade entre gerações, ou seja, conservar ou aumentar as condições que possibilitem as gerações futuras viverem sustentavelmente.

Quadro 16. Dificuldades na operacionalização da sustentabilidade

Fonte: Elaborado pela autora. Baseado em Turner (2006).

Tendo em vista as dificuldades elencadas, a avaliação também se torna um desafio. Diferentes visões geram diferentes propostas e por consequência uma amplitude de, modelos e ferramentas de avaliação de sustentabilidade para aplicação nos campos de planejamento e gestão. A quantidade e tipos de recursos analítico, baseados em diferentes áreas do

conhecimento e muitas vezes em visões fragmentadas da realidade, associadas à ausência de transparência sobre as bases de escolha, fragilizam o processo de avaliação.

5.2 A complexidade na escolha de ferramentas e modelos de avaliação de sustentabilidade.

Diante do desafio de operacionalização da sustentabilidade, como em qualquer outro processo de gestão e governança, a avaliação é elemento chave. O desafio, entretanto, está em promover um tipo de avaliação não fragmentada, no que tange a escolha dos procedimentos e meios para isso, uma vez que são várias e diferentes visões analíticas e/ou objetivos.

Muitos são os estudos e autores que têm proposto modelos e ferramentas para avaliarem o grau de sustentabilidade do desenvolvimento, ou buscado conhecer as características teóricas e práticas dos recursos já existentes, tais como Gasparatos, (2010); Eiseneck, Ludek e Kropp, (2006); Grace e Pope, (2011); Manson (2001); Wiek, Binder e Scholz (2006).

Van Bellen (2004) critica as práticas associadas à avaliação de sustentabilidade. O autor afirma não se conhecer adequadamente as características teóricas e práticas destas ferramentas. Para Tayra (2006) muitas destas ferramentas na verdade seguem uma abordagem de sustentabilidade fraca, indicada por uma visão tecnocêntrica, representada pela corrente da economia ambiental a qual considera que os recursos naturais (fontes de insumo e/ou de capacidade de assimilação de impactos), em longo prazo, não representam um limite irrestrito à expansão econômica (ROMEIRO, 2003), pois pode ser realizada substituição total entre as diferentes formas de capital (SOLOW, 1974, 1986, 1993 apud GASPARATOS, 2010). Romeiro (2003) afirma que esta visão segue a abordagem econômica neoclássica que negligencia a natureza na função econômica de produção. Seguindo esta razão, nada resultaria de nada sendo que, nada seria devolvido ao nada, isto é, as entradas (inputs), saídas (outputs) e suas relações com o estado do meio são desconsideradas, o que não se observa na realidade sistêmica na qual se passa a vida e mesmo a própria economia (BINSWANGER, 1999).

Essas críticas não são diretamente aos modelos e ferramentas de avaliação de sustentabilidade, pois estas não são livres de valor. Isto significa que tais recursos analíticos incorporam teorias e valores da visão de mundo provenientes daqueles que os elaboram ou os decidem por utilizá-lo. Porém, não se possui garantia sobre a adequabilidade da forma de escolha ao se decidir por um método.

Usuários (pesquisadores, gestores políticos, interessados, entre outros) não costumam definir adequadamente as razões da escolha por um determinado método em relação aos outros (GASPARATOS; SCOLOBIG, 2012). O conhecimento e afinidade com certa abordagem parecem ser os principais motivos para a escolha de um determinado procedimento (MEADOWS; 2009, CINELLI; COLES; KIRWAN, 2014), sobretudo quando as formulações matemáticas e computacionais excedem as capacidades de seus usuários em entendê-los e de seus criadores em explicá-los (HANNEMAN, 1988).

Além disso, as maneiras de avaliar sustentabilidade muitas vezes têm sido decididas e empregadas por analistas que adéquam a situação aos seus valores e área de entendimento. Nesse caso nem sempre a escolha estaria alinhada aos valores dos afetados e interessados logo existem consequências éticas e práticas em um processo sem transparência e critérios pertinentes. Ao escolher a forma de avaliar a sustentabilidade, o analista estaria impondo uma visão de mundo, sendo que ele, muito provavelmente não será diretamente afetado pela situação em avaliação. Os atributos considerados pela avaliação escolhida, afetam os resultados pois são os conceitos de valor que a avaliação traz que serão vistos como os mais importantes (GASPARATOS, 2010). Ridder et al. (2007) acrescentam que a escolha as vezes é baseada na disponibilidade dos dados, tempo, orçamento, acessibilidade ao recurso de avaliação, ao invés de uma base teórica ou da necessidade do contexto em avaliação.

Na prática, a implicação destas afirmativas está na aceitação ou rejeição dos *stakeholders*, por estes não terem participado do processo, ou melhor, não terem seus valores como orientadores da escolha. Por esse motivo, estes usuários, a longo prazo, podem não usufruir do resultado da avaliação, ao não aceitá-lo (MEADOWS, 2009; GASPARATOS, 2010).

Em relação aos vários tipos e quantidade de métodos, estruturas e ferramentas existentes para avaliar sustentabilidade (GASPARATOS, 2010; WIEK; BINDER; SCHOLZ, 2006) podem ser citados os métodos de análises de cenários, de análises multicritérios, de análises de ciclo de vida e os métodos de avaliação integrada de sustentabilidade (Figura 21).

Figura 21. Tipologia de Ferramentas de avaliação de sustentabilidade.

Fonte: Gasparatos e Scolobig (2012, pg. 2).

Somam-se a estes, os modelos teórico-conceituais, matemáticos, de modelagem e simulação, entre muitos outros. Uma segunda questão relacionada ao fato de existirem vários modelos e ferramentas de avaliação de sustentabilidade estaria na dúvida de qual seria a opção mais adequada para uma análise e discussão efetiva sobre os objetivos de sustentabilidade almejados. Tem sido visto na prática que a realidade é bem mais complexa do que simplesmente a capacidade de modelos em captá-las (TURNER, 2006; GASPARATOS, 2010; EISENECK; LUDEKE; KROPP, 2006; GRACE; POPE, 2011; MANSON, 2001). Por esse motivo, um processo de avaliação, tal como a escolha dos recursos analíticos, precisa considerar sistemicamente as questões que fragilizam a avaliação da sustentabilidade, do mesmo modo a complexidade da realidade.

As terminologias usadas para avaliação de sustentabilidade também podem ser vistas como um problema, pois são múltiplas e diferem de acordo com as teorias e modelos utilizados para compor o instrumento. Para amenizar esta questão, se faz necessário saber quais são as características essenciais de uma avaliação de sustentabilidade holística e sistêmica, e quais seriam os atributos que possibilitassem diminuir as limitações citadas.

Ao buscar entender qual seria o perfil mais adequado de um modelo ou ferramenta de avaliação de sustentabilidade, Gasparatos et al. (2008) e Gasparatos (2010) apresentam algumas considerações. De acordo com estes autores, são dois os perfis existentes: o reducionista e o não reducionista. O primeiro tipo é descrito como aquele com ênfase em uma dimensão em relação às várias dimensões da sustentabilidade, muitas vezes agregam informações e dados, não evitando conflito de escolhas entre diferentes formas de capital, resolvendo um problema, mas ocasionando outro (*trade-off*). Este é aspecto claro de uma visão de sustentabilidade fraca. Logo, os modelos e ferramentas reducionistas não seriam a melhor opção.

Ao seguir uma abordagem forte de sustentabilidade os modelos e ferramentas de avaliação considerariam as várias dimensões que representam a realidade (tais como econômica, social, política, entre outras) como subsistemas de um sistema maior (VAN BELLEN, 2004; ROMEIRO, 2003; MEBRATU, 1998) impondo limites nas decisões que tenham efeito prejudicial às gerações futuras no que se refere à diminuição da irreversibilidade na capacidade do meio ambiente ou da sociedade fornecer funções importantes (GASPARATOS; EL-HARAM; HORNER, 2008). Este seria um perfil não reducionista.

A tipologia fundamentada na sustentabilidade forte é uma das características

essenciais de modelos integrados e sistêmicos, os quais requerem a manutenção do sistema como um todo, considerando a interdependência de seus subsistemas e as propriedades que emergem dessas relações. Logo, acompanhando as diferentes visões na tentativa de compreender as fontes e as soluções para os problemas modernos, e evidenciando as variações na forma de pensar sobre o que venha a ser o desenvolvimento sustentável, se torna essencial assumir uma abordagem adequada de definição e resolução dos problemas da realidade. Assim, o pensamento linear e mecanicista deve dar lugar ao pensamento não linear e sistêmico. Isto porque o modelo de pensamento convencional, baseado em uma imagem mecânica do mundo e em uma causalidade linear para explicar os fenômenos, assume que certas causas estão agindo em conjunto linearmente para resultar em um evento.

Sendo assim, o primeiro passo, para fortalecer o processo de avaliação de sustentabilidade, é o de entender quais os atributos necessários para que o processo de avaliação empregue a perspectiva da sustentabilidade, ao mesmo tempo em que aplique uma visão holística e sistêmica na busca da resolução de um problema. Nesse caso, a literatura sobre princípios e requisitos de características sistêmicas daria suporte a avaliação da sustentabilidade.

5.3 A avaliação de sustentabilidade orientada pela abordagem sistêmica.

Conceitos do pensamento sistêmico e a teoria e prática da avaliação de sustentabilidade estão próximas desde a década de 1980. Alguns conceitos do pensamento sistêmico são vistos mais comumente na literatura de avaliação de sustentabilidade, como por exemplo, a importância em considerar as múltiplas perspectivas dos diferentes envolvidos ao avaliar um sistema (CABRERA; COLOSI; LOBDELL, 2008). Os principais conceitos em abordagem holística sistêmica, abarcados pela literatura analisada e considerados essenciais a um modelo ou ferramenta de avaliação de sustentabilidade serão apresentados a seguir.

5.3.1 Abordagem integrada

Para Gasparatos, El-Hadam e Horner (2008) o reducionismo, devido à tendência de quantificar e agregar as questões em análise em uma única medida, ainda é o paradigma dominante para a avaliação da sustentabilidade, uma vez que diferentes dimensões são consideradas uma única coisa, com uma única escala, um único objetivo. Por outro lado, Manson (2001) afirma que existe certa carência no que tange trabalhos e métodos bem

definidos para lidar com problemas complexos, pois a ontologia e epistemologia da temática complexidade ainda estão em sua gênese de desenvolvimento.

O problema é que a fragmentação do sistema complexo o leva a perder suas propriedades emergentes e sinergia (objetivo) o que torna difícil a seleção da melhor ferramenta para análise de sistemas complexos (MEADOWS; MEADOWS; RANDERS, 2004). Hjorth e Bagheri (2006) buscam explicar melhor essas questões.

Figura 22. *Loops* de viabilidade do mundo real e suas inter-relações.
Fonte: Hjorth e Bagheri (2006).

A teoria geral de sistemas e o desenvolvimento sustentável podem ser correlacionados da seguinte maneira: um sistema é controlado por mecanismos de compensação que destroem os *loops* de reforço instaurando equilíbrio e garantindo que o sistema funcione. No mundo real, esses *loops* (Figura 22) são responsáveis pela viabilidade do sistema. Logo um planejamento que almeja o desenvolvimento sustentável se resumiria em identificar esses *loops* de viabilidade e mantê-los funcionais e para isso se faz necessário não haver rupturas para não diminuir a capacidade de resiliência e sinergia do sistema, entre outras questões.

Da mesma maneira Jiliberto (2004) também entende que a análise do desenvolvimento sustentável deveria ser baseada não somente nas partes, mas no sistema como um todo por meio da identificação da estrutura, ou seja, das relações do sistema. Não se pode desconsiderar, o autor ressalva, que uma esfera ou dimensão que compõe um sistema é composta por vários outros subsistemas. A título de exemplo há a esfera social, composta de vários outros setores (subsistemas), tais como educação, emprego, lazer, cultura...

Em outras palavras, um sistema focal está conectado de várias maneiras em uma hierarquia de subsistemas aninhados que funcionam em múltiplas escalas espaciais e temporais. A escala espacial maior também pode influenciar o sistema focal da mesma forma. Logo, sistemas são aninhados em uma hierarquia e por isso uma mudança específica pode gerar uma mudança no todo. Exemplificando, a mudança climática, regimes governamentais, ciclos de surtos de pestes, podem fortemente interagir com a dinâmica dos sistemas focais (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

Portanto, quando se busca analisar o desenvolvimento sustentável de uma região é necessário consideradas as unidades estruturais (esferas, ou dimensões, ou subsistemas) de maneira integrada.

5.3.2 *Sistemas Sociológicos*

Ao colocar a relação seres humanos e natureza como aspecto central da sustentabilidade faz surgir um conceito de conjunto unificado denominado Sistema Sócio ecológico⁵³ - SSEs (OSTROM, 2007). Os SSEs são sistemas que possuem múltiplos elementos (cultural, ecológico, tecnológico, econômico e outros) integrados e interagindo (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

⁵³ A literatura traz vários nomes para este tipo de sistemas. São encontrados: sistemas sócio-ecológicos (OSTROM, 2007), ecossistemas humanos (KORMONDI e BROWN, 2002), sistemas humanos e naturais acoplados – com abreviação CHANS em inglês (Coupled Human and Natural Systems) (NEWELL et al., 2005; LI AN, 2012).

Ao se buscar a sustentabilidade se busca manter a integridade do SSEs, ou seja, não exceder limites (*thresholds*) e para isso é necessário recorrer ao conceito de resiliência e considerar que os SSEs possuem alta complexidade devido às interações entre variáveis biofísicas e culturais.

Suas partes (dimensões, cultural, ecológica, tecnológica, econômica...) podem responder a mudanças geradas por outras, causando retornos (*feedback*) que podem amplificar a mudança no sistema maior ou pode ter um efeito estabilizador. Devido a estas interações, SSEs são auto organizáveis (se ajustam por meio das interações entre os seus componentes), e assim novas configurações podem emergir por meio de adaptações. (RESILIENCE ALLIANCE, 2010). Os sistemas sócio ecológicos são compostos por diversas outras categorias de sistemas como elucida Newell et al. (2005, p.304):

“One of the principal challenges in the study of human–environment systems is to understand the interactions between phenomena that occur at different temporal and spatial scales. In hierarchical systems there is a direct correlation between scale and organisational level...Thus, our ability to build integrated models with adequate explanatory power depends directly on our understanding of issues of organisation and scale.”

Para melhor entendimento sobre o que Newell et al. (2005) apresentam, pode-se exemplificar a complexidade de um sistema sócio ecológico correlacionado a sustentabilidade do etanol de cana-de-açúcar. A produção do etanol depende do manejo agrícola, tal como solo e nutrientes, quantidade e qualidade de água adequados (sistema abiótico). Por conseguinte, é necessária a colheita mecanizada (sistemas mecânicos) e outras exigências da legislação (sistemas simbólicos). E por fim, a sua aquisição pelo comprador é dependente da cultura de mobilidade daquela sociedade (sistema simbólico) e da possibilidade de compra (sistema socioeconômico). Apesar deste exemplo se fazer compreender, o mesmo também apresenta o quanto é complexa as várias e possíveis relações entre os diferentes sistemas e seus componentes, as diferentes escalas e formas de organização, sendo estas características inerentes aos sistemas sócio ecológicos.

5.3.3 Resiliência e thresholds.

Walker e Salt (2006) definem resiliência como sendo a capacidade de um sistema em absorver um choque (perturbações) sem prejuízos e alterações a sua estrutura, função e feedbacks. Os *thresholds* são os limiares, os pontos que separam os diferentes estados de um sistema, estados provocados por mudanças graduais ou abruptas (RESILIENCE ALLIANCE,

2010). A identificação, definição ou discussão sobre limiares que atingem as funções de um subsistema é algo essencial para a avaliação de resiliência do mesmo, e por isso fundamental para a sustentabilidade do sistema (GRACE; POPE, 2011). Na mesma linha conceitual existe a Resilience Alliance (2010), uma rede de especialistas e pesquisadores na área. A rede explica que resiliência é uma propriedade do sistema a qual se refere à magnitude da mudança ou distúrbio que um sistema pode experimentar sem transformar o estado, a estrutura e propriedades funcionais de forma que ofereça diferentes serviços ecossistêmicos. Na maioria dos casos as pessoas só se tornam conscientes dos limiares dos sistemas (*thresholds*) quando passam pelas alterações e os benefícios desaparecem, com maneiras difíceis de retorno ao que era anteriormente. De qualquer forma, identificar limiares não é uma tarefa fácil:

“A transição para um estado alternativo do sistema pode ser um objetivo de gestão alcançável através de um planejamento cuidadoso, envolvimento de *stakeholders* e tomada de decisão adaptativa. Porém um desafio chave é apresentado pelo *threshold* em si, o qual tende não ser nem estático nem simples de identificar. Portanto é mais importante identificar os fatores que pressionam o sistema além de um limiar do que estimar as condições precisas sob as quais se rompe um (RESILIENCE ALLIANCE, 2010, pg. 27, *tradução nossa*)”.

No caso de rupturas dos limiares de um estado do sistema, tal situação poderá levar a uma reorganização do mesmo, o que implica mudanças em seu funcionamento. Isto porque a transição entre os estados de um sistema pode ser lenta e gradual, mas outras vezes pode ser abrupta.

Ser consciente dos limites (*thresholds*) críticos entre os estados pode potencialmente fornecer alerta ou oportunidades para prevenir alterações indesejáveis no sistema. Em muitos sistemas, uma vez que um *threshold* é ultrapassado se torna difícil (não impossível) retornar ao estado prévio. Embora a recuperação natural seja possível se o agente estressor for removido, pode levar tempo, até mesmo gerações. Durante este tempo a sociedade precisa saber lidar com os resultados indesejáveis da mudança de estado, como por exemplo, menor provisão de serviços ecossistêmicos (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

O termo resiliência pode ser empregado tanto para a dimensão ecológica, como para a social, como sendo a capacidade da sociedade ou do indivíduo em enfrentar e reagir (sem consequências negativas ao ser humano) situações de risco (DUARTE, 2013).

5.3.4 Governança

O sistema de governança é formado pela interação das instituições formais (regras sistematizadas tais como constituições, leis e direitos), informais (regras que expressam normas comportamentais ou sociais de uma família, comunidade ou sociedade) e stakeholders e por esse motivo envolve múltiplos setores e escalas. A governança guia como a sociedade funciona e toma suas decisões (RESILIENCE ALLIANCE, 2010). Em poucas palavras, a governança pode ser entendida como as interações entre os atores (órgãos governamentais e os outros setores) e seus papéis em processos decisórios e de gestão.

Ao entendermos que a questão da sustentabilidade é um problema complexo e que os sistemas em estudo são vistos como sistemas sócio ecológicos, devido as suas características de interação de variáveis culturais, políticas e biofísicas, entre outras, a participação dos diversos stakeholders (interessados e especialistas das várias áreas de conhecimento) no que se refere ao entendimento do contexto, de suas variáveis e interações se faz essencial (ANDERSON; TEISL; NOBLET, 2012).

Mesmo que existam objetivos claros e um guia para alcançá-los, as escolhas e decisões que interferem no estado do SSE precisam ser dadas pelos atores inseridos e envolvidos a ele. Para isso, os sistemas de governança precisam se tornar integrados tanto horizontalmente (entre os subsistemas) como verticalmente (entre escalas). Assim haverá uma governança colaborativa entre os vários níveis de atores (governo, agentes econômicos, ONGs pesquisadores e comunidade em geral), ou seja, os diversos atores devem trabalhar juntos. Nesse contexto os atores responsáveis por este modelo explicam que o governo precisa possuir o papel central de responsabilidade pelo SSE, pois é ele que deve agir em nome dos cidadãos e manter a estrutura para a governança colaborativa (GRACE; POPE, 2011).

No que tange a avaliação da sustentabilidade, os valores dos *stakeholders* podem ser um bom princípio orientador para a escolha de ferramentas e modelos de avaliação mais apropriados. Logicamente, com estes não irão decidir diretamente devido à natureza complexa das ferramentas e modelos. Os diferentes mecanismos destes somados as diferentes abordagens e áreas de conhecimento requerem conhecimento de especialistas no processo de decisão sobre a forma de avaliação.

Para isso o ideal seria uma equipe multidisciplinar que possa contribuir com visões de mundo e conhecimentos diferentes e que tenha membros das áreas sociais para capturar os valores dos *stakeholders* de uma forma válida técnica e cientificamente (MEADOWS, 1999; GASPARATOS, 2010).

Por outro lado, a escolha feita exclusivamente pelo especialista, faz com que seus valores e seu conhecimento seja a grande influência da decisão a tomar. Sendo assim, a pluralidade de visões e valores auxiliaria na busca pelo sistemismo.

Irvin e Stansbury (2004) expõem como vantagem da participação desses atores, o alto potencial de aprendizagem e o planejamento colaborativo. Por outro lado, a desvantagem estaria correlacionada ao posicionamento de atores. Por isso a decisão orientada ao consenso passa a ser importante no que tange a busca pelo desenvolvimento sustentável por atores com visões e agendas distintas.

5.3.5 Gestão adaptativa

É uma teoria que lida com incertezas e tem como ponto central o aprendizado a partir de experiências, ao longo do processo. A complexidade dos SSEs requer que a governança adote a gestão adaptativa, para possibilitar a capacidade do SSE de se adaptar a mudanças de relações entre sociedades e ecossistemas de forma que sustente os serviços ecossistêmicos.

Grace e Pope (2011) explicam que a gestão adaptativa é a consideração do estado estático do SSE para o contínuo, ou seja, as mudanças e incertezas ao decorrer do tempo. Sendo assim estes autores colocam alguns critérios a serem seguidos para auxiliar na gestão adaptativa de um SSEs (Quadro 17).

1.	Estabelecer uma estratégia de “engajamento” entre os atores com a identificação dos mesmos e o estabelecimento de um método de governança colaborativo.
2.	Definir os limites do SSE focal. Isso exige a compreensão das interações dentro e entre os subsistemas. Ex: uma cidade tem suas relações dentro dela e ao redor dela, relações que dão suporte a cidade tais como fonte de alimento, energia, etc. Os autores definem esse processo como identificação da panarquia ⁵⁴ e é essencial para a avaliação do SSEs e para a gestão adaptativa.
3.	Estabelecer objetivos “aspiracionais” de sustentabilidade, ou seja, a comunidade reflete sobre as circunstâncias contemporâneas, o contexto do lugar e do tempo nos quais eles estão inseridos. Estes objetivos precisam existir para cada subsistema e somados ao objetivo global do framework que é saúde e resiliência ao SSE.
4.	Descrever o estado existente. É importante a elaboração de relatório com fatos e opiniões sobre a situação (estado) existente do SSEs (subsistemas) descrito em uma linha temporal histórica. Indicações sobre o estado atual do SSE e as estratégias de intervenção são fundamentais para a sustentabilidade.

⁵⁴ Panarquia é um termo usado para descrever um modelo de sistemas ligados hierarquicamente representados que interagem por entre as escalas (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

5. Modelagem Sistêmica. O nível de detalhamento depende da informação e recursos disponíveis, incluindo a complexidade do sistema. É importante pelo menos estabelecer os principais estoques e fluxos do estado existente. ⁵⁵
6. Identificação e definição de <i>thresholds</i> . A identificação ou definição dos limites de um subsistema é algo essencial para a avaliação de resiliência do sistema. Os valores dos atores e envolvidos são muitas vezes fatores determinantes nas definições e nas decisões relacionadas a estes limites. ⁵⁶
7. Elaboração de cenários. Identificar as variáveis-chaves do sistema que irão influenciar os resultados futuros do SSE. Com isto é possível a elaboração de estratégias de intervenção e para o monitoramento e avaliação dos elementos da gestão adaptativa.
8. Objetivos e metas de médio e longo prazo devem ser concebidos, para mudar o estado atual do SSE para o estado futuro desejado ou até mesmo para manter a saúde e resiliência atual do SSE. Estes são vistos pelos autores como objetivos operacionais.
9. Elaboração de Plano de Gestão Adaptativa ⁵⁷ . Este tipo de plano precisa identificar estratégias de intervenção para alcançar os objetivos.
10. Monitoramento e Avaliações. O monitoramento pode ser baseado no plano de gestão adaptativa e deve gerar um relatório regularmente tanto sobre o SSE em geral quanto sobre cada um dos subsistemas que o compõe. Este relatório de monitoramento permiti comparar o estado atual do SSE em relação aos objetivos aspiracionais e também à saúde e resiliência do SSEs.

Quadro 17. Critérios gerais para gestão adaptativa de um SSEs.

Fonte: Baseado em Grace e Pope (2011).

A proposta de Grace e Pope (2011) para a gestão adaptativa de um SSE e pode ser usado como um processo de avaliação dos potenciais impactos ou de aceitação de uma nova proposta (política, plano, programa ou projeto) cujo proponente venha a ser privado ou um ator institucional dentro da estrutura de governança. São exemplos de características de governança com gestão adaptativa: novas políticas para gestão dos ecossistemas, novas abordagens para relacionar agências e *stakeholders*, novos arranjos institucionais e organizacionais, etc. Entender governança é, portanto, fundamental para entender interações sócio-ecológicas em um sistema focal (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

5.3.6 Trade-offs e sistemismo

No contexto da sustentabilidade, o planejamento é considerado estratégico quando se é possível explorar as alternativas mais sustentáveis e não forçar que uma única alternativa seja

⁵⁵ Os autores indicam como guia materiais trabalhos de autores como Forrester, Meadows, Hjorth e Bagheri e Lektuers.

⁵⁶ Os autores citam que a *Resilience Alliance* possui guias no site (<http://www.resalliance.org/>).

⁵⁷ Os autores sugerem alguns materiais que podem ser utilizados como guias para a elaboração de Planos de Gestão Adaptativa. São estes materiais: Teoria da mudança (Weiss, 1972) e Program Logic (Funnel e Rogers, 2011). Estes materiais refletem os resultados desejados definidos, as relações de causa e efeito entre atividades e resultados de curto e longo prazo.

sustentável. Quanto mais estratégico o nível da avaliação menos são os *trade-offs* (GIBSON, 2013 apud DUARTE, 2013).

Trade-offs podem ser entendidos como uma decisão que considera a relação “perda-e-ganho”, ou seja, ao se tomar decisões relacionadas a vários temas e problemas, é possível que esta decisão beneficie algumas partes e desconsidere ou prejudique as outras, aqueles de menor interesse. Isso não deve acontecer ao se buscar a sustentabilidade, pois essa exige a equidade de soluções. Porém o que muitas vezes acontece é uma área, temática ou variável sendo mais valorizada do que outra no processo decisório. Geralmente esta diferença é mais significativa em questão de perdas na área ambiental e social do que na econômica, devido à desigualdade na distribuição do poder de decisão.

É importante definir sempre quais serão os *trade-offs* mais significativos e destes quais são aceitáveis em consideração a limites bem definidos por aqueles que são interessados ou influenciados pela temática em foco. De qualquer maneira isso não é algo tão simples de ser feito, uma vez que muitos são as diferenças de percepções distintas dos atores e por isso muitos são os conflitos, se tornando um grande desafio na condução de avaliações integradas de sustentabilidade. Assim, é importante haver um limite nas condições e nas negociações que rodeiam a tomada de decisão quando o objetivo é buscar meios de operacionalizar a sustentabilidade. Para isso, são necessários modelos adequados que possibilitem a integração das várias áreas envolvidas na questão, e mais, que possibilitem compreender as inter-relações entre elas. Gibson (et al. 2005) explicam que não há modelos atuais que sejam eficientes no que tange esta questão, uma vez que a perspectiva reducionista ainda é dominante. Gasparatos, El-Haram e Horner (2008) concluem que, uma vez que as ferramentas atuais possuem limitações em contemplar critérios de sustentabilidade de maneira sistêmica, seria preciso, por meio do entendimento do contexto em análise, conjugar várias delas para amenizar as fragilidades da avaliação.

5.4. Princípios sistêmicos de sustentabilidade.

A heterogeneidade do conceito de sustentabilidade, tal como da sua aplicação na definição de desenvolvimento⁵⁸ (Quadro 18), pode ser vista como uma vantagem, uma vez

⁵⁸ Os conceitos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são, por este trabalho, considerados como similares por seguirem a mesma abordagem epistemológica na esfera científica e sua utilização condicionadas com adequação à abordagem sistêmica no que tange a interpretação e solução de problemas ambientais.

que permite certa flexibilidade, dinamismo e/ou capacidade de adaptação às diversas situações e contextos (KATES; PARRIS; LEISEROWITZ, 2005).

Ao analisar os exemplos do Quadro 19, evidencia-se que na sua essência, todas as interpretações levam a mesma ideia, a qual segundo GALLOPÍN (2003) advém da constatação de que, como todo sistema sofre mudanças (até mesmo ecossistemas intocados, reciclam seus componentes, adaptando-se a transformações e co-evoluindo com elas), o ponto essencial do sentido do conceito não seria o de eliminar mudanças, mas sim criar formas de gerenciá-las para evitar a destruição de elementos que auxiliam na renovação / recuperação do sistema. Este raciocínio indica claramente a importância de relacionar o conceito à ideia de mudança, tendo em vista que o período atual é de transformações tecnológicas, econômica, ambientais, dentre outras. Em outras palavras, o desafio é garantir que as mudanças que afetam a humanidade sejam mudanças para melhor.

Definições de desenvolvimento sustentável/sustentabilidade	
Solow (1992)	Define a sustentabilidade como uma questão de preservar a capacidade de produção para um futuro em longo prazo.
Pearce, Barbier e Markandya (1990)	Considera o desenvolvimento como um vetor de objetivos sociais desejados, os quais a sociedade tenta maximizar trabalhando em seus componentes. Os componentes do vetor são: aumento da renda real per capita, melhoria na higiene e alimentação, sucesso escolar, o acesso aos recursos, distribuição equitativa da riqueza e aumento da liberdade.
Fuwa (1995)	Define sustentabilidade biofísica como preservar ou melhorar a integridade dos sistemas de suporte à vida na terra.
Klauer (1999)	Considera a ideia comum de diferentes definições de sustentabilidade, a de preservar uma condição.
WCED (1987)	Sustentabilidade é definida como preservar a capacidade dos seres humanos para satisfazer as suas necessidades.
Mog (2004)	O desenvolvimento sustentável é visto como um processo interminável que não pode ser definido nem por metas fixadas, nem por meios específicos para atingi-los, mas sim por uma abordagem que considere as mudanças.

Quadro 18. Exemplos de definições de desenvolvimento sustentável e seus autores.

Fonte: Baseado em Hjorth e Bagheri (2006) e Mog (2004).

Sendo assim, se faz necessário definir escolhas sobre o que deve ser sustentado e o que deve ser mudado, reconhecendo a interdependência que as dimensões ambientais, econômicas, sociais e institucionais representam, e não definir um conceito universal e indiscutível. Ainda segundo Gallópin (2003), o objetivo de um Desenvolvimento Sustentável não deve ser só o de preservar e manter a base ecológica, por exemplo, mas também o de

aumentar a capacidade de todas as dimensões envolvidas em lidar com a mudança, e assim manter e ampliar as opções disponíveis para enfrentar um mundo social e natural em permanente transformação.

Logo, para que uma avaliação de sustentabilidade seja capaz de abarcar a complexidade de um problema como, por exemplo, a realidade do contexto do etanol de cana de açúcar, se faz clara a necessidade de embasamento analítico sistêmico por meio de características que ao mesmo tempo, consiga lidar com a complexidade da realidade dos vários contextos e problemas envolvidos e que viabilize a operacionabilidade do conceito de sustentabilidade. O número e a variedade desses fatores somados as suas relações de interdependência e sua dinâmica apenas podem ser compreendidos mediante uma visão sistêmica da realidade (BERTALANFFY, 2013; FORRESTER, 1971).

Por conseguinte, as questões de cunho socioambientais precisam ser vistas como problemas complexos, de escala planetária, organizadas em subsistemas multifacetados e inter-relacionados, difíceis de ser reduzidos via modelos e que fogem de uma perspectiva monodisciplinar. Pensando nos problemas como sistemas e seus componentes, o desenvolvimento sustentável deve nortear o gerenciamento das mudanças permitindo a adaptação e a evolução dos componentes que formam esses sistemas, e assim auxiliando na recuperação ou renovação do sistema em si.

Por tais motivos, a problemática ambiental precisa ser cercada de uma discussão mais integrada, e que tem caminhado para uma posição consensual de que o reducionismo e a fragmentação não são adequados para entender fenômenos e suas inter-relações sistêmicas (VIEIRA, 2009; BRANCO, 1999; FOLADORI, 2001). Apesar destas justificativas a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável parecerem difíceis de serem colocados em prática. Hjorth e Bagheri (2006) explicam que a fragilidade maior está na abordagem adotada, a qual não deve ser única, monodisciplinar, e sim holística e integrada em relação a problemas interdisciplinares e regionais. Em vista disso, não é possível sustentar um sistema olhando somente para uma única peça dele, entretanto, é possível desenvolver de forma sustentável ao cuidar de todo um sistema. Ao levantar as principais características da abordagem sistêmica e analisar alguns princípios de avaliação de sustentabilidade em pesquisas, foi possível identificar o pensamento sistêmico envolto em algumas propostas de avaliação.

Por exemplo, Hacking e Guthrie (2008), explicam que independente das diferenças, a avaliação de sustentabilidade deve possuir basicamente três características essenciais para averiguar a sustentabilidade: abrangência (diversas temáticas); estratégia (diversos recortes,

tanto espacial quanto temporal, comparação entre cenários, foco amplo com consideração de incertezas e impactos cumulativos); e integração (relações e conexões entre temas). Em outras palavras, capacidade de integração de temas e maior amplitude estratégica, sendo de aplicação em qualquer nível de decisão: projetos, programas, planos e políticas são o mínimo que se espera de uma avaliação de sustentabilidade.

Além dessas considerações, Gibson (2012) indica algumas características (Quadro 20) que ele considera fundamentais para uma avaliação de sustentabilidade.

Características da avaliação da sustentabilidade
1. A avaliação de sustentabilidade deve procurar reverter tendências negativas predominantes de insustentabilidade, reconhecendo que cada projeto, seja implementação ou expansão, programa, plano e política deve trazer contribuições positivas para um futuro desejável e durável. As avaliações ambientais tradicionais são focadas em minimização de impactos negativos, o que não é suficiente para alcançar objetivos de sustentabilidade;
2. A avaliação de sustentabilidade deve buscar integração entre os principais fatores que estiverem relacionados e que afetem perspectivas de um futuro desejável e durável. Comumente, as instituições com poder de decisão possuem pouca capacidade ou pouco interesse em adotar abordagens integradoras, se forma que se as integrações não forem feitas na avaliação de sustentabilidade não serão feitas posteriormente;
3. A avaliação de sustentabilidade deve buscar ganhos múltiplos e mútuos. A AS deve ser um canal para a interdependência da ecologia, economia e da sociedade, buscando maneiras de atender aos três de uma vez, de modo que possam ser gerados círculos virtuosos, numa espiral ascendente;
4. A avaliação de sustentabilidade deve buscar a minimização de trade-offs. Não se trata de equilibrar a economia, ecologia e sociedade como prioridades concorrentes e realizar concessões, mantendo habituais sacrifícios de interesses ecológicos e humanos que são o centro das tendências insustentáveis e tem representação mais fraca nas mesas de decisão;
5. A avaliação de sustentabilidade deve respeitar o contexto. Em cada aplicação, as avaliações de sustentabilidade devem respeitar as particularidades do contexto, e especificar os critérios para a avaliação e tomada de decisão, levando em consideração os principais problemas, aspirações, capacidades e interesses dos atores e lugares envolvidos;
6. A avaliação de sustentabilidade deve ser, na medida do possível, aberta e amplamente participativa. Isso porque a avaliação de sustentabilidade não pode ser um mero exercício técnico, é sempre uma questão de escolhas públicas entre as opções e os objetivos para um futuro desejável e duradouro. Além disso, a abertura e envolvimento também são necessários porque o desafio de construir a sustentabilidade está além das capacidades dos governos e mercados por si só de forma que devemos usar todas as oportunidades para promover o conhecimento e fortalecer as capacidades de participação dos cidadãos e das organizações da sociedade civil.

Quadro 19. Características da avaliação da sustentabilidade.

Fonte: Duarte (2013) adaptado de Gibson (2012).

Entre as propostas, existem princípios que servem como guia para implementação e/ou avaliação de um processo que almeje a sustentabilidade, e que também possuem propriedades abarcadas pela teoria sistêmica, tal como os princípios de Bellagio (Quadro 20). Estes foram elaborados em 1996 por um grupo de especialistas envolvidos com o IISD – *International Institute for Sustainable Development*⁵⁹ – um instituto internacional de pesquisa em políticas públicas para o desenvolvimento sustentável com o intuito de refletir a evolução das

⁵⁹ O IISD é uma corporação independente e sem fins lucrativos.

discussões globais sobre o desenvolvimento sustentável. Em 2009 os princípios originais foram atualizados juntamente com o título do compêndio. O que anteriormente era conhecido somente como Princípios de Bellagio, se tornou Princípios de Avaliação e Mensuração da Sustentabilidade de Bellagio, ou Bellagio STAMP. Outra alteração se refere ao número de princípios que inicialmente eram dez e atualmente são oito (PINTÉR et al., 2012).

Princípios	A avaliação do progresso rumo à sustentabilidade deve
Princípio 1: Visão orientadora	A avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável será guiada pelo objetivo de oferecer bem-estar respeitando a capacidade da biosfera em sustentá-lo para as gerações futuras.
Princípio 2: Considerações essenciais	A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável levará em consideração: <ul style="list-style-type: none"> • Os sistemas social, econômico e ambiental como um todo e as interações entre seus componentes, incluindo questões relacionadas com a governança; • Dinâmica e as interações entre as tendências atuais e <i>drivers</i> de mudança; • Riscos, incertezas e atividades que possam ter um impacto além de fronteiras; • Implicações para a tomada de decisão, incluindo os <i>trade-offs</i> e sinergias.
Princípio 3: Escopo Adequado	A avaliação em direção ao desenvolvimento sustentável adotará: <ul style="list-style-type: none"> • Um horizonte de tempo adequado para capturar efeitos de curto e longo prazo das decisões políticas e atividades antrópicas atuais; • Um escopo geográfico apropriado.
Princípio 4: Estrutura e indicadores	Avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável será baseada em: <ul style="list-style-type: none"> • Um quadro conceitual dos indicadores fundamentais para avaliar o progresso; • Métodos de medição padronizados quando possível, a fim de permitir comparabilidade; • A comparação dos resultados dos indicadores com metas, quando possível.
Princípio 5: Transparência	A avaliação dos progressos em direção ao desenvolvimento sustentável irá: <ul style="list-style-type: none"> • Garantir que os dados, indicadores e resultados da avaliação são acessíveis ao público; • Explicar as escolhas, suposições e incertezas que determinam os resultados da avaliação; • Divulgar as fontes de dados e métodos; • Declarar todas as fontes de financiamento e potenciais conflitos de interesse.
Princípio 6: Comunicação Efetiva	No interesse de uma comunicação eficaz, para atrair o público mais amplo possível e minimizar o risco de mau uso, a avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável irá: <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar linguagem clara e simples; • Apresentar informações de forma justa e objetiva, de forma a contribuir para a construção da confiança no grupo; • Usar ferramentas visuais e gráficas inovadoras, visando facilitar a interpretação e o relato do caso; • Tornar os dados disponíveis em tantos detalhes quanto são confiáveis e viáveis.
Princípio 7: Ampla Participação	Para reforçar a sua legitimidade e relevância, a avaliação do progresso rumo ao desenvolvimento sustentável deverá: <ul style="list-style-type: none"> • Encontrar formas adequadas para incluir as opiniões recebidas na participação pública, oferecendo uma liderança ativa; • Envolver desde o início os usuários da avaliação, a fim de que ela se adapte o melhor possível às suas necessidades.
Princípio 8: Continuidade e capacidade	Avaliação do progresso em direção ao desenvolvimento sustentável exigirá: <ul style="list-style-type: none"> • Mensurações sucessivas/repetidas; • Capacidade de resposta à mudança; • Investimentos para desenvolver e manter a capacidade adequada; • Aprendizagem e melhoria contínua.

Quadro 20 Bellagio Stamp.

Fonte: traduzido e adaptado de Pintér et al. (2012).

Ao analisar a atualização dos Princípios de Bellagio em relação aos originais (referentes ao ano de 1997) é possível perceber a sua abordagem sistêmica. Na primeira versão era exigida uma definição clara sobre o que vinha a ser desenvolvimento sustentável e metas para alcançá-lo. Já na versão atualizada a definição sobre o conceito de desenvolvimento sustentável não é vista como uma questão simples, como algo estático, conceituado. Sua concepção deverá ser originada de um consenso entre os envolvidos e afetados por tal, considerando particularidades geográficas de escala, intervalo temporal de longo prazo e as diferenças culturais, econômicas, sociais, políticas e ambientais da área em questão. Em outras palavras, o direcionamento ao desenvolvimento sustentável deve buscar respeitar as diferenças pontuais, porém com uma visão de sustentação abrangente: de horizonte temporal adequado para que não afete gerações futuras, de ampla escala para que haja consciência sobre as limitações da capacidade da biosfera e ainda, de discussão sobre o que seja almejado como qualidade de vida para a sociedade e assim definir metas para obtê-la.

Em ambas as versões para a avaliação do desenvolvimento sustentável de um processo ou atividade se torna essencial que os problemas ou questões sejam analisados dentro de uma perspectiva holística e sistêmica, ou seja, se torna fundamental compreender sobre as interações, os riscos, as incertezas, etc., sendo estas implicações envoltas por um sistema amplo e complexo.

Faz-se necessária uma estrutura metodológica e analítica de avaliação, sendo esta baseada em indicadores, para que assim seja possível a comparação de resultados e uma maior clareza no que se refere a metas. Isso garantiria um referencial sobre o progresso em curso e o cálculo de tendências, o que possibilita verificar o quanto o conceito de desenvolvimento sustentável está sendo operacional devido às possibilidades. A diferença entre as versões nesse caso está baseada em uma maior liberdade quanto a escolha dos tipos de indicadores e a quantidade destes, já que na versão original era exigido uma limitação quanto a isso.

A transparência sobre as fontes de dados, as escolhas dos métodos, os conflitos de interesse por meio da acessibilidade ao público foram considerados como fundamentais pela primeira versão dos princípios e mantidos pela versão atualizada. Além disso, ambas as versões pregam sobre a necessidade de fazer com que esses dados sejam fáceis de interpretar pelos diferentes tipos de usuários e ainda, que todos participem do processo para reforçar a legitimidade e a governança. Logo, deve se haver uma comunicação clara, simples, e assim, uma compreensão ampla e o envolvimento de todos, público e tomadores de decisão.

O processo de avaliação deve ser capaz de adaptar-se as mudanças do sistema em análise, garantindo o aprendizado e melhoria contínua. Esta visão é encontrada nas duas versões.

Por fim, a primeira das versões destaca a necessidade de haver uma capacitação institucional para coleta a manipulação de dados, tão quanto uma delegação clara sobre as responsáveis da avaliação e das tomadas de decisões, o que não se encontra na versão atual. Apesar da existência de princípios sistêmicos na literatura sobre avaliação de sustentabilidade, tais como os exemplificados neste capítulo, alguns autores acreditam que uma única ferramenta, modelo, ou instrumento não seja o suficiente para possibilitar um processo de avaliação efetivo na perspectiva das duas teorias, de sistemas e de sustentabilidade, principalmente, devido à multiplicidade dos valores que os diferentes *stakeholders* e analistas possuem (GASPARATOS; EL-HADAM; HORNER, 2008; GASPARATOS, 2010).

Estas diferenças interferem na perspectiva e visão durante a avaliação dos vários impactos, portanto, a adoção de único tipo de ferramenta descarta um ponto de vista mais amplo de avaliação. Além disso, ao utilizar mais de um método para avaliação estaria se integrando conhecimentos de modelagem quantitativa com análises qualitativas.

Os métodos quantitativos são muitas vezes criticados por generalização, pois desprezam o contexto por trás dos dados. Da mesma forma, estudos qualitativos são questionados por serem vagos e em muitos casos não replicáveis (EISENACK; LÜDEKE; KROPP, 2006).

Logo, a combinação de várias ferramentas, ou seja, uma abordagem pluralista pode resultar em uma perspectiva mais abrangente de sustentabilidade durante o processo de avaliação, sendo esta uma das características de uma avaliação de sustentabilidade do tipo híbrido (GASPARATOS; EL-HADAM; HORNER, 2008).

Existem muitos outros autores com suas propostas integradoras de teoria sistêmica e sustentabilidade, tal como Meadows, Bossel, Jiliberto, Hjorth, Bagheri, entre outros. Porém, a forma de colocar essas indicações em prática no processo de avaliação, a transparência de como escolher o modelo/ferramenta ou de como diminuir a dificuldade de realizar a escolha, e de possibilitar a participação dos interessados de forma efetiva, ainda é algo que precisa ser aperfeiçoado, facilitado, compreendido, aplicável. Nesse sentido, o próximo capítulo apresenta uma estrutura analítica com critérios que auxiliem nessas questões, servindo como guia para um processo de avaliação de sustentabilidade efetivo à perspectiva sistêmica de análise.

6. ESTRUTURA ORIENTADORA PARA UM PROCESSO SISTÊMICO DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE.

Este capítulo sintetiza os resultados desta pesquisa numa proposta de critérios baseados nas características sistêmicas do paradigma de sustentabilidade, com preocupação em dar suporte às políticas públicas e à atividade produtiva do etanol. Os critérios, nesta pesquisa, podem ser entendidos como parâmetros que indiquem com clareza os princípios que os embasam e os atos que precisam ser tomados para se estabelecer uma escolha. Especificamente, visa fornecer subsídios para orientar a escolha de modelos e ferramentas que se propõe a avaliar sustentabilidade. Os critérios foram organizados em uma estrutura, com o objetivo de facilitar o processo de avaliação de sustentabilidade a partir de uma perspectiva sistêmica. Logo, a estrutura trata-se de um conjunto de critérios, de diretrizes para o fortalecimento das decisões voltadas a temática sustentabilidade, sobretudo à atividade sucroenergética de produção de etanol de cana-de-açúcar.

Primeiramente, para a elaboração dos critérios se fez necessário entender sobre a complexidade do sistema em foco, em especial para esta pesquisa, o sistema etanol. Sendo assim, com a análise contextual, realizada sobre a temática do etanol de cana-de-açúcar, foi possível averiguar o quanto o sistema etanol é dinâmico e complexo. Logo não será qualquer modelo de avaliação de sustentabilidade que conseguirá abarcar suas diversas variáveis, inter-relações e mutações, ou seja, que conseguirá alcançar tal complexidade com o objetivo de avaliar sustentabilidade, a não ser, por meio de uma visão sistêmica e holística. Para isso, os modelos necessitam ser baseados em princípios sistêmicos de avaliação. Sendo assim, levantaram-se quais as fragilidades de operacionalização do conceito de sustentabilidade que refletem no processo de avaliação e, ainda, os princípios sistêmicos necessários para dar base ao processo de avaliação.

No entanto, como visto nas discussões realizadas nos capítulos anteriores, muitos são os modelos existentes com intuito de avaliar a sustentabilidade de uma atividade produtiva, inclusive alguns com abordagens provenientes de teorias com preceitos sistêmicos. Esta ampla variedade dificulta a decisão sobre qual modelo escolher; qual modelo seria o mais adequado para cada caso.

Sendo assim, ao descrever e compreender os fatores-chaves da discussão sobre a sustentabilidade do etanol e toda a complexidade das relações dessas variáveis (capítulo 4), conhecer as influências e limitações geradas pela existência de diferentes visões e

pensamentos no conceito e avaliação da sustentabilidade e levantar as características necessárias/essenciais que um modelo de avaliação de sustentabilidade deve apresentar (capítulo 3 e 5), tornou-se possível à elaboração de uma estrutura que auxilie na seleção de ferramentas e modelos mais adequados à avaliação do sistema etanol em relação ao seu grau de sustentabilidade, sendo esta apresentada a seguir.

6.1. O que se entende de uma estrutura analítica na seleção de modelos sistêmicos de avaliação de sustentabilidade.

Kuipers (1994) define modelo como uma representação finita de uma realidade complexa, construído para auxiliar na compreensão das suas variáveis, bem como as relações entre estas, de modo a representar de modo sistêmico um determinado recorte. Assim, o autor explica que existem dois processos de raciocínio no que corresponde decidir trabalhar por meio de modelos. Eles se dividem em: 1. Responder a uma questão particular por meio da seleção de um modelo adequado ou a combinação de modelos, ou; 2. Tornar explícitos alguns fatos sobre o mundo, ou seja, descrever o que está implícito, como por exemplo, o seu comportamento. Neste caso elabora-se um modelo para simulação ou análise.

Nesta proposta, na busca da solução do problema de pesquisa, o raciocínio está delineado à primeira intenção, porém entende-se que com uma estrutura que oriente um processo de avaliação, considerando as diversas variáveis e representando a perspectiva de bases teóricas, se faz de certa forma uma indicação sobre o que precisa ser considerado ao elaborar modelos e ferramentas analíticas. Esta presunção se justifica ao entender que o problema desta pesquisa emerge do pressuposto que a alta tecnologia e um amplo banco de dados, não garantem a resolução de problemas. Seguindo esta visão, entende-se que o poder de modelagem e simulação não traz a essência da compreensão, pois essa depende de formulações unificadoras e mais simplificadas, e do entendimento pelas pessoas que farão uso delas (HJORTH; BAGHERI, 2006).

Em outras palavras, não basta haver recursos tecnológicos elevados sem considerar a importância da compreensão do processo pelo usuário, entendendo as fases e as maneiras de efetivá-las, com compreensão dos conceitos, em um processo de aprendizagem. Da mesma forma, a pesquisa pressupõe que a escolha de um modelo de avaliação não pode ser feita sem uma formalização, sem critério ou, simplesmente seguindo critérios vagos como uma decisão por um modelo mais fácil, ou mais indicado, ou mais barato, sem de fato entender suas

vantagens e desvantagens em relação a outros. Portanto, ao entender que entre a teoria e a prática existe uma lacuna, uma estrutura analítica que considere as várias vantagens e limitações na aplicação dos princípios de avaliação e de sustentabilidade, da mesma forma que a necessidade da teoria sistêmica na discussão da sustentabilidade, se justifica.

Além disso, como discutido no capítulo anterior, a literatura indica que mais de um modelo e/ou ferramenta se faz necessário para possibilitar um processo de avaliação na perspectiva da sustentabilidade (GASPARATOS; EL-HADAM; HORNER, 2008; GASPARATOS, 2010; EISENACK; LÜDEKE; KROPP, 2006). Sendo assim serão apontados alguns modelos que ajudem a compreender e aplicar o critério indicado pela estrutura, como exemplificação, pois a estrutura sistêmica demanda de critérios essenciais de governança, o que exige a participação de uma equipe multidisciplinar e de *stakeholders* representantes da rede de atores sociopolítica na aplicação dos critérios. Logo, a utilização da estrutura tem o intuito de auxiliar na compreensão dos critérios, de maneira a apresentar opções para futuros casos que venham aplicá-la.

As principais características da estrutura foram baseadas na análise da complexidade de um sistema e em seus pontos de intervenção relacionados à realidade do etanol no cenário estadual, nacional e mundial. Isto faz com que esta estrutura analítica seja voltada ao caso específico do etanol, o que não significa que a aplicação da estrutura seja exclusiva somente para este caso. Tal estrutura pode ser aplicada para qualquer outra monocultura ou tema desde que o objetivo seja apoiar a avaliação de sustentabilidade e que seu sistema seja compreendido, considerando sua complexidade e dinamismo por meio da análise contextual e levantamento dos pontos de intervenção desse sistema.

Sua essência representa princípios sistêmicos e de sustentabilidade, este último com foco sobre a “inoperacionabilidade” no que tange o conceito e a avaliação. Assim elaboraram-se os critérios sistêmicos que compõem a estrutura analítica de apoio ao processo de avaliação de sustentabilidade (Quadro 21). Igualmente buscou-se apresentar a definição e formas de aplicação sobre aqueles critérios ou atributos mais abstrusos. Os critérios têm como finalidade direcionar as prioridades a serem consideradas dentro de um processo de avaliação de sustentabilidade, já que se baseando nestes é possível efetivar o processo de escolha do modelo mais adequado, considerar o cunho sistêmico conceitual e amenizar as dificuldades de aplicação de princípios de sustentabilidade, para assim, avaliar a sustentabilidade da atividade do etanol de cana-de-açúcar de forma sistêmica e possivelmente mais efetiva.

Ao considerar a literatura sobre os momentos de se realizar uma avaliação de sustentabilidade, Pope (2007) explica que esta pode ser: *ex-ante*, quando ela auxilia como subsídio anterior a tomada de decisão e *ex-post*, quando auxilia no monitoramento da atividade ou processos. Ela também pode ser interna, quando a avaliação é voluntária ou externa, dependente de exigências legais. No caso da estrutura proposta aqui, esta possui características e requisitos que a implicam ser *ex-ante*, para dar suporte à decisão. Enquanto objeto normativo, o uso da estrutura possibilitaria a averiguação de suas fragilidades, e, deste modo, auxiliaria na melhoria contínua desse recurso.

Critério Sistêmico Orientador	Premissas (atributos sistêmicos)	Autores que afirmam as premissas
1. Seleção de uma equipe inter e multidisciplinar.	<p>– A sustentabilidade é permeada pela complexidade, logo problemas complexos requerem conhecimentos e análise de distintas ciências.</p> <p>– Muitos são os estudos, modelos e ferramentas para avaliarem o grau de sustentabilidade do desenvolvimento.</p>	<p>Diegues, (1992); Blowers e Leroy (1996); Manson (2001); Eiseneck, Ludek e Kropp, (2006); Wiek, Binder e Scholz (2006); Gasparatos, (2010); Grace e Pope, (2011).</p>
	Descrição do critério	
	<i>Definir uma equipe de especialista inter e multidisciplinar para participação no decorrer do processo de avaliação com o objetivo de indicações e análise de conhecimento técnico.</i>	
2. Identificação dos stakeholders e da estratégia de engajamento entre os envolvidos (governança).	<p>– A questão da sustentabilidade é um problema complexo que necessita da participação dos diversos stakeholders no que se refere ao entendimento do contexto, de suas variáveis e interações.</p> <p>– O conhecimento dos stakeholders associado ao conhecimento de especialistas pode ampliar a perspectiva facilitando uma visão sistêmica.</p> <p>– Envolver desde o início os usuários da avaliação, a fim de que ela se adapte o melhor possível as suas necessidades.</p> <p>– A governança adaptativa reconhece interações entre escalas e promove interações entre níveis organizacionais.</p> <p>– Atores dominantes possuem características particulares, mas sua posição dentro de uma dada rede social está constantemente em fluxo e por isso se faz necessário examinar os fenômenos subjacentes e os processos que levem à situação de dominadores e dominados.</p>	<p>Meadows (1994); Gasparatos, (2010); Irvin e Stansbury (2004); Anderson, Teisl e Noblet (2012); Grace e Pope (2011), Pínter et al. (2012).</p>
	Descrição do critério	
	<p>1. Identificar quais são os tipos de atores envolvidos ao contexto analisado (mapeamento da rede de atores);</p> <p>2. Analisar as relações entre os atores e seus níveis de influência na rede para poder definir maneiras de possibilitar um sistema de governança colaborativa, o qual diminua a concorrência entre os mesmos.</p>	

<p>3. Delimitação do Sistema Sócio Ecológico (sistema focal)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Os SSEs são sistemas que possuem múltiplos elementos (cultural, ecológico, tecnológico, econômico e outros) integrados e interagindo. – O que acontece em um sistema em uma escala pode afetar o que acontece em outras escalas devido à panarquia. Logo gerenciar um SSE requer um entendimento do que está acontecendo em múltiplos níveis de escala e como o sistema focal responde as restrições impostas por sistemas de escalas maiores ou a inovações provenientes de escalas menores “aninhadas”. – Não existe uma forma perfeita ou regras fixas para a definição de limites de sistemas e seu particionamento em subsistemas, pois conforme o conhecimento sobre o sistema vai se tornando maior, mais profundo a sua configuração vai se alterando. Lembrando que um sistema é influenciado tanto pelos seus componentes internos quanto externos a seu entorno, fronteiras. – A análise a partir dos acontecimentos revela a percepção que uma sociedade, ou classe tem da realidade e de si mesmos. – A configuração de sistemas é holística, sem foco no entendimento detalhado das partes, mas sim em como as componentes chaves contribuem para a dinâmica do sistema como um todo. <p>Descrição do critério</p> <p><i>1. As limítrofes precisam ser espacial e temporal, compondo o sistema focal. Para isso os especialistas devem gerar uma análise contextual para identificar os assuntos mais importantes para a avaliação (pontos de intervenção).</i></p> <p><i>2. Utilizar modelos conceituais sistêmicos que lidem com o conceito de Panarquia para contribuir com o entendimento sobre a análise contextual pelos diferentes envolvidos.</i></p>	<p>Hanneman, (1988); Jiliberto (2004); Souza (2009); Newell et al. (2005); Gibson et al. (2005); Resilience Alliance (2010).</p>
--	--	--

4. Fixação de objetivos para o processo de avaliação de sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> – A importância do conceito sustentabilidade está nos objetivos e maneiras de alcançá-los. Estes devem ser construídos caso a caso com representação dos envolvidos na problemática. – Há certa dificuldade, por não especialistas, em entender o pensamento sistêmico. São necessários meios de aprendizagem para os não-experts envolvidos como <i>stakeholders</i>. – Utilizar linguagem clara e simples, apresentar informações de forma justa e objetiva, de forma a contribuir para a construção da confiança no grupo, usar ferramentas visuais visando facilitar a interpretação e o relato do caso e tornar os dados disponíveis em tantos detalhes. – A cultura e religião influenciam em como o homem se vê no contexto do problema. – As causas das atividades humanas insustentáveis estão intrinsecamente ligadas ao estilo de vida, as escolhas. – Problemas só são considerados como tais por meio de um consenso da sociedade; construção do significado do problema. – A ética é aquela que influencia os diversos interessados e que modela as escolhas políticas, da ciência e da produção. – Ao se ter os objetivos claros do que se deseja se torna possível identificar quais meios possibilitariam a melhor avaliação. – A avaliação não alinhada a visão dos <i>stakeholders</i> traz consequências éticas e práticas, pois a forma de avaliar a sustentabilidade baseada somente em analistas estaria impondo uma visão de mundo, sendo que eles, muito provavelmente não serão diretamente afetados pela situação em avaliação. – A implicação prática está na aceitação ou rejeição dos <i>stakeholders</i>, por não terem seus valores como orientadores da escolha. – A reavaliação ética é uma condição necessária para sustentabilidade. 	<p>Meadows (1999, 1998); Blowers e Leroy (1996); Jiliberto (2004); Chen e Stroup (1993); Hjorth e Bagheri, (2006); Ridder et al. (2007); Gasparatos (2010); Grace e Pope (2011), Turner (2006); Pintér et al. (2012).</p>
	Descrição do critério	
	<p><i>Utilizar-se de métodos que captem a percepção e valores dos envolvidos no processo de avaliação.</i></p>	

5. Checagem de atributos (Triagem de modelos/ferramentas).	<ul style="list-style-type: none"> – É necessário utilizar-se de mais de um modelo/ferramenta de avaliação e que estes possuam uma abordagem de integração. – Nenhuma ferramenta pode ser usada sozinha devido a multiplicidade dos valores dos diferentes envolvidos. A adoção de um único tipo de ferramenta descarta um ponto de vista mais amplo. – O uso de mais de uma ferramenta integra o conhecimento dos tipos de modelagem quantitativa e qualitativa (abordagem pluralista). <ul style="list-style-type: none"> – Conceitos fundamentais da sustentabilidade devem ser abarcados pelos modelos/ferramentas, sendo estes: sistemas sociológicos; governança, resiliência, etc. – O dinamismo e a complexidade das relações necessitam uma perspectiva de não linearidade e de não previsibilidade. – A descrição qualitativa tem sua vantagem em capturar distinções que fazem diferença, distinções importantes e, ao mesmo tempo, possibilita ignorar as não importantes, o que ajuda a lidar com conhecimento incompleto <ul style="list-style-type: none"> – As diferentes abordagens e áreas de conhecimento requerem conhecimento de especialistas no processo de decisão sobre a forma de avaliação. – As ferramentas de avaliação precisam ter um número de características que facilitem sua aplicação e sua interpretação. 	<p>Gibson (2012); Pínter et al. (2012); Kuipers (1994); Bertalanffy (2013); Turner (2003); Grace e Pope (2011); Gasparatos, El-Hadam e Horner (2008); Gasparatos, (2010); Buytaert et al (2011); Mangoyana, Smith e Simpson (2013); Becker (1997)</p>
	<p>Descrição do critério</p>	
	<p><i>Este critério deverá ser empregado em todos os momentos de seleção de modelos e ferramentas possíveis para utilização no processo de avaliação. É necessária a equipe de especialistas com intuito de indicar as características e vantagens dos modelos e ferramentas àqueles que não são familiarizados a tais recursos. Logo:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar se os assuntos mais relevantes para a discussão de sustentabilidade (objetivos da avaliação) são endereçados pela ferramenta. 2. Verificar características essenciais, tais como: procedimento metodológico, a maneira de reprodução dos resultados, custo, entre outros que garantem uma ferramenta adequada para utilização. 3. Não menos importante deve haver a verificação da presença de conceitos fundamentais que caracterizam uma avaliação como sendo de sustentabilidade e sistêmica. 	

<p>6. Estudo da relação de <i>thresholds</i> e a capacidade de resiliência do SSEs</p>	<ul style="list-style-type: none"> – A definição de limiares (thresholds) de um subsistema é essencial para a avaliação de resiliência do mesmo e por isso fundamental para a sustentabilidade do sistema. – Os valores dos atores e envolvidos são muitas vezes fatores determinantes nas definições e nas decisões relacionadas aos limiares. – Entender a resiliência do sistema envolve descrever seu estado atual tão como seu estado histórico e seu estado potencial futuro, não somente as relações entre os componentes do sistema possibilitam suas funções, mas também determinam como o sistema pode responder a mudanças. – Gerenciar a resiliência requer entender como um sistema se move entre múltiplos estados, e quando possível, aprender como facilitar transições para alcançar resultados desejados. – Identificar limiares (thresholds) não é uma tarefa fácil, pois eles podem se alterar ao decorrer do tempo e devido as mudanças do estado do sistema. <p>Descrição do critério</p> <p><i>Utilizar-se do modelo conceitual para avaliação de resiliência proposta por Resilience Alliance devido à importância desta rede de pesquisadores na área de estudo. E ainda, por este modelo ter sua base teórica e seus princípios próximos aos desta estrutura analítica, o que auxilia na convergência de objetivos e meios analíticos para uma análise (de limiares e de resiliência) vista como árdua.</i></p>	<p>Diegues, (1992); Branco (1999); Meadows (2009); Walker e Salt (2006); Hjorth e Bagheri (2006; Grace e Pope (2011); Resilience Alliance (2010);</p>
<p>7. Limitação para os <i>trade-offs</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – A avaliação de sustentabilidade deve buscar minimizar os <i>trade-offs</i> entre diferentes formas de capital. – A sustentabilidade requer o não declínio do estoque de capital ao longo do tempo para ser coerente com o critério da equidade entre gerações. – A decisão sobre ocorrência de <i>trade-offs</i> é dependente do sistema de governança embutido no processo de decisão. – É importante que se saiba os limiares (<i>thresholds</i>) e a capacidade de resiliência do sistema. – A minimização de <i>trade-offs</i> depende de métodos que integre várias dimensões e identifique suas inter-relações. <p>Descrição do critério</p> <p><i>Regras deverão ser estabelecidas, estabelecendo limites inegociáveis para cada dimensão e considerando os thresholds e a capacidade de resiliência dos subsistemas e do supra-sistema, afim de que seja acordado o que será ou não aceito.</i></p>	<p>Gibson et al. (2005); Gibson (2012); Turner (2006); Pínter et al. (2012).</p>

8. Implementação da Gestão e governança adaptativa.	<ul style="list-style-type: none"> – Sistemas podem mudar com decorrer do tempo e podem modificar-se para um estado diferente do sistema. – A gestão adaptativa é a consideração do estado estático do SSE para o contínuo, ou seja, as mudanças e incertezas ao decorrer do tempo. – Formulações matemáticas complexas muitas vezes excedem as capacidades de seus criadores e usuários em entendê-los e explicá-los o que diminui a capacidade de resolver os problemas ou de compreender o significado da solução quando ela é encontrada. – No interesse de uma comunicação eficaz a avaliação irá: utilizar linguagem clara e simples; apresentar informações de forma justa e objetiva, de forma a contribuir para a construção da confiança no grupo; usar ferramentas visuais e gráficas inovadoras, visando facilitar a interpretação; tornar os dados disponíveis em tantos detalhes quanto é confiável e viável. 	
	<p><i>Descrição do critério</i></p> <p><i>Uma vez que o sistema de governança é fundamental para uma gestão adaptativa, sugere-se a realização dos passos a seguir:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. Investigação longitudinal (feita no decorrer do tempo) da rede de atores para que se consiga observar sobre sua dinâmica e possíveis mudanças de estrutura;</i> <i>2. Sustentação ou ajuste do sistema de governança participativa, definido pela aplicação do critério 2.</i> <i>3. Elaboração de um Plano de Gestão Adaptativa com descrição do sistema de monitoramento.</i> <i>4. Aplicação de uma linguagem de discurso que seja compatível e apropriada de compreensão por todos aqueles envolvidos no processo de avaliação.</i> 	Hanneman (1988); Resilience Alliance, (2010); Grace e Pope (2011); Crawford (2012); Pinter et al. (2012).

Quadro 21. Critérios da Estrutura Analítica Sistemática de apoio à Avaliação de Sustentabilidade.

Para conseguir condensar os vários pressupostos em uma estrutura analítica de perspectiva sistêmica foi necessária a integração de conceitos de várias disciplinas devido o amplo espectro multidimensional das questões tratadas. Para isso foram elaborados alguns princípios de implementação e integração baseados em Schuschny (2009a,b). Estes estabelecem certa capacidade de síntese para consideração de variáveis de diferentes disciplinas e áreas científicas. No Quadro 22, abaixo, estão apresentados os princípios de implementação e integração os quais devem orientar a elaboração da estrutura e servirão para orientar sua aplicação.

Princípios de implementação e integração	Descrição	Procedimentos metodológicos indicados
Referência Espacial	A estrutura analítica proposta deverá ser referida a uma zona ou região geográfica previamente identificada.	Seleção de um estado ou região com integração as questões nacionais e internacionais influentes (realizar análise contextual da problematização).
Referência Temporal	É necessário considerar e analisar a complementaridade/conflito entre as várias escalas temporais divergentes em função de perspectivas dos vários atores ou dimensões.	Consulta aos <i>stakeholders</i> , atores e especialistas.
Processos e Estruturas Socioculturais	É importante considerar as heterogeneidades da sociedade em uma perspectiva socioeconômica e cultural, seus diferentes sistemas de valores, tolerância a riscos, etc., com o intuito de desenhar as estruturas socioculturais.	Consulta aos <i>stakeholders</i> , atores especialistas.
Uso de Ferramentas diversas	Uso de recursos de informação que facilitem e complementem a integração do conhecimento.	Investigação de documentos e dados relevantes por meio de procedimentos metodológicos diversificados, com o intuito de integrar resultados. Utilizar ferramentas que possibilitem transmitir as informações de forma pedagógica a todos os envolvidos para que possibilite uma ativa participação de todos.

Quadro 22. Princípios de implementação e integração
Fonte: Baseado em Schuschny (2009a,b).

6.2 Detalhamento sobre a aplicação de alguns critérios.

Apesar da apresentação da estrutura analítica por meio do quadro de esquematização, se entende que alguns critérios, em especial, precisem ser mais bem detalhados para que possibilite sua efetiva aplicação. Já o critério 1 é autoexplicativo.

6.2.1 Critério 2 – Estratégia de engajamento entre os envolvidos no processo de avaliação de sustentabilidade.

Para conhecimento sobre quem são os atores que estariam envolvidos à uma problemática indica-se a realização de um mapeamento para a formação de uma rede temática e política tal como foi realizado por esta pesquisa (ver capítulo 4) no que tange o contexto do etanol de cana-de-açúcar. Uma vez compreendido sobre os diversos setores e suas relações se terá as indicações sobre quem são aqueles que precisariam ser ouvidos no que espera da discussão sobre sustentabilidade.

A participação destes fortalece o planejamento, pois centraliza as informações e aproxima os interesses coletivos. As relações de poder estabelecidas entre os atores delineiam uma estrutura de governança, pois formam arranjos institucionais específicos.

Para saber sobre o nível de governança de uma rede de atores é necessário saber: (i) em quais níveis as decisões são tomadas em relação ao tema foco (local, municipal, regional, etc.); (ii) a correlação entre o níveis o os pontos já conhecidos de preocupação (impactos ecológicos, econômicos, etc.); (iii) saber o quanto as instituições formais ou informais restringem ou aumentam a flexibilidade da decisão pois o ato de execução (enforcement) das decisões deve ser visto como legítimo pelos usuários do recurso (Resilience Alliance, 2010).

Ao mapear uma rede de atores e entender sobre suas relações de interesses e conflitos, e quais aqueles que tem poder formal e informal, se faz necessário discutir e definir entre todos, mecanismos de resolução de conflitos. Para isso os envolvidos devem encontrar quais iniciativas que engajam a tomada de decisão colaborativa e caso elas não existam propor tais iniciativas. Em outras palavras, será necessário discutir sobre como está o sistema de governança atual e traçar em conjunto quais mudanças realizar para que seja um sistema de governança participativa.

6.2.2 Critério 3 - Definição do Sistema Sócio Ecológico (sistema focal).

Esse critério corresponde em encontrar os limites do sistema (sistema focal). Para isso ele se baseia em pontos de intervenção, ou seja, nas principais questões relacionadas a assunto em foco. Para tanto é necessário realizar uma análise contextual tal como a realizada por esta pesquisa e descrita e realizada no capítulo 4. Com o andamento do processo de avaliação o sistema será compreendido de forma mais profunda e detalhada, e então mudanças serão

sugeridas por aqueles que participarem do processo.

Apesar da complexidade das diversas questões inseridas na análise de conjuntura se faz necessário discuti-las de alguma maneira, para o delineamento dos problemas e assim obter um sistema focal e seus pontos críticos. Durante o processo de aplicação deste critério, ações percebidas como necessárias deverão ser realizadas, como por exemplo, levantamento de documentos, entrevista àqueles que possuem dados, etc., fortalecendo a etapa ou o processo de compreensão do sistema. O importante são os pontos centrais (atributos do sistema) serem identificados e principalmente, valorizados pelos *stakeholders*.

O delineamento do sistema focal e o levantamento dos pontos de intervenção permeiam quase todas as etapas do processo da aplicação da estrutura e tem relação intrínseca com o critério de gestão adaptativa uma vez que alguns pontos delineados como críticos e os limites do sistema possivelmente serão modificados e novos identificados devido às várias perspectivas envolvidas (*stakeholders*), desde aqueles especialistas de alguma área, como os envolvidos ou afetados pelos pontos levantados. Identificar os componentes-chaves (econômico, político e social) requer uma diversidade de perspectivas, conhecimento de cientistas e conhecimento informal de pessoas interessadas e envolvidas os quais podem fornecer compreensão útil dos componentes-chave do sistema focal (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

Para possibilitar a definição de uma escala temporal relevante a Resilience Alliance (2010) indica considerar o ciclo natural das variáveis somado ao ciclo que se refere ao planejamento. Já para a limitação espacial, um modelo conceitual sistêmico que seja baseada no conceito de panarquia seria o mais indicado para dar suporte à tarefa.

Como exemplo, esta pesquisa indica o modelo holárquico⁶⁰ (Figura 23), sendo este uma estrutura organizada hierarquicamente por *hólons* (totalidades que ao mesmo tempo são subsistemas de partes maiores).

Os *holóns* podem ser entendidos como subsistemas que compõem o supra-sistema. Estes têm certo grau de autonomia, mas ao mesmo tempo são dependentes da totalidade, por isso eles são embutidos numa hierarquia. O entendimento de cada *hólon* tal como da hierarquia inteira só pode ser realizado pela análise das dependências hierárquicas.

Jiliberto (2004) deixa claro que esta proposta é aberta, contingente, oposta a uma ideia universal ou normativa e que as definições do que venha a ser cada *hólon* pode ser gerada na utilização do modelo conceitual.

⁶⁰ A estrutura elaborada foi baseada nas ideias discutidas por Wilber (1998, 2000, 2001).

Figura 23. Representação da holarquia⁶¹ da sustentabilidade.
 Fonte: Jiliberto (2004).

A mesma não se busca apresentar como as coisas são, todavia deve ser como uma estrutura heurística na qual sua a veracidade pode ser determinada de acordo com a plausibilidade de utilidade operacional.

A essência desta estrutura está em entender a hierarquia que existe entre os aspectos que se busca identificar e estes aspectos dependem do ponto de vista de sustentabilidade empregado pelos envolvidos à problemática em foco de avaliação.

O mais importante em relação à estrutura e organização do sistema baseado no modelo holárquico, está na imposição de que cada dimensão ou subsistema (*hólon*) deve possuir duas características: extensão e profundidade. Quanto maior for o diâmetro do *hólon* maior será sua extensão física. Quanto mais alto o nível, mais profunda será a dimensão e isso significa

⁶¹ A hierarquia de subsistema.

maior complexidade. Isso porque cada *hólon* acima se torna mais profundo à medida que contêm todos os outros abaixo (elevação da pirâmide). Isso faz com que os *hólons* superiores sejam dependentes dos inferiores para manutenção e sinergia, devido ao fluxo de matéria e informações. Por isso, as inter-relações devem ser claras para auxiliar na manutenção dos subsistemas e assim evitar o colapso daqueles que são dependentes.

6.2.3 Critério 4 – *Objetivos claros para o processo de avaliação de sustentabilidade.*

Para aplicação deste critério sugere-se a utilização de métodos e procedimentos que estimulem a discussão ao mesmo tempo em que captem a percepção daqueles envolvidos no processo de avaliação de sustentabilidade. Para tanto se faz necessário o auxílio de especialistas das áreas de humanidades e sociais aplicadas com o intuito de guiar e analisar o procedimento e em especial, por ser a ética aquela que modela as escolhas, a temática deve ser trabalhada durante a discussão.

Devido à complexidade dos problemas a serem levantados para análise, a equipe interdisciplinar de especialistas é tão fundamental quanto a participação dos especialistas específicos anteriormente mencionados.

Como estímulo para o delineamento dos objetivos, a lista de pontos de intervenção elaborada pela análise contextual (aplicação do critério 3) pode ser utilizada, como guia norteadora, pois traz as questões-chaves mais importantes da problemática e que auxiliaram na delimitação do sistema focal (sistema sócio ecológico). Ao se preocupar com esses fatores no planejamento e nas decisões para o setor sucroenergético, se consegue definir quais são as mudanças desejadas, logo os objetivos. Isto porque os pontos de intervenção são pontos dentro de um sistema complexo onde ao sofrer uma alteração, por menor que ela seja, pode produzir grandes mudanças (MEADOWS; 1999, 2009).

Por meio da aplicação do critério 3, os *stakeholders* terão a possibilidade de ampliar o entendimento sobre as diferentes variáveis e complexidade do sistema, e assim, serão estimulados a delinear objetivos mais claros e efetivos. Da mesma forma, as indicações de objetivos previamente pensados, anteriormente ao início da aplicação da estrutura, poderão auxiliar no norteamto sobre a investigação e limitação do sistema focal. Por esses motivos os critérios 3 e 4 são subordinados entre si.

6.2.4 Critério 5 – *Checagem de atributos (triagem de modelos e ferramentas).*

Este critério não possui um momento definido e único durante a utilização da estrutura analítica. Ele é um critério orientador para todos os momentos de triagem, momentos que forem necessários a escolha de um procedimento analítico, seja ele modelo ou ferramenta durante o processo de avaliação.

O critério refere-se ao uso de modelos e ferramentas de avaliação que:

- (i) possuam características facilitadoras de sua aplicação e da análise de seus resultados, tais como: o procedimento metodológico seguido, a reprodução dos resultados, entre outros,
- (ii) e representem os critérios aos quais estão exigindo sua aplicação, uma vez que os critérios da estrutura consideram sempre a perspectiva sistêmica de análise.

Para analisar se o modelo ou ferramenta em relação a tais características sugere-se checar os atributos considerando as indicações de Buytaert et al. (2011) (Quadro 23).

Os objetivos (definidos na aplicação do critério 4) e os conceitos sistêmicos essenciais, apresentados como teoria por esta pesquisa, devem ser abarcados pelos modelos e ferramentas escolhidos. Vale ressaltar que o atendimento a este critério não ocorre em um momento estático do processo, em uma fase específica, mas sim sempre que necessário, pois ao empregar um novo critério e for verificada uma nova informação, estas novas constatações deverão ser consideradas na decisão de uso ou mudança sobre o quais modelos e ferramentas são mais adequados.

List of attributes used to describe the characteristics of the evaluated tools.	
Tool attribute	Attribute explanation
Data	
Availability	Data needed to apply the tool are readily available
Need	Balanced amount of data needed to apply the tool
Type	Preference for quantitative (metric) data input
Integration	Ability to combine descriptive and quantitative data
Correctness	Correctness of data used
Procedure	
Flexibility	Model procedure is dynamic, can easily be adapted or complemented
Coverage	Degree to which multiple sustainability issues of the four dimensions are integrated
Objectivity	Model is not susceptible to the subjectivity of the executor
Transparency	Transparency of the evaluation procedure
Validation	Ability to validate evaluation results
Time scale	Ability to process dynamic data
State-of-the-art	Degree to which the tool is operational
Results	
Univocity	Results are consistent, no contradictions in the results
Simplicity	Results are possible to understand by stakeholders, no expert knowledge required
Type	Results are preferably quantitative
Clarity	Results are compact and clear, no long lists or extensive reports
Communication	Results are represented graphically, easy to interpret
Use	
Flexibility	Ability to integrate inputs of the stakeholders
Accessibility	Possibility to interpret results without expert intervention
Application cost	Low cost to execute the evaluation task
Application field	Ability to execute evaluation tasks on different levels (micro, macro, ...)
Time consumption	Low time demand to execute the evaluation task
Handiness	The model is easy to use
Assistance	Availability of experts to render assistance

Quadro 23. Atributos essenciais para uma ferramenta de avaliação.

Fonte: Buytaert et al. (2011).

6.2.5 Critério 6 - Estudo da relação de thresholds e a capacidade de resiliência do SSE.

A capacidade de resiliência representa o quanto o sistema consegue reagir às mudanças provocadas por fatores externos a ele. Sua relação com os *thresholds* está no sentido de conhecer quais são as limitações desse sistema para assim planejar maneiras de evitar as consequências das mudanças ou a de se adaptar-se a elas sem prejuízos as funções e estruturas dos subsistemas, do supra-sistema e de seus serviços ecossistêmicos.

De qualquer forma, identificar limiares (*thresholds*) não é uma tarefa fácil, pois estes tendem a não ser estáticos, também podem se alterar. Assim sendo, se torna mais importante

identificar os fatores que pressionam o sistema do que estimar as condições precisas sob as quais se rompe um limiar. Ações tomadas em diferentes momentos podem influenciar nos limiares e nas transições de um estado para o outro. Antes da transição, intervenções de gestão podem evitar o rompimento dos limiares por meio da mitigação. Durante a transição de estado do sistema, ou seja, depois de um limiar rompido, mas antes dele se reorganizar em um novo estado a gestão pode moldar a trajetória da mudança e assim influenciar as condições iniciais do novo estado. Porém uma vez que um limiar foi excedido mudanças no estado do sistema podem ser difíceis ou impossíveis de reverter (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

Sendo os limiares de difícil delineamento, uma forma de fazer a avaliação de resiliência é indicada pela Resilience Alliance (2010), rede de especialista nessa temática. Esse modelo conceitual (Figura 24) considera princípios sistêmicos e sua recomendação se faz mais importante ainda ao se perceber que todas as indicações sugeridas pelo modelo são próximas que aos conceitos e critérios que formam a estrutura analítica, aqui proposta. Essa concordância auxiliaria na diminuição da dificuldade dita em relação a definição de limiares e da capacidade de resiliência de um SSE.

Figura 24. Modelo conceitual para avaliação da resiliência de um SSE.
Fonte: Resilience Alliance (2010).

De acordo com essa proposta devem ser seguidas 5 fases: primeiramente descreve-se o sistema. Em seguida busca-se entender sobre sua dinâmica investigando as interações a

analisando a governança inserida. Finalmente fecha-se a avaliação, retomando os passos anteriores sempre que necessários.

6.2.6 Critério 7 - Definição de limites para os trade-offs.

Os *trade offs* são as relações de perda-e-ganho inseridas em qualquer processo de decisão. Em um processo de decisão orientado a sustentabilidade é necessária definir quais as perdas significativas que podem causar um desequilíbrio no estado do sistema e assim, definir limites sobre quais perdas serão aceitáveis ou não. Essa forma de análise é dependente da estrutura de governança embutido no processo decisório, pois são os atores envolvidos e sua influência e poder que orientará a decisão. Para isso são necessárias regras (estabelecidas pelos próprios atores somadas a regras já propostas pela literatura do tema), afim de que seja acordado o que será ou não aceito, estabelecendo limites inegociáveis para cada dimensão e considerando os *trhesholds* (critério 6) e a capacidade de resiliência dos subsistemas e do supra-sistema.

Para facilitar o processo de formulação de regras, o qual não é simples, recomenda-se considerar os resultados dos critérios anteriormente aplicados, referentes à estrutura analítica desta pesquisa. Com a mesma importância sugere-se que sejam definidos os possíveis impactos e, dentre estes, quais serão aceitos e suas justificativas, e quais não deverão ocorrer por representarem um *trade-off* significativo.

Para tanto, Gibson et al. (2005) apresentam seis regras que podem se unir àquelas que serão estabelecidas pelos *stakeholders* ou guiar as tais. Essencialmente as regras são:

- (i). Máximo de ganhos líquidos: qualquer *trade-off* ou conjunto de trade-offs aceitáveis deve levar ao progresso do todo considerando princípios de sustentabilidade; deve buscar ganhos mútuos, cumulativos e duradouros, e deve ser favorecida a realização do resultado global mais positivo possível.
- (ii). A responsabilidade do proponente do *trade-off*: as negociações de *trade-off* que envolvem a aceitação de efeitos adversos à sustentabilidade são indesejáveis até que se prove o contrário; a responsabilidade da justificativa recai sobre o proponente do trade-off.
- (iii). Evitar efeitos adversos significativos: nenhum *trade-off* que envolva um efeito adverso significativo em relação a sustentabilidade do sistema (por exemplo, qualquer efeito que possa comprometer a integridade de um sistema sócio ecológico) pode ser justificado, a menos que a aceitação minimize um efeito ainda mais negativo e significativo de outro efeito adverso.

(iv). Proteção do futuro: um efeito adverso significativo do presente não pode ser realocado para o futuro.

(v). Justificativa explícita: todos os *trade-offs* devem ter justificativa explícita de acordo com as prioridades e objetivos da avaliação bem como com os critérios de avaliação de sustentabilidade.

(vi). Processo Aberto: acordos e *trade-offs* propostos devem ser abordados e justificados por meio de processos que incluam a participação aberta e efetiva de todas as partes interessadas.

Lembrando que esta última regra é a base para aplicação de todas as outras, pois a participação de todos é fundamental no processo, uma vez que os envolvidos têm diferentes valores e visões sobre o que seria ou não negociável. Enquanto a expertise de uma equipe especializada pode ser muito útil nas decisões técnicas e específicas de análise.

6.2.7 Critério 8 - Determinação dos Processos influentes na Gestão e governança adaptativa.

A gestão adaptativa lida com incertezas e mudanças que podem ocorrer ao longo do tempo e tem como ponto central o aprendizado a partir de experiências ao longo do processo. A questão-chave da gestão adaptativa é a necessidade do envolvimento dos *stakeholders* desde a definição do planejamento até o monitoramento das decisões tomadas em seu início, mantendo esse envolvimento como um ciclo contínuo e de aprendizagem colaborativa de ação (GRACE; POPE, 2011; MANGOYANA; SMITH; SIMPSON 2013).

As características estruturais da rede de atores podem influenciar na gestão dos resultados obtidos durante o processo de avaliação, seja facilitando ou impedindo o compartilhamento de informações, o acesso a fontes e recursos e oportunidades de colaboração. Todavia não há estrutura ótima (RESILIENCE ALLIANCE, 2010). Logo o sistema de governança é fundamental para uma gestão adaptativa.

Sendo assim, a descrição da rede e a determinação dos impactos que os atores têm sobre o processo de decisões envoltas a complexidade do sistema, se faz essencial para uma avaliação de sustentabilidade sistêmica de um setor ou atividade (Critério 2).

Essa investigação mais detalhada da rede deve ser longitudinal, ou seja, feita no decorrer do tempo para que se consiga observar sobre sua dinâmica e possíveis mudanças de estrutura⁶².

⁶²No contexto de sistemas, mudança de estrutura significa mudar os links de informações em um sistema. O conteúdo, as metas, os incentivos, os custos e *feedbacks* são os que motivam ou restringem o comportamento dos

Assim se tornará possível determinar quais uniões são “quebradas”, quais são reestabelecidas e quais são as novas inter-relações que surgirão a partir da inserção de novos atores ou da saída de algum dos participantes. É importante lembrar que o sistema de governança participativa, definido pela aplicação do critério 2 desta estrutura, deve ser mantido e reajustado caso necessário.

Mas não é só a governança que pode sofrer mudanças, a qual de certa forma é um subsistema do sistema maior (focal). As mudanças estão relacionadas ao todo, as outras dimensões, as suas inter-relações.

Sendo assim, recomenda-se a elaboração de um Plano de Gestão Adaptativa, o qual demonstre os objetivos que foram alcançados e aqueles não atingidos, as medidas adotadas que não foram adequadas e as respectivas medidas corretivas permitindo assim decidir sobre novas prioridades e aprender com o processo. O plano pode ser definido por meio de exemplos da literatura ou utilização de softwares já existentes e que foram elaborados para tal intuito.

Logo, ao aplicar o critério 8 o SSE já precisa ter sido definido, os problemas delineados, os *thresholds* e os *trade-offs* discutidos, ou seja, todos os outros critérios precisam ter sido empregados e um sistema de monitoramento precisa ter sido implementado com o acompanhamento pelos *stakeholders*. É por meio do monitoramento que será possível coletar os dados e analisar os resultados exigidos pelo Plano de Gestão Adaptativa.

Com tudo isso, e o novo conhecimento gerado deverá ser integrado no processo de decisão. Na apresentação e discussão dos resultados serão necessárias metodologias apropriadas considerando que os envolvidos são díspares em suas visões e/ou níveis de conhecimento técnico (CUNDILL; FABRICIUS, 2009). Para isso, a linguagem de discurso precisa ser apropriada. Para discutir os resultados das análises se recomenda a utilização da linguagem mista (linguagem semimatemática juntamente com o uso de termos do dia-dia) diminuindo ambiguidades, interpretações errôneas e a restrição da compreensão por aqueles que não entendem a linguagem do modelo ou ferramenta utilizada.

Este critério deve ser mantido como uma ação periódica, repetida de tempos em tempos, ou seja, deverá ser contínua, no intuito de acompanhar o dinamismo do sistema e assim, aprender com os resultados não esperados para retomar a aplicação da estrutura analítica. A periodicidade deve ser decidida pelos envolvidos baseando-se nas considerações

atores, os levando a se comportarem de forma completamente diferente se verem uma boa razão para fazê-lo (HJORTH e BAGHERI, 2006).

geradas pelas análises realizadas por todo o processo de avaliação e aplicação dos critérios dessa estrutura.

6.3 Esquematização da estrutura analítica

A estrutura, conjunto de critérios sistêmicos, está baseada nas teorias de abordagem sistêmica e nas dificuldades de operacionalização da sustentabilidade enquanto conceito e realidade complexos. Os modelos indicados pela estrutura são uma exemplificação para a aplicação dos critérios e podem ser substituídos por outros que sejam de conhecimento dos envolvidos e de relevância de acordo com aplicação da estrutura.

A estruturação dos critérios tem por objetivo ilustrar de forma simplificada a relação entre os passos, mas dada a característica sistêmica do caso analisado, ela não esgota as possibilidades de organização dos critérios, desde que faça sentido a sua reorganização para a aplicação dos critérios.

Muitas vezes os critérios se sobrepõem em suas categorias de análise devido a sua integração sistêmica. Além disso, os critérios possuem ligações entre si que representam inter-relações de dependência ou de influência, e por isso podem ser aplicados e reaplicados de acordo com os ajustes necessários ao processo. A necessidade de retomar alguns procedimentos está no sentido de reavaliar as decisões tomadas (Figura 25). Por esses motivos, durante a aplicação da estrutura, se fará necessário retornar e reaplicar alguns critérios que possibilitem inserir mudanças e dinâmicas evidenciadas no decorrer do processo de análise.

Figura 25. Estrutura analítica sistêmica para seleção de modelos de avaliação de sustentabilidade.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da energia para o desenvolvimento da humanidade e o paradigma do uso de fontes energéticas não renováveis tem sido foco de discussões devido aos impactos significativos que tal uso provocou e tem provocado, bem como devido ao esgotamento das reservas dessas fontes. Essas discussões trazem um novo paradigma energético, este de fontes renováveis, com ênfase, no Brasil, na matriz de biomassa. No cenário nacional o etanol de cana-de-açúcar ganha destaque nestas discussões devido à alta capacidade produtiva no país e a *expertise* acumulada na atividade.

Porém, a produção e consumo do etanol, bem como seu contexto político e ambiental têm gerado questionamentos sobre sua sustentabilidade. Ao procurar entender sobre tais questionamentos em seu contexto amplo, percebe-se um número significativo de pontos e um emaranhado de conexões entre estes, representando uma realidade sistêmica e complexa.

As dificuldades em encontrar soluções para os problemas complexos, muitas vezes, não estão relacionadas somente à ausência de uma ideia, ou número de variáveis, mas também aos diferentes interesses de vários agentes e suas várias maneiras de visualizar, interpretar e reagir ao problema. Isto acontece devido às diferentes concepções sobre o mundo, as quais estão intimamente ligadas a conceitos ou paradigmas preexistentes, característicos do meio e da cultura. Assim se explica porque dois povos (como duas pessoas) não vêem as coisas da mesma maneira.

Assim, em um primeiro momento, esta pesquisa buscou discutir sobre as diferentes visões e formas de pensamento embutidas nas pessoas, na sociedade, na ciência, etc. as quais são as norteadoras de como cada um compreende um problema e como decidem por meios para solucioná-lo. Uma vez que são vários os atores envolvidos no contexto do etanol, entender como esses atores visualizam e raciocinam sobre um problema é de extrema relevância, pois, ao buscar discutir, compreender e avaliar uma atividade produtiva, suas implicações – na política e economia de um determinado local e em escala global – e seus efeitos e impactos positivos e negativos na sociedade e no meio ambiente, se faz necessário seguir um pensamento que abarque o desafio de se discutir tal complexidade.

Nesse sentido esta pesquisa teve embasamento teórico guiado pelo pensamento sistêmico, ao considerar as limitações inseridas no pensamento mecanicista e reducionista. Para o processo de planejamento e de avaliação torna-se evidente a necessidade de considerar o imprevisível e questões que estão relacionadas ao complexo, para assim, melhor lidar com as incertezas do futuro.

O campo teórico da teoria geral dos sistemas é extremamente amplo, com várias abordagens e ramos e, por esse motivo, esta pesquisa listou características comuns a essas divisões e definiu um recorte teórico para o estudo. Com isto foi possível entender quais os atributos necessários para uma análise ser de característica sistêmica.

Ao buscar entender sobre a complexidade do contexto do etanol foram realizados procedimentos que possibilitaram uma análise contextual abrangente. A complexidade do contexto do etanol de cana-de-açúcar apresentada pela análise contextual indica que as principais questões a serem debatidas sobre sustentabilidade do etanol estão relacionadas a (os):

(i) existência de uma rede de vários tipos de atores: políticos, técnicos, cientistas, produtores e de consumidores, todos envolvidos na discussão e no processo de tomada de decisão sobre as problemáticas sociais, econômicas, políticas e ambientais.

Com a análise conclui-se que estes agentes influenciam, de forma direta e/ou indireta, no cenário sócio-político da cana-de-açúcar, devido às pressões que exercem ao possuírem papéis no contexto decisório da produção, comercialização e consumo do etanol. A identificação de ações e missões dos atores evidenciou um arranjo de governança, destacando os atores e apresentando assim, uma rede de políticas temática. A rede representa variáveis do sistema e por isso são essenciais para a análise.

Este ambiente de governança é visto como uma rede autorregulada é um “sistema complexo adaptativo”, o qual sofre adaptação constante, para alcançar resultados desejáveis, em relação ao que o outro estaria fazendo. Sua importância, ao avaliar a sustentabilidade desta atividade, está baseada na institucionalização de normas e valores estabelecidos e suas influências nas decisões planejamento do setor.

(ii) as consequências (impactos) positivas e negativas no setor do etanol de cana-de-açúcar. Com o levantamento e análise dos fatos e acontecimentos históricos do contexto do etanol foi possível averiguar e relacionar a diferentes dimensões ao discurso atual de sustentabilidade da atividade. Essas dimensões são consideradas subsistemas e estão relacionados ao planejamento e decisão sobre o etanol de cana-de-açúcar. São estes o econômico, o político e o socioambiental. No que tange o subsistema econômico, a atividade sucroalcooleira se apresenta de grande importância para o Brasil devido à capacidade produtiva nacional e sua relevância no cenário energético mundial. Cabe ressaltar que o Brasil é, atualmente, considerado o segundo maior produtor de etanol do mundo, e o primeiro de etanol à base cana-de-açúcar.

Devido aos incentivos econômicos de estímulo à produção do álcool a indústria, a expansão na produção de veículos *flex*, e consequentemente, o aumento da demanda pelo combustível etanol o mercado nacional canavieiro brasileiro passou por um forte ciclo de expansão. Porém, pode-se observar, com a análise histórica contextual, certa instabilidade econômica, devido às crises cíclicas relacionadas à superprodução, depreciação de preços com elevação dos preços internacionais do açúcar, crises econômicas internacionais, condições climáticas desfavoráveis (estiagens e temperaturas altas), políticas econômicas estatais e ausência de regulamentação de preços reduzindo a competitividade, entre outros.

Dentre os problemas ambientais da produção e consumo de etanol, levantados na revisão de literatura, aqueles mais discutidos são referentes ao modelo de produção, baseado no uso intensivo do solo e dos recursos naturais com a ampliação da monocultura. Na dimensão social, as atenções estão direcionadas a expansão da área de cultivo da cana que, consequentemente, tem diminuído a produção de alimentos em certas regiões e gerado evasão dos pequenos produtores. Essa situação se agrava com a mecanização das lavouras, uma vez que se faz necessária mão de obra qualificada e, portanto, um menor número de postos de trabalho em comparação ao sistema de colheita manual realizado antigamente, o que acaba ocasionando uma redução significativa de empregos no setor. Apesar desse sistema ter sido visto como inadequado no que tange as condições de trabalho, não se pode ignorar as consequências negativas da diminuição de postos de trabalho. Sendo assim, alguns projetos e programas de profissionalização para trabalhadores, tanto de iniciativa privada como governamental foram evidenciadas, porém ainda em sua gênese, considerando os prazos de legislação sobre a regulamentação das queimadas.

Por último, foi investigado o subsistema político no contexto sucroenergético. Evidenciou-se que são muitas as políticas que permeiam o tema biocombustíveis, com objetivos ambientais, energéticos, agrícolas, formando uma rede de políticas.

Essa rede de incentivos e restrições tem tido um foco maior no gerenciamento da expansão da monocultura. Porém, uma das maiores críticas é sobre a ausência de políticas públicas voltadas para a exportação do etanol e de foco socioambiental, como por exemplo com objetivos na exclusão social gerada pelo mercado desigual e/ou de geração de emprego e renda para o agricultor familiar.

Contudo, ao analisar o histórico político do setor no país percebe-se que as políticas têm tido um enfoque maior de incentivo à produção sucroenergética. Por outro lado, muitas políticas com enfoque ambiental têm sido institucionalizadas, especialmente, em razão das

discussões nacionais e internacionais a respeito da sustentabilidade do etanol. Da mesma forma cabe destacar os programas de linha de crédito oferecidos para aqueles que comprovem aspectos de sustentabilidade, tais como as certificações.

Numa análise sistêmica as preocupações se tornam maiores, tendo em vista que uma variável ou um subsistema pode influenciar outro. Sendo assim, com a análise contextual realizada foi possível compreender sobre a amplitude do problema, sua complexidade e integração de modo a exemplificar as variáveis e as relações que precisam ser consideradas em uma avaliação sistêmica de sustentabilidade.

Tal análise levantou os pontos de maior destaque (que influenciam no estado do sistema) gerando os pontos de intervenção do sistema etanol. Esses pontos servem para compreensão do sistema e do mesmo modo foram utilizados como uma das bases de elaboração da estrutura analítica. Por isso, são vistos como parte dos critérios sistêmicos norteadores no processo de seleção de modelos / ferramentas de avaliação de sustentabilidade.

(iii) a existência de vários modelos e ferramentas de avaliação de sustentabilidade. Na análise sobre o tema de avaliação de sustentabilidade percebeu-se que este reúne muitas experiências e opções analíticas. Observaram-se indícios de que as visões fragmentadas e formas diferenciadas de pensamento influenciaram e influenciam no conceito e na avaliação de sustentabilidade. Por meio da análise histórica verificou-se que os debates acerca da sustentabilidade são muitos, da mesma forma as percepções de mundo da sociedade. Isso cercou a ideia de sustentabilidade com uma diversidade de meios de análise e formas de entendimento e com isso surgiu a dificuldade de operacionalizar (praticar) o conceito tal como o seu processo de avaliação.

Além disso, averiguou-se que uma das questões mais relevantes sobre a forma de avaliar a sustentabilidade está na falta de critérios claros para a seleção dos modelos e ferramentas. Os principais motivos para a escolha por um determinado método parecem ser o conhecimento ou afinidade dos analistas que o escolhem.

Dentre as consequências disso, tem-se um processo de avaliação, tal como a escolha dos recursos analíticos, sem a consideração sistêmica das questões que fragilizam a avaliação da sustentabilidade, do mesmo modo sem a consideração da complexidade da realidade. Ainda, os envolvidos e interessados podem não usufruir do resultado da avaliação ao não o aceitar.

A pesquisa buscou então, entender qual seria o perfil mais adequado de um modelo ou ferramenta de avaliação de sustentabilidade orientada pela abordagem sistêmica e, portanto,

apresenta como resultados, atributos que possibilitem diminuir as limitações investigadas. Ao buscar tais atributos foram levantadas as principais características da abordagem sistêmica e analisados princípios de avaliação de sustentabilidade em pesquisas e em propostas de avaliação.

Com a apreciação sobre os princípios sistêmicos e de avaliação de sustentabilidade concluiu-se que uma única ferramenta, modelo, ou instrumento não seja o suficiente para possibilitar um processo de avaliação efetivo na perspectiva das duas teorias, de sistemas e de sustentabilidade. Logo, a estrutura recomenda utilizar-se de todos aqueles que se fizerem necessários para a efetivação da avaliação de sustentabilidade.

Conclui-se, sobre os resultados obtidos pela pesquisa, que conseguiu-se elaborar uma estrutura formada por critérios, no auxílio ao processo de avaliação de sustentabilidade, embasada na demonstração da complexidade e *sistemismo* inerentes à sustentabilidade, sua avaliação e à própria atividade do etanol de cana-de-açúcar.

Esta pesquisa avançou com seus pressupostos na avaliação de sustentabilidade, pois é uma contribuição a esse debate com os aspectos relevantes apresentados, relevantes ao planejamento e avaliação da atividade produtiva do etanol. A estrutura analítica se faz possível a inserção de princípios sistêmicos e de sustentabilidade no processo de avaliação de uma atividade, em especial, amenizando fragilidades de pragmatismo, fatores que limitam e dificultam conceituar, praticar e avaliar sustentabilidade, da mesma forma fatores que dificultam o entendimento sobre a teoria sistêmica e assim o processo de avaliação como um todo.

Cabe ainda considerar, que a estrutura analítica proposta pode ser entendida como um modelo conceitual, composto por critérios que respeitam características sistêmicas e premissas de sustentabilidade. Devido a isto, tal estrutura se faz abrangente para aplicação em outros casos inerentes à complexa discussão da sustentabilidade.

Sobre os procedimentos metodológicos pode-se afirmar que os resultados dessa pesquisa se apresentam como parte da própria estrutura analítica devido a sua contribuição na composição dos critérios. Tais procedimentos foram aplicados em cinco etapas. A primeira e segunda etapas possibilitaram o delineamento dos subsistemas que compõem o supra-sistema do contexto do etanol, com a rede de atores e o discurso atual sobre a sustentabilidade do etanol. Apesar dos impactos negativos e positivos da atividade serem discutidos de forma ampla pela literatura, observou-se que as discussões sobre a sustentabilidade do etanol são fragmentadas, com pouca integração entre as dimensões.

As principais contribuições dessas etapas estão na elaboração dos pontos de intervenção; variáveis consideradas as mais relevantes para a avaliação do sistema e que dão suporte para a aplicação da estrutura analítica. A terceira etapa buscou o aprofundamento sobre as limitações do conceito e operacionalidade de sustentabilidade, assim como sua influência no processo de avaliação de sustentabilidade. A quarta etapa foi importante para a definição dos critérios de análise, pois traz os princípios da avaliação da sustentabilidade e da teoria geral de sistemas, tomados como essência da estrutura analítica sistêmica.

A quinta e última etapa integra os resultados das etapas anteriores, apresenta a estrutura analítica com indicações de modelos e ferramentas como meio de demonstrar a aplicação dos critérios. Dentre os princípios-base dos critérios, destaca-se a necessidade de efetivação da governança, com participação de interessados e envolvidos, especialistas e tomadores de decisão na aplicação da estrutura analítica.

O levantamento teórico, realizado pelos métodos bibliométricos adotados, possibilitou analisar as principais contribuições teóricas sobre os temas, facilitou o entendimento sobre as problemáticas analisadas e auxiliou ao nortear a pesquisa dentro de uma diversidade de opções de leitura. Cabe ressaltar que, dentre as dificuldades encontradas na execução desta pesquisa, a maior foi organizar em documento de tese as informações, dados, reflexões e discussões, devido à integração e sobreposição dos assuntos, dos resultados, devido à forma de análise buscada, uma análise integrada e sistêmica. Entende-se que esta proposta atingiu seus objetivos e que trouxe avanço para a temática de avaliação de sustentabilidade.

Por fim, acredita-se que esta pesquisa contribui ao cenário científico-tecnológico, no sentido de complementar outros trabalhos objetivados a discutir e avaliar sustentabilidade do setor bioenergético, por meio do suporte à formulação de políticas públicas e no direcionamento de decisões que necessitem compreender sobre a complexidade de uma temática como o etanol de cana-de-açúcar. De acordo com uma análise, publicada pelo *Scientific Committee on Problems of the Environment* (SCOPE), sobre o progresso das pesquisas nos temas bioenergia e sustentabilidade,⁶³ entende-se que esta tese tem sua contribuição em lidar com questões recentes e necessárias ao desenvolvimento e a expansão sustentável da bioenergia, tais como Planejamento, Governança, Impactos da expansão da bioenergia, interconectividade entre políticas, sistemas bioenergéticos sustentáveis, relevância da consulta e comunicação entre os stakeholders, princípios de engajamento e participação.

⁶³ é um esforço coletivo com contribuições de 137 pesquisadores de 82 instituições em 24 países. O volume é o resultado de um processo de Avaliação Rápida, que incluiu uma reunião na UNESCO, em Paris, em dezembro de 2013, onde 50 especialistas discutiram aspectos transversais de sustentabilidade da bioenergia (SCOPE, 2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMIC, L. **Social network analisys**: why social network analysis. Coursera e Universidade de Michigan. Disponível em:<<https://pt.coursera.org/course/sna>>. Acesso em: 13 Oct. 2013.
- ALBRECHT, D.E. **Our energy future**: socioeconomic implications and policy options for rural America. New York: Taylor&Francis, 2014.
- ALLEN, M. **Analysing the organizational environment**. London: Selected Knowledge, 2001.
- ANDERSON, M.W.; TEISL, M.; NOBLET, C. Giving voice to the future in sustainability: retrospective assessment to learn prospective stakeholder engagement. **Ecological Economics**, New York, v.84, p.1–6, 2012.
- ARAÚJO, I.M.M.; GALVÃO, K.C.P.; SILVEIRA NETO, O.S. Da Política energética brasileira: uma análise acerca de seus princípios e objetivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3., 2005, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: IBO, 2005.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Indústria automobilística brasileira**: 50 Anos. 2007. Disponível em:<<http://www.anfavea.com.br/50anos/indice.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2010.
- _____. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. São Paulo, 2014. Disponível em:<<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: 3 fev. 2015.
- ATKINSON, R.D. **Network government for the digital age**. Washington: PPI, 2003. (Progressive Policy Institute, Policy Report).
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. (Org.). **Bioetanol de cana-de-açúcar**: energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. p.316.
- BASTOS, V.D. Etanol, alcoolquímica e biorrefinarias. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.25, p.5-38, 2007.
- BECKER, B. **Sustainability assessment**: a review of values, concepts, and methodological approaches. Washington: Consultative Group on International Agricultural Research, 1997. (Issues in Agriculture, 10).
- BERGER, P.; LUCKMANN, T. **A Construção social da realidade**. Petrópolis: Vozes, 1995.
- BERTALANFFY L, V. The Theory of open systems in physics and biology. **Science**, v.111, n.13, p.23-29, 1950.
- BERTALANFFY L, V. **Teoria geral dos sistemas**: fundamentos, desenvolvimento e aplicações. Tradução de Francisco M.Guimarães. 7.ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

BINSWANGER, H.C. Fazendo a sustentabilidade funcionar. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 1999.

BLOWERS, A.; LEROY, P. Environment and society: shaping the future. In: BLOWERS, A.; GLASBERGEN, P. (Ed.). **Environmental policy in an international context**. London: Arnold, 1996. Cap.3, p.255-283.

BOSSEL, H. Assessing viability and sustainability: a systems-based approach for deriving comprehensive indicator sets. **Conservation ecology**, v.5, n.2, 2001. Disponível em:<<http://www.consecol.org/vol5/iss2/art12/>>. Acesso em: 10 Mar. 2013.

BOTT, E. **Família e rede social**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1976.

BOURDIE, P. **O Poder simbólico**. 8.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BRANCO, S.M. **Ecossistêmica: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente**. 2.ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.

_____. **Energia e meio ambiente**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2004.

BRANDÃO, D.M.S.; CREMA, R. **O Novo paradigma holístico: ciência, filosofia, arte e mística**. 4.ed. São Paulo: Summus, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ranking exportações agronegócio produtos: exportação do agronegócio brasileiro**. 2012. Disponível em:<http://www.udop.com.br/index.php?item=comercio_exterior>. Acesso em: 15 jan. 2013.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2009.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Matriz energética nacional 2030**. Brasília: MME-EPE, 2007.

_____. **Plano nacional de energia 2030**. Brasília: MME-EPE, 2008.

BRASIL ECÔNOMICO. **Multinacionais dominam 90% do mercado de açúcar e etanol**. Notícia online, 20 jan. 2015. Disponível em:<<http://brasileconomico.ig.com.br/brasil/economia/2015-01-20/multinacionais-dominam-90-do-mercado-de-acucar-e-etanol.html>>. Acesso em: 3 mar. 2015.

BURSZTYN, M. (Org.). **Ciência, ética e sustentabilidade**. São Paulo: Cortez; Brasília (DF): UNESCO, 2001.

BUYTAERT, V. et al. Towards integrated sustainability assessment for energetic use of biomass: a state of the art evaluation of assessment tools. **Renewable and sustainable energy reviews**, v.15, p.3918– 3933, 2011.

CABRERA, D.; COLOSI, L.; LOBDELL, C. Systems thinking. **Evaluation and Program Planning**, v.31, n.3, p.299–310, 2008. doi:10.1016/j.evalprogplan.2007.12.001.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília: CGEE, 2009.

CERQUEIRA LEITE, R.C. A Estratégia brasileira para o etanol. In: CORTEZ, L.A.B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Edgar Blücher, 2010.

CHEN, D.; STROUP, W. General system theory: toward a conceptual framework for science and technology education for all. **Journal of Science Education and Technology**, v.3, n.2, p.447–459, 1993.

CHENG, J.J.; TIMILSINA, G.R. Status and barriers of advanced biofuel technologies: a review. **Renewable Energy**, n.36, p.3541–3549, 2010.

CIEGIS, R.; RAMANAUSKIENE, J.; MARTINKUS, B. The Concept of sustainable development and its use for sustainability scenarios. **Engineering Economics**, v.2, p.28–37, 2009.

CINELLI, M.; COLES, S.R.; KIRWAN, K. Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. **Ecological Indicator**, v.46, p.138–148, 2014.

CINTRA, F.N.; ANDRADE, P.; ALVES, M.C.M. **Avaliação dos reflexos do protocolo de Kyoto no setor sucroalcooleiro**. 2004. Disponível em: <<http://www.cori.rei.unicamp.br>>. Acesso em: 31 ago. 2014.

COMMONER, B. **The losing circle: nature, man and technology**. New York: Alfred A. Knopf, 1971.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília: CONAB, 2014. v.1, Safra 2014/15, n.3, terceiro levantamento dezembro/2014, p.1–27.

COSTANZA, R. (Ed.). **Ecological economics: the science and management of sustainability**. New York: Columbia University Press, 1991.

CRAWFORD, S. What is the energy policy-planning network and who dominates it?. A Network and QCA analysis of leading energy firms and organizations. **Energy Policy**, n.45, p.430–439, 2012.

CRUZ, S.C.; VELASCO E. Teoria e método na análise de conjuntura. **Educação e Sociedade** [online], v.21, n.72, p.145–152, 2000.

CUNDILL, G.; FABRICIUS, C. Monitoring in adaptive co-management: toward a learning based approach. **Journal of Environmental Management**, n.90, p.3205–3211, 2009.

DIAS, S. **Crescimento econômico, sustentabilidade e desenvolvimento**: o caso de Portugal. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2009.

DIEGUES, A.C.S. Desenvolvimento sustentável ou sociedades sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas. **São Paulo em Perspectiva**, v.6, n.1/2, p.22- 29, 1992.

DONZELLI, J.L. Preservação dos solos agrícolas. In: MACEDO, I.C. et al. (Org.). **A Energia da cana-de-açúcar**: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis & Vertecchia; UNICA, 2005. Cap.7, p.141-148.

DUARTE, C.G. **Planejamento e sustentabilidade**: uma proposta de procedimentos com base na avaliação de sustentabilidade e sua aplicação para o caso do etanol de cana-de-açúcar no plano decenal de expansão de energia. 2013. 281 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

DYE, T.R. **Understanding public policy**. 10thed. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

EHRlich, P.R.; HOLDREN, J.P. Impact of population growth. **Science**, v.171, n.3977, p.1212-1217, 1971.

EISENACK, K.; LÜDEKE, M.; KROPP, J.P. **Construction of archetypes as a formal method to analyze socioecological systems**. In: INSTITUTIONAL DIMENSIONS OF GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE SYNTHESIS CONFERENCE, 2006, Bali. Proceedings... Disponível em: <http://www2.bren.ucsb.edu/~idgec/papers/Klaus_Eisenack.pdf>. Acesso em: 3 Mar. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2014**: ano base 2013. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

FARIA, J.H. Dimensões da matriz epistemológica em estudos em administração: uma proposição. In: ENCONTRO DA ANPAD, 37., 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2012.

FARINA, E. Crise do setor e política governamental é foco de entrevista da presidente da UNICA. **Jornal da Gazeta**, São Paulo, 23 abr. 2014.

FÁVERO, L.P. et al. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FELTRAN-BARBIERI, R. **Biocombustíveis, controvérsia agrícola na economia do petróleo**: o caso do etanol no Cerrado. 2009. 213 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FERNANDES, V. Interdisciplinaridade: a possibilidade de reintegração social e recuperação da capacidade de reflexão na ciência. **INTERthesis**, Florianópolis, p.65-80, 2010.

FERNANDES, V.; SANT'ANNA, F.S.P. A Inserção da dimensão ambiental nas indústrias catarinenses e sua correlação com as políticas públicas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.6, p.4-8, 2007.

FERNANDES, V.; SAMPAIO, C.A.C. Problemática ambiental ou problemática socioambiental? A Natureza da relação sociedade/meio ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n.18, p.87-94, 2008.

FERRACIOLI, K.; JACOMINI, R.L.; MARQUES, P.V. Certificados ambientais e o setor sucroalcooleiro paulista – estudo de caso. **Revista de Política Agrícola**, v.22, n.3, p.96-109, 2013.

FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOLADORI, G. **Limites do desenvolvimento sustentável**. Campinas: Ed.Unicamp, 2001.

_____. Uma tipologia del pelsamiento ambientalista. In: FOLADORI, G.; PIERRI, M. (Org.). **Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo suetentable**. Migeul Angel Porrúa: Universidade Autônoma de Zacatecas, 2005.

FOLLEDO, M. Raciocínio sistêmico: uma boa forma de se pensar o meio ambiente. **Ambiente & Sociedade**, n.6, p.105-144, 2000.

FORRESTER, J.W. Counterintuitive behavior of social systems. **Theory and Decision**, n.2, p.109-148, 1971.

FOSTER, J.B. **The Vulnerable planet**: a short economic history of the environment. New York: Monthly Review Press, 1994.

FREEMAN, L. **The Development of social network analysis**: a study in sociology of science. North Charleston: Booksurge, 2002.

FREY, K. Gobernanza electronic urbana e inclusión digital: experiências em ciudadeseuropeas y brasileñas. **Nueva Sociedad**, n.196, p.109-124, 2005.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Bioen-FAPESP**, 2013. Disponível em:<<http://www.fapesp.br/6258>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

FUWA, K. Defining and measurement of sustainability: the biophysical foundations. In: MUNASINGHE, M.; SHEARER, W. (Ed.). **Defining and measuring sustainability**: the biogeophysical foundation. Washington, DC: World Bank, 1995. Box 1-1.

GALLARDO, A.L.C.F.; BOND, A. Capturing the implications of land use change in Brazil through environmental assessment: time for a strategic approach?. **Environmental Impact Assessment Review**, v.31, p.261-270, 2011.

GALLOPÍN, G. **A Systems approach to sustainability and sustainable development**. Santiago de Chile: CEPAL, 2003. (Serie Medio Ambiente y Desarrollo, n. 64).

GASPARATOS, A. Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications. **Journal of Environmental Management**, n.91, p.1613-1622, 2010.

GASPARATOS, A.; EL-HARAM, M.; HORNER, M. A Critical review of reductionist approaches for assessing the progress towards sustainability. **Environmental Impact Assessment Review**, n.28, p.286-311, 2008.

GASPARATOS, A.; SCOLOBIG, A. Choosing the most appropriate sustainability assessment tool. **Ecological Economics**, n.80, p.1-7, 2012.

GIBSON, R.B. **3 Possible models (for sustainability assessment)**. Porto: Comunicação Pessoal, 2012.

GIBSON, R.B. et al. **Sustainability assessment: criteria, processes and applications**. London: Earthscan, 2005.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J.R. Política energética no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.19, n.55, 2005.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v.21, n.59, 2007.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. 3.ed. São Paulo: EDUSP, 2008.

GOMES, P.; FERNANDES, V. O Discurso de sustentabilidade e a rede de atores do setor sucroenergético. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n.31, p.84-96, 2014.

GOMES, M.S.P.; ARAUJO, M.S.M. Bio-fuels production and the environmental indicators. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v.13, p.2201-2204, 2009.

GOMES, P.R.; FERNANDES, V.; MAUAD, F. The Political network from ethanol: influence and power in the decision making process. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON ENVIRONMENTAL PLANNING AND MANAGEMENT URBAN RESPONSES FOR CLIMATE CHANGE TOWARDS URBENVIRON. CONGRESS TAMPA , 5., 2012, Brasília. **Anais...** [S.l.:s.n.].

GOMIERO, T.; PAOLETTI, M.G.; PIMENTEL, D. Biofuels: efficiency, ethics, and limits to human appropriation of ecosystem services. **Journal of Agricultural & Environmental Ethics**, n.23, p.403-434, 2010.

GORTER, H.; JUST, D.R. The Social costs and benefits of biofuels: the intersection of environmental, energy and agricultural policy. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v.32, n.1, p.4-32, 2010.

GOUGH, C.; CASTELLS, N.; FUNTOWICZ, S. Integrated assessment: an emerging methodology for complex issues. **Environmental Modeling & Assessment**, n.3, p.19-29, 1998.

GRACE, W.; POPE, J. An Integrated systems approach to sustainability planning, assessment and management. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT, 2011, Puebla. **Proceedings...** Puebla: IAIA, 2011.

GREMAUD, A.P.; VASCONCELLOS, M.A.S.; TONETO, R. **Economia brasileira e contemporânea**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

HACKING, T.; GUTHRIE, P. A Framework for clarifying the meaning of triple bottom-line, integrated, and sustainability assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v.28, n.2/3, p.73-89, 2008. doi:10.1016/j.eiar.2007.03.002.

HANNEMAN, R.A. **Computer assisted theory building: modelling dynamic social systems**. California: Sage, 1998.

HANNEMAN, R.A.; RIDDLE, M. **Introduction to social network methods**. Riverside: University of California, 2005. Disponível em: <<http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>>. Acesso em: 13 jun. 2012.

HARDIN, G. The Tragedy of the commons. **Science**, v.162, n.3859, p.1243-1248, 1968. DOI: 10.1126/science.162.3859.1243.

HARTMUTH, G.; HUBER, K.; RINK, D. Operationalization and contextualization of sustainability at the local level. **Sustainable Development**, v.16, p.261–270, 2008. DOI: 10.1002/sd.377.

HEIDEMANN, F.G. Do Sonho do progresso às políticas de desenvolvimento. In: HEIDEMANN, F.G.; SALM, J.F. **Políticas públicas e desenvolvimento: bases epistemológicas e modelos de análise**. Brasília: Ed.UnB, 2009.

HEYLIGEN, F. Self-organization, emergence and the architecture of complexity. In: EUROPEAN CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCE, 1989, Paris. **Proceedings...** [S.l.:s.n.].

HJORTH, P.; BAGHERI, A. Navigating towards sustainable development: a system dynamics approach. **Water Resources**, v.38, p.74-92, 2006. doi:10.1016/j.futures.2005.04.005.

HOLANDA, F.U.X. **Do Liberalismo ao neoliberalismo: o itinerário de uma cosmovisão impenitente**. 2.ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2001.

HOLLING, C.S.; MEFFE, G.K. Command and control and pathology of natural resource management. **Conservation Biology**, v.10, n.2, p.328–337, 1996.

HOLLING, C.S.; SANDERSON, S. Dynamics of (dis)harmony in ecological and social systems. In: HANNS, S. et al. (Ed.). **Rights to nature**. Washington, D.C.: Island Press, 1996.

HUFFAKER, R. Protecting water resources in biofuels production. **Water Policy**, v.12, p.129-134, 2010.

IANNONE, R.A. **A Revolução industrial**. 7.ed. São Paulo: Moderna, 1992.

IRVIN, R.A.; STANSBURY, J. Citizen participation in decision making: is it worth the effort?. **Public Administration Review**, v.64, n.1, p.55-65, 2004. doi:10.1111/j.1540-6210.2004.00346.x.

JATOBÁ, S.U.S.; CIDADE, L.C.F.; VARGAS, G.M. Ecologismo, ambientalismo e ecologia política: diferentes visões da sustentabilidade e do território. **Sociedade e Estado**, Brasília, v.24, n.1, p. 47-87, 2009.

JILIBERTO, H.R. A Holarchical model for regional sustainability assessment. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v.6, n.4, p.511-538, 2004.

KLAUER, B. Defining and achieving sustainable development. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v.6, n.2, p.114-121, 1999.

KLAUER, B.; BAUMGÄRTNER, S. Operationalization of the concept of sustainable development on different time scales. In: DWYER, S.; GANSLOBER, U.; O'CONNOR, M. (Ed.). **Life science dimensions: ecological economics and sustainable use**. Fürth: Filander, 1998. p.175-194.

KÖCHE, J.C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa**. 15.ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

KORMONDY, E.J.; BROWN, D.E. **Ecologia humana**. São Paulo: Ateneu, 2002.

KUIPERS, B. **Qualitative reasoning: modeling and simulation with incomplete knowledge**. Cambridge: MIT Press, 1994.

LASZLO, A.; KRIPPNER, S. Systems theories: their origins, foundations, and development. In: JORDAN, J.S. (Ed.). **Systems theories and a priori of perception**. Amsterdam: Elsevier, 1998. p.47-74.

LASZLO, E. **The Systems view of the world**. New York: Braziller, 1972.

LATOUR, B. **Ciência em ação**. São Paulo: Ed.Unesp, 2000.

LEFF, E. **As Aventuras da epistemologia ambiental: da articulação das ciências ao diálogo dos saberes**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

_____. **Ecología y capital**. México: UNAM, 1986.

LÉLÉ, S.M. Sustainable development: a critical review. **World Development**, v.19, n.6, p.607-621, 1991.

MACEDO, I. **A Energia da cana-de-açúcar – doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade**. 2.ed. São Paulo: Berlendis&Vertecchia, ÚNICA - União da Agroindústria Canavieira, 2007.

MANGOYANA, R.B.; SMITH, T.F.; SIMPSON, R. A Systems approach to evaluating sustainability of biofuel systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.25, p.371–380, 2013.

MANSON, S.M. Simplifying complexity: a review of complexity theory. **Geoforum**, Oxford, v.32, p.405–414, 2001.

_____. Does scale exist? An epistemological scale continuum for complex human–environment systems. **Geoforum**, Oxford, v.39, p.776–788, 2008.

MARCZYK, G.R.; MATTEO, D.; FESTINGER, D. **Essentials of research design and methodology**. New Jersey: John Wiley, 2005.

MARQUES, E.C. Redes sociais e poder no Estado brasileiro: aprendizados a partir de políticas urbanas. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v.21, n.60, fev.2006.

MEADOWS, D. **Indicators and information systems for sustainable development**. Hartland Four Corners: Sustainability Institute, 1998.

_____. **Leverage points: places to intervene in a system**. Hartland Four Corners: Vermont; The Sustainability Institute, 1999.

_____. **Thinking in systems: a primer**. London: Earthscan, 2009.

MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J. **Limits to growth: the 30-year update**. Chelsea Green: White River Junction, 2004.

MEBRATU, D. Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review. **Environmental Impact Assessment Review**, Amsterdam, v.18, p.493-520, 1998.

MELLO, F.O.T.; PAULILLO, L.F. Metamorfoses da rede de poder sucroalcooleira paulista e desafios da autogestão setorial. **Agricultura em São Paulo**, v.52, n.1, p.41-62, 2005.

MINAYO, M.C.S. **O Desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8.ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

MOG, J.M. Struggling with sustainability - a comparative framework for evaluating sustainable development programs. **World Development**, v.32, n.12, p.2139–2160, 2004.

MONTEIRO, J.V. **Como funciona o governo: escolhas públicas na democracia representativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2007.

MORAES, M.A.F.D. O Mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades. **Economia Aplicada**, São Paulo, v.11, n.4, p.605-619, out./dez. 2007.

MORAES, M.A.F.D.; ZILBERMAN, D. **Production of ethanol from sugarcane in Brazil: from state intervention to a free market**. Berlin: Springer Science & Business Media, 2014.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

MUSSATO, S.I. et al. Technological trends, global market, and challenges of bio-ethanol production. **Biotechnology Advances**, v.28, n.6, p.817-30, 2010.

NEWELL, B. et al. A Conceptual template for integrative human–environment research. **Global Environmental Change**, Atlanta, v.15, p.299–307, 2005.

NUNES, A.K. Análise de conjuntura em relações públicas. In: HAUSSEN, D.F.; DORNELLES, B. (Org.). **Estudos contemporâneos da comunicação**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. p.83-96.

O'CONNOR, J. Las dos contradicciones del capitalismo. **Ecología Política**, n.3, p.111-112, 1992. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/20742702>>. Acesso em: 5 jun. 2012.

ODUM, H.T.; ODUM, E.C. **Modeling for all scales**: an introduction to system simulation. Gainesville: Academic, 2000.

OLIVEIRA, M.W. et al. Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.6, jun. 2002.

OMETTO, A.R.; MANGABEIRA, J.A.C.; HOTT, M.C. Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p.2297-2299.

OSTROM, E. A Diagnostic approach for going beyond panaceas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Red Wood, v.104, p.15181–15187, 2007.

PEARCE, D.W.; BARBIER, E.; MARKANDYA, A. **Sustainable development**: economics and environment in the third world. Hants: E.Elgar, 1990.

PEREIRA, C.L.F.; ORTEGA, E. Sustainability assessment of large-scale ethanol production from sugarcane. **Journal of Cleaner Production**, v.18, n.1, p.77-82, 2010.

PEREIRA, J.V.I. Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objetivo comum. **Economia Global e Gestão** [online], v.14, n.1, p.115-126, 2009.

PEREIRA, M.G. et al. The Renewable energy market in Brazil: current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, n.6, p.3786-3802, 2012.

PEROSA, B.; FREDO, C.E.; BELIK, W. Protocolo agroambiental: riscos e oportunidades. **Agroanalysis**: mercado e negócios, v.32, p.16-18, out. 2012.

PIERRI, N. O Processo histórico e teórico que conduz à proposta de desenvolvimento sustentável. In: PIERRI, N.; FOLADORIO, G. **Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sostenible**. Montevideo: Trabajo y Capital, 2001. p.149-152.

PINTÉR, L. et al. Bellagio STAMP: principles for sustainability assessment and measurement. **Ecological Indicators**, v.17, p.20-28, 2012.

POPE, J. **Facing the gorgon: sustainability assessment and policy learning in Western Australia.** 2007. Tesis (PhD) - Institute for Sustainability and Technology Policy, Murdoch University, Perth, 2007.

PORTAL BRASIL. **Governo federal é formado por ministérios, secretarias e órgãos especiais.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2009/11/governo-federal-e-formado-por-ministerios-secretarias-e-orgaos-especiais>>. Acesso em: 13 abr. 2013.

PROCOPIUCK, M.; FREY, K. Redes de políticas públicas e de governança e sua análise a partir da websphere analysis. **Revista de Sociologia Política**, Curitiba, v.17, n.34, p.63-83, 2009.

RAELE, R. **O Sistema sócio ecológico do Rio Pinheiros: um modelo conceitual baseado na teoria de sistemas e stakeholders analysis.** 2013. 236 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

RANIERI, V.E.L. et al. O Zoneamento ambiental como instrumento de política e gestão ambiental. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; WENDLAND, E. (Org.). **PPG-SEA: trajetórias e perspectivas de um curso multidisciplinar.** São Carlos: Rima, 2005. Cap.4, p.109-136.

RESILIENCE ALLIANCE. **Assessing resilience in social-ecological systems: workbook for practitioners revised version 2.0.** 2010. Disponível em: <http://www.resalliance.org/index.php/resilience_assessment>. Acesso em: 12 maio 2015.

RHODES, R.A.W. Policy network analysis. In: GOODIN, R.E. **The Oxford handbooks of political science.** New York: Oxford University Press, 2006. Chap.20, p.425-447.

RIDDER, W. et al. A Framework for tool selection and use in integrated assessment for sustainable development. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v.9, n.4, p.423–441, 2007.

ROMEIRO, A.R. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA V. **Economia do meio ambiente: teoria e pratica.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. P.1-29.

ROSNAY, J. **The Macroscopic: a new world scientific system.** New York: Harper & Row, 1975. Disponível em: <<http://pespmc1.vub.ac.be/macroscopic/default.html>>. Acesso em: 5 Jan. 2014.

SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. **Para pensar o desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Brasiliense, 1993. p.29-56.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Resolução SMA-088 de 19 de dezembro de 2008.** Define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. 2008. Disponível

em:<<http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2008-ResSMA88.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Sistema Ambiental Paulista. **O Protocolo**. Disponível em:<<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/protocolo-agroambiental/o-protocolo/>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

SCHUSCHNY, A. Síndromes de cambio global y sostenibilidad. In: TALLER DE SÍNDROMES DE CAMBIO GLOBAL Y SOSTENIBILIDAD E INDICADORES COMPUESTOS DE DESARROLLO, 2009a, Cidade do México. Disponível em:<<http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/dmaah/noticias/paginas/5/36785/P36785.xml&xsl=/dmaah/tpl/p18f.xsl&base=/dmaah/tpl/top-bottom.xsl>>. Acesso em: 25 sept. 2010.

_____. Síndrome de agriculturización de la pampa. In: TALLER DE SÍNDROMES DE CAMBIO GLOBAL Y SOSTENIBILIDAD E INDICADORES COMPUESTOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE, 2009b, Cidade do México. Disponível em:<<http://www.ceal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/dmaah/noticias/paginas/5/36785/P36785.xml&xsl=/dmaah/tpl/p18f.xsl&base=/dmaah/tpl/top-bottom.xsl>>. Acesso em: 25 sept. 2010.

SCOPE. Scientific Committee on Problems of the Environment. **Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps** / Ed. Glaucia Mendes Souza, Reynaldo L. Victoria, Carlos A. Joly e Luciano M. Verdade. SCOPE 72, p.779. 2015.

SCOTT, J. **Social network analysis**. Newbury Park: Sage, 1992.

SIMON, H.A. The Architecture of complexity. **Proceedings of the American Philosophical Society**, v.106, n.6, p.467-482, 1962.

SMEETS, E. et al. The Sustainability of Brazilian ethanol: an assessment of the possibilities of certified production. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v.32, n.8, p.781-813, 2008.

SMYTH, B.M. et al. Can we meet targets for biofuels and renewable energy in transport given the constraints imposed by policy in agriculture and energy?. **Journal of Cleaner Production**, v.18, p.1671-1685, 2010.

SOARES, L.H.B. et al. **Mitigação das emissões de gases efeito estufa pelo uso de etanol da cana-de-açúcar produzido no Brasil**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. (Circular Técnica, n.27).

SOLOW, R. **An Almost practical step towards sustainability**. 1992. Disponível em:<<http://web.stanford.edu/class/econ155/coursework/CourseMaterials/Readings/Solow-Sustainability.pdf>>. Acesso em: 23 Sept. 2012.

SOLÉ, R.; GOODWIN, B. **Signs of life: how complexity pervades biology**. New York: Basic books, 2000.

SOUZA, H.J. **Como se faz a análise de conjuntura**. Petrópolis: Vozes, 2009.

STONE, K.C.; HUNT, K.B.; CANTRELL, K.S.R. The Potential impacts of biomass feedstock production on water resource availability. **Bioresource Technology**, v.101, p.2014–2025, 2010.

SZMRECSÁNYI, T.; MOREIRA, E.P. O Desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a segunda guerra mundial. **Estudos Avançados**, v.11, n.5, p.57-79, 1991.

TAYRA, F. Capital natural e graus de sustentabilidade: visões de mundo e objetivos conflitantes. **Pensamento & Realidade**, Brasília, v.9, n.19, 2006.

TOFLER, A. **A Terceira onda**. Tradução de João Távora. 16.ed. Rio de Janeiro: Record, 1980.

TORQUATO, S.A.; RAMOS, R.C. Protocolo agroambiental do setor sucroalcooleiro paulista: ações visando à preservação ambiental. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v.7, n.6, jun. 2012.

TURNER, R.K. Sustainable global futures. Common interest, interdependency, complexity and global possibilities. **Futures**, Amsterdam, v.19, n.5, p. 574-582, 1987.

_____. Sustainability auditing and assessment challenges. **Building Research & Information**, v.34, n.3, p.197–200, 2006.

_____. **Produção de cana-de-açúcar do Brasil**. Disponível em:<<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 1 maio 2014.

_____. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol – safra 2013-2014**. 2015a. Disponível em:<<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1610&safra=2013%2F2014&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR>>. Acesso: 20 jan. 2015.

_____. **Exportação anual de etanol pelo Brasil por estado de origem**. 2015b. Disponível em:<<http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=23>>. Acesso em: 3 fev. 2015.

_____. **Projetos e iniciativas**: projeto renovação. 2015c. Disponível em:<<http://www.unica.com.br/projeto-renovacao/>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

VAN BELLEN, H.M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**, v.7, n.1, p.67-87, jan./jun. 2004.

VASCONCELLOS, M.J.E. **Pensamento sistêmico**: novo paradigma da ciência. Campinas: Papirus, 2002.

VIAN, C.E.F.; BELIK, W. Os Desafios para a reestruturação do complexo agroindustrial canavieiro do Centro-Sul. **Economia**, v.4, n.1, p.153-194, 2003.

VIEIRA, P.F. Políticas ambientais no Brasil: do preservacionismo ao desenvolvimento territorial sustentável. **Política e Sociedade**, v.8, n.14, p.27-75, 2009.

WALKER, B.; SALT, D. **Resilience thinking**: sustaining ecosystems and people in a changing world. New York: Island, 2006.

WALKER, P.B. A Construção do direito ao desenvolvimento e sua aplicação mediante as políticas públicas de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, Brasília, v.1, n.1, p.159-190, jan./jun. 2011.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis**: methods and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

WATANABE, C. Systems options for sustainable development. In: **ENERGY: the next fifty years**. Paris: OECD, 1999. Cap. 6, p.121-146.

WATANABE, M. **A Desregulamentação do setor sucroalcooleiro e seu impacto na estratégica de produção das usinas no Estado do Paraná**. 2001. 89 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future**. New York: Oxford University Press, 1987.

WEISS, C.H. **Evaluation research**: methods of assessing program effectiveness. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1972.

WHITE, L.J. The Historical roots of our ecologic crisis. **Science**, v.155, n.3767, p.1203-1207, mar. 1967.

WIEK, A.; BINDER, C.; SCHOLZ, R.W. Functions of scenarios in transition processes. **Futures**, v.38, p.740–766, 2006.

WILBER, K. **Sexo, ecología y espiritualidad**: el alma de la evolución. Madrid: Gaia, 1998.

_____. **Una teoría del todo**. Madrid: Kairos, 2000.

_____. **El Ojo del espíritu**. Una visión integral para un mundo que está enloqueciendo poco a poco. Barcelona: Kairos, 2001.

WITAKER, J. et al. Sources of variability in greenhouse gas and energy balances for biofuel production: a systematic review. **Global change biology bionergy**, n.2, p.99-112, 2010.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (BRASIL). **Análise da expansão do complexo agroindustrial canavieiro no Brasil**. [S.l.]: WWF; Programa de Agricultura e Meio Ambiente, 2008.

YIN, K.R. **Qualitative research from start to finish**. New York: The Guilford Press, 2011.

GLOSSÁRIO

Feedback: Transmissão e retorno de informações entre as partes componentes de um sistema (FOLLEDO, 2000).

Panarquia: um termo usado para descrever um modelo de sistemas ligados hierarquicamente representados que interagem por entre as escalas (RESILIENCE ALLIANCE, 2010).

Stakeholders: Indivíduos e organizações que tem interesse ou participação na gestão do recurso em questão. Eles também podem incluir aqueles que tomam a decisão sobre o recurso e aqueles que podem se afetados pelas mudanças da gestão ou fornecimento deste. Os stakeholders podem, necessariamente, não estar localizados dentro do sistema focal (RESILIENCE ALLIANCE, 2010, pg 13).

Trade-offs: podem ser entendidos como uma decisão que considera a relação “perda-e-ganho”, ou seja, ao se tomar decisões relacionadas a vários temas e problemas é possível que esta decisão beneficie algumas partes e desconsidere ou prejudique as outras, aqueles de menor interesse.

Thresholds: são os pontos que separam os diferentes estados de um sistema (Resilience Alliance, 2010).