Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Avaliação dos indicadores de sustentabilidade de usinas sucroalcooleiras da região de Sertãozinho, São Paulo, Brasil: estudo de caso

Adriano de Cerqueira Violante

Tese apresentada para obtenção do título de doutor em
Ciências. Área de concentração: Bioenergia

Piracicaba
2018

Adriano de Cerqueira Violante
Oceanólogo

Avaliação dos indicadores de sustentabilidade de usinas sucroalcooleiras da região de
Sertãozinho, São Paulo, Brasil: estudo de caso
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profª. Drª. **SUANI TEIXEIRA COELHO.**

Tese apresentada para obtenção do título de doutor em
Ciências. Área de concentração: Bioenergia

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Violante, Adriano de Cerqueira

Avaliação dos indicadores de sustentabilidade de usinas sucroalcooleiras da região de Sertãozinho, São Paulo, Brasil: estudo de caso / Adriano de Cerqueira Violante. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

131 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade Estadual de Campinas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

1. Indicadores de sustentabilidade 2. Biocombustíveis 3. Usinas sucroalcooleiras 4. Etanol 5. GBEP I. Título

Para Ivone. Sem seu apoio, a realização deste trabalho seria muito difícil.

Para Adriano e Victória que, mesmo sem saberem, me deram o incentivo necessário.

Agradeço à minha orientadora, Prof.^a Suani T. Coelho pela aceitação e paciência.

Às universidades conveniadas, USP, UNESP e UNICAMP que, em tempos economicamente difíceis, tiveram a coragem de instituir um programa ambicioso e continuar pensando o país.

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E DEFINIÇÕES.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. ORIGINALIDADE.....	19
2.2. METODOLOGIA	19
3. ESTADO DA ARTE DO USO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	21
3.1. SUSTENTABILIDADE.....	21
3.2. GLOBAL BIOENERGY PARTNERSHIP (GBEP) E OS INDICADORES	27
3.3. O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE	29
3.4. A IMPORTÂNCIA DO ETANOL NO BRASIL E NO MUNDO	37
3.5. UMA VISÃO RESUMIDA DA PRODUÇÃO DE ETANOL NO BRASIL.....	39
3.6. CERTIFICAÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS	43
3.7. INSTITUIÇÕES CERTIFICADORAS	45
3.7.1. Roundtable on Sustainable Biomaterials – RSB	46
3.7.2. Better Sugar Cane Initiative Ltd. – BONSUCRO	47
4. OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DESENVOLVIDOS PELO GBEP/FAO	51
4.1. INTRODUÇÃO	51
4.2. APLICAÇÃO DOS INDICADORES DO GBEP/FAO.....	52
4.3. PILAR AMBIENTAL.....	52
4.3.1. Indicador 1. Ciclo de vida das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Ciclo de vida das emissões resultantes da produção e uso do etanol, decorrente da metodologia de produção usada nas usinas, medido em CO ₂ Eq/MJ.....	53
4.3.2. Indicador 2. Qualidade do solo. Percentagem de terra em relação à quantidade total, na qual a qualidade, em termos de carbono orgânico no solo, é mantida ou melhorada, em que a cana-de-açúcar é cultivada.	58
4.3.3. Indicador 3. Extração de recursos madeireiros. Colheita anual de recursos de madeira por volume e como percentagem do crescimento líquido ou rendimento sustentado, e a percentagem de colheita anual usada para a bioenergia.....	60
4.3.4. Indicador 4. Emissões de poluentes não GEE incluindo gases tóxicos. Produção de matéria prima para a bioenergia; processamento; transporte de matéria prima, produtos intermediários e produtos finais e; uso, em comparação com outras fontes de energia. Emissões de CO, NO _x , SO ₂ e outros poluentes, em mg/ha, mg/MJ, mg/m ³ ou ppm.	61
4.3.5. Indicador 5. Uso da água e eficiência. Água retirada de bacias hidrográficas para a produção e processamento da cana-de-açúcar, expressa como percentagem do total do recurso.	63
4.3.6. Indicador 6. Qualidade da água. Carga de poluentes carregada para corpos de água atribuíveis a fertilização e pesticidas para a produção de cana-de-açúcar (quantidades de	

nitrogênio e fósforo) e decorrente dos efluentes do processamento de etanol, expressa como percentagem de carga de poluentes da produção agrícola para os corpos de água.	65
4.3.7. Indicador 7. Diversidade Biológica. Área e percentagens de áreas reconhecidas nacionalmente como sendo de alta diversidade ou ecossistemas críticos convertidos para a produção de bioenergia; área usada na produção de cana-de-açúcar onde espécies invasoras são cultivadas; áreas em que são realizados métodos de conservação.....	67
4.3.8. Indicador 8. Uso da terra e alteração do uso da terra relacionada à produção de cana-de-açúcar. Área total para a cana-de-açúcar comparado com a área de superfície nacional, com a área agrícola e área de florestas; percentagem da cana-de-açúcar pelo aumento do rendimento; resíduos; dejetos e; terras degradadas ou contaminadas; taxas anuais líquidas de conversão entre tipos de uso da terra causada diretamente pela produção da cana-de-açúcar incluindo terras aráveis e culturas permanentes, pastos e áreas de conservação; florestas naturais e pastos e serrados e planícies de inundação. ..	70
4.4. PILAR SOCIAL.....	73
4.4.1. Indicador 9. Alocação e posse da terra para nova produção de bioenergia. Porcentagem de terra, total e por tipo de uso, utilizada para produção de cana-de-açúcar onde: institutos legais ou autoridades locais estabelecem títulos da terra e procedimentos para alteração de títulos e; sistema social ou jurídico legal aceito para providenciar títulos de posse ou sua alteração.	73
4.4.2. Indicador 10. Preço e oferta de uma cesta básica nacional. Efeitos do uso da bioenergia e produção doméstica sobre o preço e oferta de uma cesta básica a qual é nacionalmente definida como uma coleção de itens representativos, incluindo alimentos básicos principais, medidos familiar, nacional e regionalmente, levando em consideração: Mudanças na demanda por itens alimentares, rações e fibras; Mudanças nas importações e exportações dos itens; Mudanças na produção agrícola devido a condições do tempo; Variações nos custos agrícolas do petróleo e preços de outras energias; Impacto da volatilidade dos preços e inflação dos itens familiares para o bem estar, determinados nacionalmente.	76
4.4.3. Indicador 11. Alteração na renda. Contribuição dos salários pagos no setor da bioenergia em relação aos demais setores; Renda líquida das vendas, trocas, e/ou autoconsumo dos produtos da bioenergia, incluindo matérias-primas realizados por empregados ou empreendedores. Medidos em Reais por indivíduo ou família e percentagens (por participação ou alteração da renda total ou comparação).....	79
4.4.4. Indicador 12. Empregos no setor da bioenergia. Criação de empregos líquidos como resultado da produção e uso da bioenergia, total e desagregada (se possível) de trabalhadores especializados e não especializados, temporários e definitivos. Quantidade total de empregos no setor e percentagens que cumprem a legislação laboral consistente com os princípios da Organização Internacional do Trabalho (OIT) em relação aos setores comparáveis.	80
4.4.5. Indicador 13. Alteração no tempo sem remuneração despendido por mulheres e crianças na coleta da biomassa. Coleta de lenha por mulheres e crianças sem pagamento.	82
4.4.6. Indicador 14. Bioenergia usada para expandir o acesso aos modernos serviços de energia. Quantidade total e percentagem de aumento aos modernos serviços de energia ganho através da bioenergia, medida em termos de energia e quantidade de casas e empresas, quantidade total e percentagem de casas e empresas que usam bioenergia, desagregada em bioenergia moderna e tradicional uso de biomassa.	82
4.4.7. Indicador 15. Alteração na mortalidade e taxas de doenças atribuíveis a fumaças em recintos fechados. Alteração decorrente do uso de combustíveis sólidos.....	83

4.4.8. Indicador 16. Incidência de acidentes de trabalho, doenças laborais e fatalidades. Produção da bioenergia em relação a setores comparáveis. Medido em relação à quantidade de incidências por ha, por MJ ou MW.....	84
4.5. PILAR ECONÔMICO	86
4.5.1. Indicador 17. Produtividade. Este indicador aborda a matéria prima geradora da bioenergia ou a cultura da cana-de-açúcar nas fazendas produtoras, bem como a eficiência do processamento pelo aumento de tecnologia e pelo aumento de produtividade da matéria prima. A quantidade de bioenergia final produzida por biomassa, por volume ou conteúdo de energia por ha/ano, e os custos de produção por unidade de bioenergia.....	86
4.5.2. Indicador 18. Balanço de energia líquida. Taxa de energia da cadeia de valor da bioenergia comparado com outras fontes de energia, incluindo taxas de energia da produção de matéria-prima, processamento de matéria prima transformada em bioenergia, uso de bioenergia e/ou análise do ciclo de vida.....	90
4.5.3. Indicador 19. Valor bruto acrescentado. Por unidade de etanol produzido e como percentagem do produto interno bruto.....	92
4.5.4. Indicador 20. Alteração no consumo de combustíveis fósseis e no uso tradicional de biomassa. Substituição de combustíveis fósseis por bioenergia nacional; economia anual de divisas convertíveis devido à redução de compras de combustíveis fósseis; substituição do uso tradicional de biomassa por bioenergia moderna nacional.....	95
4.5.5. Indicador 21. Formação e requalificação dos trabalhadores. Percentagem dos trabalhadores formados no setor de bioenergia pelo total da força de trabalho da bioenergia; percentagem dos trabalhadores requalificados pelo número total de empregos perdidos no setor da bioenergia, medido em percentagem por ano.....	96
4.5.6. Indicador 22. Diversidade energética. Alteração na diversidade do fornecimento total de energia primária devido à bioenergia.	98
4.5.7. Indicador 23. Infraestrutura e logística para distribuição da bioenergia. Quantidade e capacidade de rotas para os sistemas críticos de distribuição, relacionado com uma avaliação da proporção de bioenergia associada com cada um deles.....	101
4.5.8. Indicador 24. Capacidade e flexibilidade do uso da bioenergia. Taxa de capacidade para o uso de bioenergia em comparação com o uso por cada rota significativa de utilização; taxa de capacidade flexível a qual pode ser usada a bioenergia ou outras fontes energéticas frente a capacidade total.	104
4.6. ALGUMAS CONCLUSÕES DOS INDICADORES DAS USINAS.....	106
4.6.1. Pilar Ambiental.....	107
4.6.2. Pilar Social.....	107
4.6.3. Pilar econômico	108
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
REFERÊNCIAS	113
ANEXOS	129

RESUMO

Avaliação dos indicadores de sustentabilidade das usinas sucroalcooleiras da região de Sertãozinho, São Paulo, Brasil: estudo de caso

A biomassa é uma das principais fontes de energia renovável usada em todo o mundo, responsável por 9,1 % da energia ofertada no mundo (REN21, 2017) e por 8,2% da oferta brasileira de energia (BEN 2017), sendo consumida de diferentes formas, na produção de combustíveis (biodiesel, biogás e etanol) e na geração de calor e eletricidade. A necessidade de reduzir as importações de petróleo e de desenvolver a agricultura interna, bem como de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, faz com que vários países desenvolvam alternativas para a produção de biocombustíveis. No caso do Brasil, é relevante o desenvolvimento da cana-de-açúcar e, consequentemente, o etanol como principal fonte alternativa de energia automotiva para veículos leves desde 1975. O Estado de São Paulo produz quase 50% do etanol brasileiro, mas há projetos e novas unidades sendo implantados em todo o país, apesar da crise que o setor atravessou no período de 2015. Com o aumento da quantidade de usinas aumenta o interesse em novas áreas para plantação de cana-de-açúcar, assim como a quantidade de funcionários nas usinas e terceirizados. O aperfeiçoamento das tecnologias em uso, inclusive para os resíduos dos processos, como o bagaço de cana e a vinhaça - esta última ainda usada preferencialmente em fertirrigação, mas já sendo considerada como matéria prima para a produção de biogás e biometano para substituição do diesel consumido nas sucroalcooleiras. Há usinas com interesse em exportar parte do etanol produzido, fazendo com que sistemas de certificação sejam cada vez mais utilizados. Além disso, há iniciativas internacionais, em particular a *Global Bioenergy Partnership* (GBEP) que, apoiada pela FAO, promove a produção sustentável e o uso de bioenergia. Esta tese tem o propósito de discutir os 24 indicadores de sustentabilidade desenvolvidos pelo GBEP, usando, como estudo de caso, usinas sucroalcooleiras do Estado de São Paulo, na região de Sertãozinho. São analisados os procedimentos e as informações fornecidas pelas usinas para avaliar e quantificar manejos do solo, de água e emissão atmosférica de poluentes, além da gestão e geração de empregos, energia produzida e excedente gerado, análise do ciclo de vida dos produtos, produtividade agrícola e industrial, entre outros temas, ou seja, indicadores ambientais, sociais e econômicos desenvolvidos pelo GBEP. Esta região foi escolhida devido a concentração de grandes usinas sucroalcooleiras e às respectivas lavouras, com os aspectos socioambientais inerentes a estas. Comparações são feitas com estudos semelhantes desenvolvidas na Indonésia e na Colômbia e em outros países, segundo a metodologia desenvolvida pelo GBEP/FAO. As vantagens de ser uma empresa sustentável também são discutidas. Este é um trabalho original, já que, apesar de existirem vários estudos sobre a sustentabilidade do etanol brasileiro, os 24 indicadores do GBEP nunca foram aplicados para o Brasil. Assim, com as perspectivas de aumento na quantidade de usinas sucroalcooleiras e a participação do etanol brasileiro no comércio internacional de biocombustíveis, é cada vez mais importante e necessário que o mercado reconheça a sua sustentabilidade. Com os resultados, espera-se fornecer subsídios para a tomada de decisões no que concerne à produção de bioenergia no Brasil.

Palavras-chave: Indicadores de sustentabilidade; Biocombustíveis; Usinas sucroalcooleiras; Etanol; GBEP

ABSTRACT

Evaluation of the sustainability indicators of sugarcane mills in the Sertãozinho region, São Paulo, Brazil: case study

Biomass is one of the main sources of renewable energy used worldwide, responsible for 9.1% of the energy offered in the world (REN21, 2017) and 8.2% of the Brazilian energy supply (BEN 2017), being consumed in different ways, in the production of fuels (biodiesel, biogas and ethanol) and in the generation of heat and electricity. The need to reduce oil imports and develop domestic agriculture, as well as mitigation of greenhouse gas emissions, has led many countries to develop alternatives for the production of biofuels. In the case of Brazil, the development of sugarcane and, consequently, ethanol as the main alternative source of automotive energy for light vehicles since 1975 is relevant. The State of São Paulo produces almost 50% of Brazilian ethanol, but there are projects and new units being deployed throughout the country, despite the crisis that the sector crossed in the period of 2015. With the increase in the number of plants increases interest in new areas for plantation of sugarcane, as well as the number of employees in the plants and outsourced. The improvement of technologies in use, including process residues, such as sugarcane bagasse and vinasse - the latter still used preferentially in fertigation but already being considered as raw material for the production of biogas and biomethane for diesel substitution consumed in sugarcane. There are plants with an interest in exporting some of the ethanol produced, making certification systems more and more used. In addition, there are international initiatives, in particular the Global Bioenergy Partnership (GBEP), which, supported by FAO, promotes sustainable production and the use of bioenergy. This thesis aims to discuss the 24 sustainability indicators developed by the GBEP, using as a case study sugar-alcohol plants in the State of São Paulo, in the region of Sertãozinho. The procedures and information provided by the plants to evaluate and quantify soil, water and atmospheric emissions of pollutants, as well as the management and generation of jobs, generated and surplus energy generated, product life cycle analysis, agricultural and industrial productivity, among other issues, that is, environmental, social and economic indicators developed by GBEP. This region was chosen due to the concentration of large sugar-alcohol plants and their respective crops, with the socioenvironmental aspects inherent thereto. Comparisons are made with similar studies developed in Indonesia and Colombia and in other countries, according to the methodology developed by GBEP / FAO. The advantages of being a sustainable company are also discussed. This is an original work, since, although there are several studies on the sustainability of Brazilian ethanol, the 24 GBEP indicators were never applied to Brazil. Thus, with the prospects of an increase in the number of sugar-ethanol plants and the participation of Brazilian ethanol in the international trade of biofuels, it is increasingly important and necessary for the market to recognize its sustainability. With the results, it is hoped to provide subsidies for decision-making regarding the production of bioenergy in Brazil.

Keywords: Sustainable indicators; Biofuel; Sugarcane mills; Ethanol; GBEP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção mundial de etanol, biodiesel e óleo vegetal. Fonte: REN21 (2017).	30
Figura 2. Mapa de localização das usinas mencionadas na tabela 4.....	43
Figura 3. Áreas adequadas para o plantio da cana. Fonte: EMBRAPA (2016).....	69
Figura 4. Dados da produção de etanol. UNICA (2018)	77
Figura 5. Consumo de combustíveis dados da tabela 33.....	96
Figura 6. Oferta interna de energia elétrica por fonte. Fonte: BEN, 2017.	99
Figura 7. . Oferta interna de energia. fonte: BEN, 2017.	99
Figura 8. Sistema Logístico multimodal de etanol. fonte: TRANSPETRO (2018).	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Algumas características da Colômbia, Indonésia, Argentina e Brasil.....	28
Tabela 2. Produção global de biocombustíveis de 10 países em 2016. bilhões de litros.	30
Tabela 3. Projeções para a economia global e outros parâmetros até 2050.....	31
Tabela 4. Dados de produção de algumas usinas sucroalcooleiras do estado de São Paulo.	42
Tabela 5. Pilares e indicadores do GBEP.....	51
tabela 6. Faixa ótima de nutrientes.	60
Tabela 7. Limites máximos de emissão por combustível.	61
Tabela 8. Poluentes das caldeiras das usinas estudadas. julho/agosto/2013.....	62
Tabela 9. Consumo de água declarada em seis usinas do estado de São Paulo.....	64
Tabela 10. Quantidade de água por tonelada de cana processada.....	64
Tabela 11. Fertilizantes usados pelas usinas estudadas.....	66
Tabela 12. Insumos das usinas na safra 13/14. valores agregados, com unidades transformadas para valores equivalentes.	67
Tabela 13. Culturas brasileiras de 2014. área plantada e produção.....	70
Tabela 14. Área da cultura de cana-de-açúcar (em mil ha).....	72
Tabela 15. Área da cultura de soja (em mil ha).	72
Tabela16. Alguns dados das usinas estudadas, na safra de 2013/2014.	72
Tabela 17. Área, produtividade e produção da cana-de-açúcar das usinas estudadas comparadas com o estado e o país.	72
Tabela 18. Relação área própria x fornecedores	74
Tabela 19. Provisões mínimas estipuladas pelo decreto lei N° 399/1938.....	76
Tabela 20. Valores de salário mínimo, cesta básica e preços de etanol e gasolina com sua variação.	78
Tabela 21. Quantidade de funcionários nas usinas dos EIAs.....	81
Tabela 22. Quantidade de acidentes do trabalho segundo a classificação nacional de atividades econômicas (cnae), no Brasil - 2011/2013, por alguns tipos de cultura.....	85
Tabela 23. Quantidade de acidentes do trabalho segundo a classificação nacional de atividades econômicas (cnae), no Brasil - 2011/2014.	85
Tabela 24. Acidentes por hectares em algumas cidades do Estado de São Paulo no ano de 2014.....	86
Tabela 25. Evolução da produtividade e da produção de cana-de-açúcar no Brasil por ano-safra.	88
Tabela 26. Produtividade e produção de cana-de-açúcar e etanol no Brasil nas safras de 2014/2015 e 2015/2016 de alguns estados.....	88
Tabela 27. Requisitos críticos no desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar.....	89
Tabela 28. Produtividade das usinas.....	90
Tabela 29. Potencial médio das principais matérias-primas.	91
Tabela 30. Balanço de energia das usinas estudadas	92
Tabela 31. Oferta interna de energéticos / PIB. TEP (TOE)/10 ³ US\$ PPC (2010).....	93
Tabela 32. Valoração dos produtos bioenergéticos da cana. Safra 2015/2016.	94

Tabela 33. Venda de combustíveis pelas distribuidoras e a relação gasolina/etanol.....	95
Tabela 34. Produção de energia primária. 10 ³ TEP (TOE).....	100
Tabela 35. Fontes utilizadas no Brasil - fase: operação. 2018.	100
Tabela 36. Produção de cana e etanol dos maiores estados produtores.....	101
Tabela 37. Evolução da oferta de energia elétrica (MW). São Paulo.	104
Tabela 38. Capacidade nominal instalada no estado de São Paulo. 2016.....	104
Tabela 39. Aceitação dos indicadores, indicando sua sustentabilidade.	106
Tabela 40. Consumo de energia de alguns países em milhões TEP. 2014.....	111

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E DEFINIÇÕES

ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica.
ANP	- Agência Nacional do Petróleo.
APP	- Áreas de Preservação Permanente.
ATR	- Açúcar Total Recuperável.
BAGAÇO	- Parte fibrosa da cana, resíduo da moagem. Perfaz cerca de 27% da cana-de-açúcar, possuindo cerca de 50% de unidade após a extração do caldo. É rica em celulose e contém mais energia do que o etanol em si. Este subproduto é queimado em caldeiras oferecendo calor e eletricidade para a usina (Goldemberg et al., 2017).
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.
CNI	- Confederação Nacional da Indústria
CONAB	- Companhia Nacional de Abastecimento.
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente.
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio.
DQO	- Demanda Química de Oxigênio.
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental.
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética.
ESALQ	- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
FFV	- Veículos <i>Flex Fuel</i> .
GBEP	- Global Bioenergy Partnership.
GBIO	- Grupo de Pesquisa em Bioenergia, USP.
GEE	- Gases de Efeito Estufa.
IPCC	- Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas).
ISO	- International Organization for Standardization.
LSPA	- Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.
MTBE	- Éter Metil-Terc-butílico.
OIT	- Organização Internacional do Trabalho.
OPEP	- Organização dos Países Exportadores.
TEP	- Toneladas Equivalentes de Petróleo.
TOPOS E FOLHAS	- São os topos e folhas da planta da cana-de-açúcar, representam 30% planta. Na colheita de cana mecanizada, estas partes são cortadas pela colheitadeira e são deixados no solo da plantação. Estes vegetais sobre o solo evitam erosões e fornecem nutrientes ao solo. Anteriormente e associado à colheita manual, parte dos topos e folhas eram queimados nas caldeiras para cogeração.
TORTA DE FILTRO	- Subproduto da filtração do caldo da cana. É o resto do bagaço e do resíduo da clarificação do açúcar. Juntamente com a vinhaça e as cinzas das caldeiras, é um dos componentes do fertirrigante, possuindo bastante fósforo.
UNESP	- Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
UNICA	- União da indústria de cana-de-açúcar.
UNICAMP	- Universidade Estadual de Campinas.

USP - Universidade Estadual de São Paulo

VINHAÇA - Subproduto mais abundante quando da produção da destilação do etanol. Embora seja potencialmente poluidor, pode ser usado na produção de bioenergia ou como fertirrigante. É um líquido escuro, rico em matéria orgânica, potássio e cálcio. Para cada litro de etanol produzido, produz-se, em média, 12 litros de vinhaça.

VFF - Veículos Flex Fuel

WEC - World Energy Council.

1. INTRODUÇÃO

A bioenergia é a energia gerada da conversão de produtos sólidos, líquidos e gasosos derivados da biomassa (IEA, 2017). As mais utilizadas são a madeira e suas variantes, esterco de gado, restos da agricultura como palha de milho, plantas aquáticas, bagaço da cana de açúcar, lixo, entre outros. A queima simples da matéria orgânica – biomassa, realizada durante milênios pela humanidade, caracteriza o uso tradicional da biomassa que, frequentemente, é insustentável, resultando em combustão ineficiente e emitindo gases prejudiciais à saúde.

A biomassa tradicional sofre diversos problemas como baixa eficiência, trabalho intensivo, degradação ambiental e emissão de gases potencialmente danosos à saúde. Para melhorar esta situação, principalmente dentro das casas, é importante implementar tecnologias de transformação da biomassa em gases (biogás) (GURUNG e EUN HO, 2013), combustíveis líquidos para transporte (etanol) ou sólidos (pellets), por exemplo. Este combustível transformado é considerado como bioenergia moderna e, além de garantir a segurança energética em regiões subdesenvolvidas e ricas em biomassa, podem fornecer energia mais do que suficiente para as comunidades, até mesmo atingir níveis satisfatórios em regiões desenvolvidas (FOUST et al, 2015).

Hartmann (2004) considera que os combustíveis fósseis são raios de sol enterrados durante milhões de anos. A biomassa desenvolvida recentemente também é uma forma indireta de energia solar ou raios de sol, contém energia armazenada sob a forma de energia química, e que, neste caso, pode satisfazer parte considerável do crescimento energético mundial, além de mitigar o aquecimento global (SOUZA et al., 2015).

Para aumentar a eficiência e reduzir impactos ambientais, desenvolveram-se tecnologias de conversão como a gaseificação e a pirólise. A queima da biomassa em caldeiras e o uso do vapor em turbinas a vapor no processo conhecido como cogeração produzem calor e eletricidade ou energia mecânica. Na fermentação do caldo de cana, produz-se etanol, combustível líquido para transporte; em biodigestores, bactérias decompõem a matéria orgânica gerando biogás. No processamento da biomassa, os “raios do sol” armazenados através da fotossíntese são convertidos em energia, produzindo vapor d’água e CO₂ na reação de combustão, sendo o CO₂ capturado novamente pela fotossíntese (SOUZA et al., 2015; CORTEZ, 2010; HARTMANN, 2004).

O uso da biomassa tradicional para aquecimento é focado nas residências. Usando-se lenha ou esterco, produzem impactos negativos causadores de doenças pulmonares como descrito nos trabalhos de Smith et al. (2013) e de Ruiz-Mercado et al. (2013), que relatam a falta de combustíveis limpos nas residências pobres de todo o mundo. Também como degradador ambiental, nas retiradas insustentáveis de lenha e na privação de nutrientes de volta para o solo. Esta forma de utilização, comum em partes da África, Ásia e América Latina, pode levar ao desmatamento e em emissões de Gases de Efeito Estufa (FAPESP, 2010).

Neste trabalho privilegiam-se os usos modernos da biomassa, no sentido de oferecer um tipo de sustentabilidade econômica, reduzir a dependência aos combustíveis fósseis e mitigar emissões de GEE. Geralmente, estes usos se traduzem na utilização de biocombustíveis líquidos para transporte e biomassa sólida para geração termoeletrica.

Para Rosillo-Calle et al. (2005), uma das principais barreiras à produção e utilização dos biocombustíveis é que, no uso dos combustíveis convencionais, não são computados as externalidades ambientais, como emissões de CO₂ e particulados que causam problemas à saúde e ao ambiente. A liberação de CO₂ a ponto de seu excesso não poder ser absorvida pelos vegetais ou por sumidouros, causa poluição, tanto que alguns países como França, Inglaterra, Áustria, Noruega e Holanda estão aprovando medidas para suspender a venda de veículos a gasolina e diesel

até o ano de 2040 (FERNANDES, 2018), bem como misturando até 30% de etanol à gasolina (BIOFUEL DIGEST, 2018). Estas ações visam, principalmente, mitigar emissões de GEE.

Os biocombustíveis são conhecidos como energia da biomassa. Biodiesel, biogás e álcool etanol. São usados há muito tempo tendo como origem predominante os vegetais como cana-de-açúcar, milho, trigo e beterraba açucareira, embora parte considerável do biodiesel produzido no Brasil seja de origem animal (16,3%), sebo bovino, quebrando a relação de combustível limpo e associando-o a desmatamentos. Entretanto no Brasil, a soja responde por mais de 79% da produção de biodiesel (ANP, 2017a).

Segundo o REN21 (2017), em 2015, os combustíveis fósseis eram responsáveis por 78,4% da energia consumida, a energia nuclear por 2,3% e as demais renováveis por 19,3%. Destes últimos, 9,1% provém da biomassa tradicional, usado principalmente para cozinhar e aquecer em áreas rurais de países em desenvolvimento, embora a FAPESP (2010) estime em 10%, pois o uso ocorre fora da economia formal de mercado. Ao usar cana-de-açúcar, beterraba, milho entre outras matérias primas, para produzir etanol, tem-se uma energia mais elaborada que, juntamente com a energia solar, eólica, geotérmica etc., são conhecidas como renováveis modernas.

Atualmente a biomassa é utilizada na geração de eletricidade em sistemas de cogeração, como substituto de combustíveis fósseis e como combustível líquido, substituindo parte da gasolina.

O uso de álcool combustível no Brasil remonta ao início do século passado, embora na década de 1970, com a crise de energia, o Brasil intensificou a produção de etanol, atingindo 30,5 bilhões de litros na safra de 2015/2016 (CONAB, 2016). Com o Proálcool, Programa Nacional do Álcool, houve ganhos de produtividade e eficiência, tanto na agricultura quanto na indústria, bem como redução de custos na produção (CORTEZ, 2010; GOLDEMBERG et al., 2017). O uso do etanol é importante devido a seus aspectos sociais, ambientais e econômicos, reduzindo a quantidade de petróleo utilizada e importada, criando empregos e evitando emissões de GEE. Se produzida de forma sustentável, pode auxiliar na produção de alimentos, melhorar o desequilíbrio socioeconômico e a conservação ambiental (SOUZA et al., 2015).

O etanol misturado à gasolina age como catalisador oxigenando a gasolina. Apesar de possuir menor teor energético que a gasolina, o uso do etanol não emite óxidos de enxofre nem material particulado (GOLDEMBERG et al., 2017).

Segundo a UNICA (2018a), a produção de etanol na safra de 1980/1981 foi de 3,7 bilhões de litros, atingindo 11,5 bilhões na safra de 1990/1991 e 27 bilhões de litros na safra de 2017/2018 (CONAB, 2017). Durante este período ocorreram flutuações na produção, decorrente de processos econômicos internacionais como a redução do preço do petróleo e políticos internos que fizeram com que os investimentos na produção de etanol diminuíssem. Apesar disso, após 2003, com a produção dos Veículos Flex Fuel (VFF), o mercado de etanol cresceu e se desenvolveu, tornando-se competitivo frente aos combustíveis fósseis (GOLDEMBERG et al., 2017).

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2017) no ano de 2016, a oferta total de energia interna foi de 288.319 103 Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP), das quais 125.345 103 TEP foram de energias renováveis. Os derivados da cana correspondem a 50.318 103 TEP, ou 17,5% do total, sendo o mais relevante numericamente das energias renováveis, à frente da energia hidroelétrica com 36.265 103 TEP ou 12,6% do total. A energia da cana é a segunda energia mais importante do Brasil desde 2007, ficando atrás apenas dos derivados de petróleo com 36,5% do total.

Como a biomassa é um recurso renovável, pode ter baixas emissões de carbono, sendo mitigadas pela própria captura de CO₂ pela fotossíntese quando do crescimento das plantas, diferente dos combustíveis fósseis que emitem bem mais que o etanol quando de seu uso, sem a devida mitigação (FAPESP, 2010).

Há poucos anos atrás, a colheita da cana se dava após a queima do canavial para matar animais peçonhentos como cobras e aranhas e reduzir as folhas serrilhadas da cana, que poderiam ferir os cortadores de cana. Esta prática emitia grandes quantidades de CO₂ e foi abolida pela legislação do Estado de São Paulo, a qual foi seguida pelos demais estados brasileiros. Mecanizou-se a colheita. Ganhou a população que não convive mais com a fumaça das queimadas e também o proprietário que enriquece a terra com a matéria orgânica das folhas que são deixadas na plantação. Pode dizer que os cortadores de cana receberam capacitação e tiveram acesso a melhores trabalhos, mas muitos foram demitidos. Por cada colheitadeira que entrava na plantação cerca de 80 trabalhadores eram dispensados (RIPOLI e RIPOLI, 2005).

O IPCC (2014) argumenta que as emissões antrópicas, principalmente aquelas originadas dos combustíveis fósseis, possuem forte influência no aquecimento global, com consequências no aumento do nível do mar, seja pela expansão térmica deste, seja pela perda de volume dos glaciares; na distribuição errática das chuvas, na perda de biodiversidade, acarretando riscos à saúde humana e para a economia entre outros fatores.

A produção de energia elétrica no Brasil no ano de 2016 foi representada em grande quantidade por fontes renováveis: 68,1% de hidroeletricidade, 8,2% por biomassa e 5,4% de eólica, totalizando 81,7%. O setor dos transportes brasileiro depende dos combustíveis fósseis: o diesel e a gasolina representam 43,9% e 29,3% respectivamente do uso total. O etanol e o biodiesel respondem por 16,8% e 3,3% respectivamente (BEN, 2017). Mesmo aqueles países que desejam paralisar a venda de veículos movidos a combustíveis fósseis nos próximos anos, ainda existe a preocupação de que tipo de usina fornecerá a energia que carregará as baterias dos veículos elétricos (nuclear, termoeletrica a carvão ou gás) ou de onde virá a quantidade de biocombustíveis necessária.

Assim sendo, o uso de etanol nos automóveis, substituindo parte da gasolina que seria utilizada, é um dos melhores exemplos de mitigação desse problema. Para o Brasil reduzir em parte estes impactos, acaba de ser aprovada em 2017 no congresso, uma política de Estado, o Renovabio, objetivando reconhecer o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética brasileira no que diz respeito ao aumento de produtividade, a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa e a segurança energética (COELHO et al., 2013).

Outra questão importante é que as culturas agrícolas podem reduzir a biodiversidade, com o aparecimento de doenças e pragas na cultura se não forem bem gerenciadas. O uso de corredores ecológicos e de um número adequado de variedades agronômicas é fundamental para evitar estes problemas. Nos experimentos agrícolas no Estado de São Paulo destaca-se o uso de subprodutos do processo da cana: a) manutenção de parte das folhas e topos da planta da cana nos canaviais evitando erosões e mantendo os nutrientes no solo; b) o bagaço queimado em caldeiras fornece eletricidade e calor para a usina; c) a vinhaça resultante da produção de etanol pode ser usada como fertirrigante, sempre controlada para evitar poluição; d) uso de torta de filtro e cinzas das caldeiras como fertilizante (GOLDEMBERG et al., 2017) e levedura para alimento animal.

A cultura da cana-de-açúcar deve, portanto, ser cada vez mais sustentável e aperfeiçoada continuamente, melhorando as boas práticas agrícolas, o uso de diversos cultivares na mesma cultura, a redução de defensivos químicos e o uso de controle biológico, sempre que possível, como defendido por Coelho et al. (2013). Barbosa (2007) defende a sustentabilidade da cana-de-açúcar no que concerne aos nutrientes potássio, cálcio e magnésio. A cultura da cana-de-açúcar nos mesmos locais, durante séculos, com pequenos consórcios rotacionais de outras culturas, permite falar em sustentabilidade da cultura na região de São Paulo.

Há outros aspectos importantes, em particular na fase industrial da produção de etanol, como a redução no consumo de água necessária. As usinas brasileiras, principalmente as mais novas e modernas nas regiões sudeste e centro oeste já ultrapassaram as metas acordadas com o governo. Goldemberg et al. (2017), Coelho et al. (2013) entre

outros, destacam a mecanização da lavoura, no corte, colheita, carregamento e transporte, mapeamento do genoma da cana-de-açúcar, transformações genéticas, automação industrial e, principalmente, os motores *flex*, como discutido a seguir neste trabalho.

Visando um melhor aproveitamento do território foi elaborado, em 2009, o Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, com o objetivo de avaliar, indicar e distribuir espacialmente o potencial das terras para a expansão da produção da cana-de-açúcar para a produção sustentável de etanol e açúcar como base para o planejamento do uso sustentável das terras, em harmonia com a biodiversidade e visando a redução da competição das áreas de produção de alimentos (MANZATTO et al., 2009).

Outra conclusão importante é que a produção de etanol propicia empregos e promove o desenvolvimento regional, principalmente na cidade em que está implantada como explicado pela CNI (2017) e analisado nos estudos de Moraes (2007), Moraes et al. (2015), Neves e Trombin (2014) entre outros.

Ainda assim, a produção brasileira de cana-de-açúcar cresceu 56% nos últimos 10 anos e as grandes áreas tradicionais de plantio de cana, o sudeste e nordeste do Brasil, encontram-se a mais de dois mil quilômetros de distância da floresta amazônica. São Paulo é o Estado com maior produção de cana, com 54,6% do total, Goiás é o segundo com 11%, Mato Grosso do Sul com 10,4% e Minas Gerais logo em seguida, com 10,2%. O Paraná e Mato Grosso perfazem os seis Estados com produção superior a um bilhão de litros de etanol na safra de 2017/2018 (CONAB, 2017).

Ainda segundo a CONAB (2017) de dezembro de 2017, a área colhida de cana-de-açúcar na safra de 2017/2018 foi de 8.738,6 mil ha, com redução de 3,4% em relação à safra passada. Embora a produtividade tenha aumentado ligeiramente em relação à safra anterior, passando de 72.623 Kg/ha para 72.734, a produção de cana se reduziu em 3,3% passando de 657.184,0 para 635.595,7 mil toneladas.

Desse total, 334.887,4 mil toneladas ou 52,7% foram destinadas à produção de etanol, atingindo 27.047.512,4 mil litros, quantidade 2,7% menor do que a safra anterior CONAB (2017).

Embora sejam números expressivos, a CNI (2017) prevê para 2030, uma produção de 942,75 milhões de toneladas de cana, com uma produtividade média de 148,08 kg de ATR por tonelada e produção de 100 toneladas de cana por hectare, necessitando de 11,8 milhões de hectares plantados no total (3,0 milhões de hectares a mais que na safra 2017/18).

O Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2018a) considera os números apresentados anteriormente como necessários em sua previsão para os próximos doze anos, já que deseja cumprir o compromisso brasileiro assinado na COP 21 em que o Brasil deverá reduzir a quantidade de CO₂ emitido. Entre suas metas está a de produzir 45 bilhões de litros de etanol até 2025 e 54 bilhões de litros em 2030.

O segundo capítulo deste trabalho apresenta os objetivos e os meios utilizados para desenvolvê-lo. No capítulo três descrevem-se conceitos de sustentabilidade na visão de diversos autores e o caminho para se definir os 24 indicadores do GBEP, além de algumas empresas certificadoras de sustentabilidade. No capítulo quatro, relacionam-se os indicadores do GBEP com os dados encontrados nas usinas estudadas; após isso, seguem-se as conclusões.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho é aplicar e discutir os 24 indicadores de sustentabilidade definidos no *Global BioEnergy Partnership*- GBEP (GBEP, 2011) para uma região tradicional produtora de etanol no Brasil, situada no centro do Estado de São Paulo, no entorno das cidades polo de Ribeirão Preto e Sertãozinho.

Como objetivo secundário será realizado uma pequena descrição do processo de produção de etanol nas usinas sucroalcooleiras analisadas, uma breve avaliação das principais empresas certificadoras de bioenergia atuantes no Brasil bem como um relato do que se compreende como sustentabilidade.

2.1. Originalidade

A originalidade desse trabalho está no fato de que os parâmetros de sustentabilidade do GBEP ainda não foram aplicados para o Brasil. Como há interesse de algumas usinas em exportar etanol, estas devem satisfazer as exigências de diversos países compradores que requerem certificações de processos e condutas como, por exemplo, que não existe trabalho escravo ou infantil na usina exportadora, bem como respeito à biodiversidade e mitigações de emissões de Gases Efeito Estufa (GEE), entre muitos outros.

Já existem sistemas de certificação em uso no Brasil (BONSUCRO, 2018b; RSB, 2018b) e muitas usinas sucroalcooleiras já adotam indicadores de sustentabilidade traduzidos em suas práticas empresariais. Este trabalho procura abranger a maioria dos indicadores do GBEP discutindo-os e comparando-os com países que já os adotam. Embora todos os indicadores tenham sido estudados, alguns não são relevantes para este trabalho, ou porque a região estudada não realiza tais atividades e/ou porque é mais típica em outros países (como doenças causadas por emissões poluentes em ambientes fechados pelo uso da biomassa ou o tempo utilizado para a coleta de lenha, o que ocorre principalmente em países menos desenvolvidos que o Brasil) (REN21, 2017, Souza et al., 2015).

Já foram realizados testes-piloto na Colômbia (GBEP Colômbia, 2014), Indonésia (GBEP Indonésia, 2014) e na Argentina (GBEP Argentina, 2015), além de Alemanha, Gana e Holanda, conforme informe conjunto do GBEP (2011).

2.2. Metodologia

A metodologia usada nesta tese se baseia em análises e interpretações de informações de diversas fontes como órgãos governamentais brasileiros (IBGE, MAPA, ANEEL, CONAB, ANP), órgãos internacionais (FAO, GEA), e empresas do setor relacionadas com a esfera sucroalcooleira, sejam privadas ou não, visando a estimativa dos indicadores.

O autor acompanhou os resultados obtidos pela equipe do Grupo de Pesquisa em Bioenergia (GBIO) da USP ao longo do pré-projeto “*Application of sustainability indicators of the Global Bioenergy Partnership (GBEP) in ethanol mills in the State of São Paulo, Brazil*”, realizado pelo GBIO e financiado pelo governo da Itália (COELHO, 2018). Neste pré-projeto, foram visitadas usinas sucroalcooleiras nas regiões de Ribeirão Preto e do noroeste do Estado de

São Paulo. Neste trabalho usaram-se as informações das usinas situadas nas áreas de interesse (Ribeirão Preto, Sertãozinho e Piracicaba), sobre os 24 indicadores do GBEP. Usou-se também observações em usinas e diversos EIAs-RIMA que permitiram fazer avaliações sobre os indicadores, comparando, sempre que possível, com as condições socioeconômicas do Brasil no momento estudado.

É também apresentada uma revisão bibliográfica da literatura pertinente, com críticas e análises sobre o que foi constatado com os dados obtidos até então, identificando aspectos relevantes e comparativos para a elaboração da tese. Comparações com resultados de outros países foram realizadas, discutindo dificuldades e resultados alcançados.

A partir dos resultados obtidos, foram desenvolvidas sugestões de propostas de políticas públicas destinadas a aumentar e/ou alterar os indicadores de sustentabilidade, principalmente no que concerne à produção e uso dos biocombustíveis.

O Grupo de Pesquisa em Bioenergia (GBio) da USP, coordenado pela Professora Suani Coelho, fez a mediação com as usinas sucroalcooleiras, enviando questionário específico (Anexo B) para diversas usinas, respondido por poucas delas.

3. ESTADO DA ARTE DO USO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade de uma empresa é medida ao longo de determinado tempo, entretanto, ao receber a certificação, mostra que, naquele momento, ela cumpre com os pré-requisitos propostos, podendo ser alterado algum tempo depois. Se hoje a empresa não possui mão de obra infantil ou escrava e adquire um padrão de sustentabilidade, amanhã ela pode transgredir este tema. Assim, a instituição deve buscar constantemente a sustentabilidade. Ao mudar sua diretoria a busca deve continuar.

Alguns economistas acreditam que a lucratividade é o princípio fundamental das empresas, e qualquer desvio desse objetivo é imoral (DRUCKER, 1995), pois coloca em risco o quadro social das corporações. Savitz (2007, p. 101) salienta que alguns economistas céticos acreditam erroneamente que “a busca egoísta do lucro atende a um propósito social e que a responsabilidade social e ambiental é preocupação desnecessária, até contraproducente, para os gestores”. Savitz (2007) destaca que o verdadeiro sucesso é o lucro com responsabilidade social e ambiental.

Veiga (2010a) argumenta que medir sustentabilidade difere da prática estatística comum, pois são necessárias projeções e não apenas observações, visando horizontes mais longínquos. O uso de apenas um indicador econômico de sustentabilidade não encontrava consenso entre os países. Veiga (2010b) defende que a sustentabilidade necessita de uma trinca de indicadores, pois só poderá ser bem avaliada se houver medidas simultâneas da dimensão ambiental, do desempenho econômico, e da qualidade de vida.

3.1. Sustentabilidade

Meadows et al. (2007) dizem que há diversos modos de definir sustentabilidade. O mais simples é que uma organização sustentável é aquela que pode subsistir por várias gerações, aquela que enxerga em longo prazo, que é suficientemente flexível e prudente para não minar seus sistemas de suporte físico ou social. Semelhante à da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991, p. 49) no qual:

“Uma sociedade sustentável é aquela que supre as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer suas próprias necessidades”.

Dale e Townsend (1993) postulam que para uma sociedade ser material e energeticamente sustentável, os fluxos econômicos teriam de satisfazer três condições básicas:

As taxas de utilização dos recursos renováveis não podem exceder suas taxas de regeneração;

As taxas de utilização dos recursos não-renováveis não podem exceder a taxa com a qual são desenvolvidos substitutos renováveis sustentáveis;

As taxas de emissão de poluição não podem exceder a capacidade de assimilação do meio ambiente.

Embora sejam premissas básicas, consideradas lógicas, é importante, antes de detalhar o que uma sociedade sustentável deve ser, deve-se partir de como ela não deve se apresentar: Não precisa ter “crescimento zero”, mas direcionar o crescimento para pontos necessário, talvez “fora do mercado”, como saneamento onde necessite, educação pública de qualidade, alimentos saudáveis entre outros; não deve se acomodar com modelos injustos de distribuição, pois manter a pobreza não é sustentável; não se deve ter uma sociedade estagnada com desemprego e falências sempre que os sistemas econômicos atuais experimentam redução no crescimento; a sociedade sustentável

não deve ser técnica nem culturalmente primitiva. Se houver custos mais baixos para o crescimento talvez a cultura possa florescer, embora necessite se considerar seriamente uma economia consistente com os limites do planeta, embora não se saiba bem qual é.

Para Meadows et al. (2007), é importante que um mundo sustentável necessite de regras, leis, limites, padrões e restrições sociais, como, por exemplo, os tratados internacionais sobre Gases de Efeito de Estufa, sobre o Ozônio ou do Meio Ambiente em geral. Estas regras seriam implantadas para criar e proteger liberdades, como todas as leis sociais funcionais, permitindo que outros atores responsáveis pelos cenários econômico, social e ambiental sejam balizados, responsabilizados e desfrutem do meio social que ajudaram a construir.

O desenvolvimento econômico, tão necessário à manutenção do bem estar social, deixa rastros. Para Romeiro (2003), a quantidade de poluição socialmente ótima não é zero, pois sempre haverá alguma poluição quando da produção industrial, calculada para ser ótima quando os custos de controle compensar os custos de degradação. Para o autor, o ponto de equilíbrio, quer dizer, a poluição ótima, é um termo econômico, de equilíbrio econômico, não de equilíbrio ecológico, pois ecologicamente não se pode falar de equilíbrio quando a capacidade de assimilação do meio ambiente é ultrapassada e a poluição permanece.

Isso pode ser traduzido como uma “falha do mercado”, em que os danos sociais são repartidos, mas os benefícios sociais, os lucros, são privatizados. Como a maioria dos serviços ambientais são públicos, quer dizer, sem um dono específico que possa proteger e/ou requerer medidas legais para sua proteção, como o ar, a água, a capacidade de assimilação de dejetos se faz necessário as tais regras, leis e padrões.

A queima de combustíveis fósseis libera GEE, CO₂, óxidos nitrosos entre outros. Aproximadamente 87% da demanda de energia mundial são satisfeita por geradoras que consomem combustíveis fósseis. Embora com tendência de queda para cerca de 75% até o ano de 2035 (SOUZA et al., 2015) ainda é uma parcela grande.

O uso de etanol de cana-de-açúcar permite reduzir a geração de GEE e as importações de petróleo, oferece segurança energética e empregos no campo. Na mistura à gasolina, o etanol melhora a oxigenação, substituindo outros catalizadores com chumbo. Apesar de ser bom para o Brasil e para o mundo, na substituição de parte dos combustíveis fósseis, deve ser visto como uma entre diversas outras formas de mitigação.

O setor sucroenergético mobiliza recursos sociais, econômicos e ambientais, representando (os produtos da cana-de-açúcar) mais de 17% da produção de energia primária (BEN, 2017) consumida no Brasil. O setor utiliza ainda grandes áreas para a produção de cana-de-açúcar e mobiliza um grande contingente de trabalhadores, direta e indiretamente. Dessa forma, se faz necessário conhecimentos mais detalhados da sustentabilidade desse setor.

Há diversos critérios de sustentabilidade em uso no Brasil e no mundo: Vitousek et al. (1986) propuseram um índice de aproveitamento humano dos produtos da fotossíntese, conhecido como HANPP – *Human Appropriation of Net Primary Production*, em que questionam o quanto da natureza é usado nas atividades humanas, isto é, a quantidade de matéria orgânica produzida pelos diversos ecossistemas como florestas, desertos, oceanos, pântanos entre outros, que é usada nos processos humanos. De forma simplista, quanto mais biomassa a região pode produzir, mais capacidade possui de sustentar uma maior quantidade de seres humanos e seus animais para corte.

Na busca de um indicador de sustentabilidade não apenas ambiental, mas social e econômico, Wackernagel e Rees (1997) desenvolveram o conceito de pegada ecológica, visando medir o impacto das atividades humanas e, sempre que possível, oferecer mecanismos para encontrá-las e reduzi-las. O índice permite calcular a área produtiva, em hectares, necessária para compensar a capacidade de carga de uma dada população. A porção de terra considerada deve satisfazer as necessidades do ser humano de moradia, alimentação, áreas para a geração de energia e para os lançamentos de dejetos, bem como mitigações de Gases de Efeito Estufa (GEE) convertidos em CO₂, que são lan-

çados na atmosfera. Embora seja imprecisa e incompleta, pois poderia levar em conta mais parâmetros, a pegada ecológica é um coeficiente prático para avaliar a pressão humana sobre os recursos naturais.

Já Daly e Cobb (1989) sugeriram um índice de sustentabilidade e bem estar econômico conhecido como ISEW - *Index of Sustainability and Economic Welfare* procurando responder questões sobre degradação ambiental, depreciação do capital natural além da avaliação da produção total dos esgotamentos dos recursos minerais e combustíveis, quantificação do serviço doméstico entre outros. No longo prazo, os danos ambientais devem incluir as alterações climáticas e a destruição da camada de ozônio. Esta cobertura ampla trouxe suposições arbitrárias como a falta de estimativas confiáveis do que ocorre com os solos e a água, sendo precificado no valor de meio dólar por barril de petróleo consumido ou o seu equivalente em outro tipo de energia como a nuclear. Para Daly e Cobb (1989), o impacto da natureza e os limites naturais impostos pelos ecossistemas são questões marginais para a maioria dos economistas, que acreditam que a distribuição de renda é um forte argumento na função de bem estar social, pois desenvolve um índice de desigualdade distributiva.

Ainda assim, a sustentabilidade é considerada um empecilho ao desenvolvimento econômico, pois impõe obstáculos ao empresariado que deseja fazer as lides trabalhistas à semelhança de tempos remotos, em que se contratavam crianças, permitiam-se trabalhos análogos à escravidão e os sindicatos não eram desejados nos pátios das indústrias. Veiga (2010a) sustenta que a sustentabilidade é realmente um obstáculo aos empresários, pois para ele, a sociedade humana não se resume à racionalidade econômica. À exemplo de países escandinavos, que baseiam sua prosperidade, sua melhoria de qualidade de vida em coisas intrínsecas como o estado das paisagens, a valorização do silêncio, da biodiversidade, contrastando com os aumentos populacionais, da produção industrial ou do PIB. Embora isso seja um pequeno preço a pagar para aqueles países que desejam o crescimento econômico, principalmente a qualquer custo, Jackson (2009) contrapõe que nem todo crescimento é bom e desejado. Para ele, deve-se procurar a prosperidade da nação, quebrando a relação com o crescimento econômico, pois a premissa de que o crescimento contínuo é condição para reduzir a pobreza e manter uma prosperidade duradoura pode estar equivocada.

Este assunto controverso é corroborado por Meadows et al. (2007), do Clube de Roma¹, quando expõe problemas como recursos naturais, população, poluição, alimentos, índice de bem estar humano entre outros. Para os autores, não é tão óbvio que o crescimento econômico seja necessário para eliminar a pobreza, pois da forma como o crescimento econômico se encontra estruturado, a tendência é perpetuar a penúria e aumentar o fosso econômico entre ricos e pobres. Em 1960, 20% da população mundial, principalmente nos países ricos, possuíam renda *per capita* 30 vezes maior que os 20% mais pobres. Em 1995, apesar de todo o crescimento econômico mundial (e também da população), esta relação aumentou para 82 vezes, concentrando ainda mais a renda.

Netto (2010), embora seja um economista ortodoxo, pragmático, explicou que o sistema produtivo, a economia, é termodinâmica, e que, se se perseguir o máximo de crescimento, de forma acelerada, este crescimento será destrutivo. É a impossibilidade de crescer economicamente indefinidamente quando o meio, a biosfera, não cresce no mesmo ritmo.

Com o conhecimento prévio de diversos indicadores, ciente de suas fraquezas e tendo em vista os biocombustíveis, em 2006, o GBEP (2011) desenvolveu 24 indicadores socioeconômicos e ambientais objetivando serem os mais relevantes para promover uma produção e utilização sustentável de bioenergia, seja etanol, biodiesel, lenha, biogás ou ainda resíduos da agricultura ou de dejetos domésticos.

¹O Clube de Roma é uma organização não governamental que se reúne desde 1968 para debater assuntos relacionados a política, economia internacional e, sobretudo, ao meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

A questão da sustentabilidade é discutida em detalhes em tópico próprio, no sentido de balizá-la no âmbito deste trabalho e dentro da visão do GBEP, em particular na produção e uso da bioenergia, com parâmetros considerados sustentáveis. Nesta tese a sustentabilidade deve ser vista mais como um direcionador de caminhos ou, como descrito por Elkington (MAZUR e MILES, 2010), como o indicador de uma bússola, fornecendo amplo senso de direção.

Embora este trabalho analise os pilares da sustentabilidade: Ambiental, Social e Econômico – é imprescindível reconhecer que as empresas se preocupam mais com as questões econômicas, enquanto grupos de pressão principalmente em Organizações Não Governamentais (ONG) focam preferencialmente o lado ambiental e social. Naturalmente, a empresa auferir ganhos financeiros constantes e em longo prazo exercendo boas práticas com o socioambiental (SAVITZ, 2007), mas, em épocas de crise ou de contenção econômica, a sobrevivência da empresa se sobressai colocando o terceiro eixo do tripé, o econômico, em relevância, em detrimento dos demais.

Souza et al. (2015, p. 11) compartilham dos objetivos do GBEP, insistindo que os benefícios da bioenergia podem ser expandidos para incluir:

- a. Promoção de altos rendimentos das culturas de cana-de-açúcar usando atributos que possam melhorar o uso da água e os impactos com o solo;
- b. Aumento da participação da bioenergia derivada de dejetos e resíduos;
- c. Integração da produção da bioenergia com a produção da cana-de-açúcar e planejamento ambiental;
- d. Aumento da produtividade da terra especialmente em países em desenvolvimento, liberando espaço para a cana-de-açúcar e para outras culturas que podem produzir bioenergia, focando na produção de pastos para rebanhos;
- e. Conversão de terras degradadas com culturas que possam aumentar a produtividade marginal das propriedades;
- f. Usar subprodutos ou coprodutos;
- g. Remover a correta quantidade de resíduos do corte da cana-de-açúcar da área de plantio, evitando a redução da fertilidade do solo, causando a perda de matéria orgânica ou predispondo o solo a erosão, o processo mais prejudicial de degradação do solo (COELHO e GUARDABASSI, 2014);
- h. Evitar o desmatamento das áreas florestais pela promoção do zoneamento agroecológico;
- i. Adotar incentivos voluntários de mercado para auxiliar o gerenciamento dos recursos;
- j. Considerar as externalidades, valorando a água e o ar limpo além de outros serviços do ecossistema, encorajando sua proteção;
- k. Estabelecer incentivos financeiros para reduzir as emissões de carbono;
- l. Integrar a produção da bioenergia com atividades já existentes como produtos florestais, rotação perenes de culturas e corredores ecológicos;
- m. Produzir bioenergia em terras que possuam pequena contribuição para a produção de alimento, as quais incluem grandes áreas de pasto e;
- n. Usar a capacidade excedente da agricultura para produção de energia, trazendo valores adicionais e resilientes para as economias agrícolas e as comunidades associadas que dependem delas.

Souza et al. (2015, p. 10) argumentam ainda que, além das importantes diretrizes para a expansão da bioenergia como o desenvolvimento sustentável, inovações tecnológicas e alterações climáticas, também devem ser consideradas:

- a. A necessidade de sinergias positivas e de uma política integrada para maximizar os benefícios da bioenergia;
- b. O receio de que as escalas necessárias não podem ser atingidas;
- c. Os altos custos e complexidades tecnológicas de desenvolvimento de sistemas de biorefinarias sustentáveis;
- d. Uma governança para a bioenergia;
- e. Certificação para a bioenergia e para os aspectos sociais;
- f. Financiamentos para os esforços da bioenergia;
- g. Expansão do comércio da bioenergia;
- h. Concorrência com a produção de alimentos.

Os indicadores do GBEP podem auxiliar tanto países em desenvolvimento quanto os desenvolvidos que se interessem na alteração do uso da energia tradicional para bioenergias modernas. É possível diminuir os índices de doenças por fumaça dentro das casas e também reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados, melhorando a segurança energética, por exemplo. Em algumas regiões, a bioenergia pode aumentar a renda de pequenos fazendeiros e melhorar a qualidade do ar, com o uso dos biocombustíveis nos transportes dos grandes centros.

Mesmo com estas vantagens, se os biocombustíveis não forem produzidos de forma sustentável, a cultura das matérias-primas podem impactar a biodiversidade e os recursos naturais, bem como a produção e dejetos, como a vinhaça. Degradação ambiental e desmatamentos podem ocorrer, além de descasos sociais relacionados à posse da terra.

Assim, com o intuito de trabalhar os índices de sustentabilidade do GBEP, será considerada ainda a importância da bioenergia para o Brasil e o mundo, em substituição aos derivados de petróleo, dos catalizadores e no desenvolvimento da agricultura local. Neste trabalho também será abordada a importância do GBEP e de seus indicadores, bem como procedimentos de outras empresas no uso de indicadores e na certificação de produtos relacionados à bioenergia, como fazem a BONSUCRO e a RSB.

A relevância dos 24 indicadores do GBEP e sua aplicação no Brasil é um assunto que torna esta tese original, pois, apesar de alguns indicadores serem usados em certificações de processos, ainda não foram usados de forma integrada. Dessa forma, este trabalho detalhará cada um dos indicadores, comparando-os com outros países e com dados de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) que algumas empresas protocolaram junto à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, tornando-os públicos, desde então.

Estudos com biocombustíveis estão sendo realizados em muitos países, analisando a possibilidade de produção dos mesmos a partir de diversos tipos de matéria-prima dependendo das condições locais de cada um. As questões da redução nas emissões de GEE e da segurança energética são fundamentais, sendo importante que os países dependam o menos possível das matérias-primas e combustíveis importados, como discutido em Coelho e Guardabassi (2014), Goldemberg et al. (2017) entre outros. A produção de etanol, biogás ou biodiesel, mesmo sendo algumas vezes difícil em termos econômicos em alguns países (MORAES e ZILBERMAN, 2014; BERNARDES, 2011; TOMES et al. 2011; SINGH, 2013), vem sendo cada vez mais praticada em diversos projetos em todo o mundo.

É fato que alguns países produzem biocombustíveis de forma mais econômica que outros, sejam por possuir mão de obra mais barata, abundância de terras e/ou clima propício para plantar a matéria-prima ou mais tecnologia associada ou uma mescla dos itens mencionados. As barreiras tarifárias e os subsídios governamentais que pretendem proteger os produtores podem ter a vantagem de desenvolver a agricultura local, entretanto prejudica outros mercados. A fabricação de etanol de milho é um bom exemplo, pois além de ser mais caro e suas emissões de GEE não compensar as que mitigam, existe um grande aporte financeiro nos subsídios governamentais. A produção de etanol de cana gera um balanço energético de 8 a 10 vezes maior do que a energia que utiliza para fabricá-lo, decorrente do uso da biomassa, queimado nas caldeiras, para gerar calor e energia na fase industrial. As outras matérias-primas como milho, beterraba, mandioca entre outros, recebem sua energia elétrica e calorífica de combustíveis fósseis, reduzindo o balanço energético global (COELHO e GOLDEMBERG, 2013). Roberts (2009) e Beattie (2010) mostram que existe uma forte concorrência ao uso do milho nos EUA: anteriormente usado apenas na alimentação humana e na produção de ração, os biocombustíveis já consomem 33% das colheitas de milho, fazendo com que o grão tenha tendência ao aumento de preço.

De acordo com o World Energy Council - WEC (2013), a bioenergia moderna é uma larga categoria de combustíveis manufaturados de uma grande quantidade diferente de matérias-primas de origem biológica, usados para gerar calor e força (potência), sejam combustíveis líquidos e gasosos. Possui como vantagens, geralmente, serem recursos domésticos, cuja matéria-prima é produzida localmente e com tecnologias de combustão simples. São alternativas a combustíveis usados para transporte, tanto o biogás como o biodiesel ou etanol. Porém, existem inconvenientes na produção dos biocombustíveis em larga escala; como ser considerado um produto limpo de emissões de GEE, pois há sempre utilização de agentes fósseis; ou de terem implicações no transporte da matéria-prima do canavial à usina e no processamento; por emitirem material particulado e NOx; e suas relações com a água e os alimentos, como se verá mais adiante.

Para McBride et al. (2011) a tendência à expansão da bioenergia nas próximas décadas é clara, devido, principalmente, à visão de muitos países de que a bioenergia é mais segura e sustentável que os combustíveis fósseis importados; o crescimento econômico deve aumentar a demanda energética global; a bioenergia é considerada um suporte para o desenvolvimento rural e para o fornecimento de empregos no campo; avanços tecnológicos aumentam a acessibilidade e a sustentabilidade da bioenergia. Entretanto, políticas europeias e norte-americanas clamam pela expansão dos combustíveis líquidos de fontes celulósicas, também biocombustíveis, embora um pouco mais caros e com balanço energético menor.

Para o GEA (2012), energia renovável é qualquer forma de energia, de fonte solar, geofísica ou biológica que é repostada por processos naturais a uma taxa que é igual ou excede sua taxa de uso. A bioenergia é uma energia renovável que carece de matéria-prima (biomassa) e de microrganismos transformadores geradores da energia (bactérias ou leveduras), produzindo um composto energético. Quando explorada sustentavelmente, o etanol de cana-de-açúcar, principalmente, converte-se em energia considerada limpa, com pouca ou nenhuma associação a emissões de GEE em seu ciclo de vida, pois em qualquer processo de produção vegetal, a fotossíntese absorve carbono quando do crescimento da planta, como na cana-de-açúcar (COELHO e GOLDEMBERG, 2013). Contribui com o desenvolvimento econômico rural, melhora a segurança energética e reduz impactos ambientais (MARTINELLI et al., 2011).

O mundo usa 81,1% de energia fóssil e apenas 12,7% de energias renováveis, incluindo a hidráulica, na oferta de energia em geral (BEN, 2017). No Brasil, a energia hidráulica é responsável por 65,2% da oferta de energia elétrica, a biomassa por 7,3% e a eólica por 2%. Os combustíveis fósseis são responsáveis por 23,1%. Na oferta total

de energia interna, os derivados da cana respondem por 17,2%, a hidráulica por 11,1% e as demais renováveis por 5,3%, enquanto os recursos fósseis são 58,5% (BEN, 2017). Este conjunto de dados apresenta o Brasil como um dos maiores consumidores de energia renovável do mundo e, se depender da produção de etanol nos próximos anos (COELHO e GOLDEMBERG, 2013; CGEE, 2009), a tendência é de aumentar.

3.2. Global Bioenergy Partnership (GBEP) e os indicadores

O GBEP (2011) se denomina um fórum onde a cooperação voluntária desenvolve consensos entre governos e organizações intergovernamentais e outros parceiros nas áreas de sustentabilidade da bioenergia e sua contribuição para mitigar as alterações climáticas, bem como provê uma plataforma para compartilhar informações e exemplos de bons procedimentos, realizando parcerias para o desenvolvimento sustentável da atividade.

O GBEP foi criado em 2006 com o interesse de treze países e diversas organizações internacionais² (GBEP, 2011) para fornecer apoio a produção de biomassa e biocombustíveis, geralmente em países em desenvolvimento, nos quais a biomassa, como energia, prevalece.

O GBEP atua em três áreas estratégicas: desenvolvimento sustentável, alterações climáticas e segurança alimentar e energética. Para isso, reúne parceiros interessados em criar e modificar políticas que identifique formas de facilitar investimentos e compartilhar as boas práticas do setor, com vista a aperfeiçoar a contribuição da bioenergia no desenvolvimento sustentável, sendo guiado pelos fatores ambientais, sociais e econômicos (GBEP, 2011).

O *Global Bioenergy Partnership* tem uma missão claramente definida: promover a produção e uso amplo da bioenergia moderna, especialmente nos países em desenvolvimento, onde o uso tradicional da biomassa é prevalente (GBEP, 2011). Exatamente como a bioenergia moderna é desenvolvida, implantada e usada é uma decisão que cada país vai fazer de acordo com suas necessidades e circunstâncias nacionais. O GBEP estabelece um fórum sobre sustentabilidade para promover a produção e utilização sustentáveis da bioenergia. Este fórum desenvolveu uma ciência de base, tecnicamente sólida e altamente relevante, um conjunto de medidas e indicadores que podem informar aos tomadores de decisões, políticos e outras partes interessadas, em países que procuram desenvolver seu setor de bioenergia, para ajudar a atingir as metas nacionais de desenvolvimento sustentável.

De acordo com informações do GBEP (2011), poucos países terminaram o teste piloto sobre os indicadores de sustentabilidade para a bioenergia usando o GBEP como parâmetro, levando em conta todo o tipo de bioenergia usado pelo país em questão, ligeiramente diferente deste trabalho, que objetiva o etanol de uma região do Estado de São Paulo. Neste estudo, usar-se-á como referência a Colômbia, Argentina e a Indonésia, países em desenvolvimento que podem ser comparados com o Brasil em alguns indicadores socioeconômicos, apresentados na tabela 1.

²Os países referidos são os do G8 (Estados Unidos, Japão, Alemanha, Reino Unido, França, Itália, Canadá e Rússia), além do Brasil, China, Índia, México e a África do Sul. As organizações internacionais são: Economic Community Of West African States – ECOWAS; EUROPEAN COMMISSION; Food and Agriculture Organization - FAO; Inter-American Development Bank – IDB; International Energy Agency - IEA; The International Renewable Energy Agency –IRENA; United Nations Conference on Trade and development – UNCTAD; United Nations Department of Economic and Social Affairs – UNDESA; United Nations Development Programme – UNDP; United Nations Environment Programme – UNEP; United Nations Industrial Development Organization – UNIDO; UN FOUNDATION; Working Conference on Reverse Engineering – WCRE; European Biomass Industry Association– EUBIA.

Tabela 1. Algumas características da Colômbia, Indonésia, Argentina e Brasil.

Parâmetro / País	Colômbia	Indonésia	Argentina	Brasil
População (em milhões)	47.791	254.455	42.095	206.078
Crescimento Populacional (anual %)	0,9	1,3	1,0	0,9
Densidade populacional	43,1	140,5	15,14	24,7
PIB per capita (US\$)	12.910	10.190	13.060	15.590
Emissão de CO ₂ (toneladas per capita)	1,6 (2012)	2,3 (2011)	4,6 (2011)	2,2 (2011)
Uso de Energia (kg petróleo equiv. per capita, em 2012)	673,8	861,1	1.906,1	1.391,9

Fonte: Banco Mundial (2018), FAO (2018), FAOSTAT (2018). OBS: Quando não mencionado, os valores se referem ao ano de 2014.

A maioria da população da Colômbia vive em áreas urbanas (76%). O país possui 10% da biodiversidade mundial e é considerado o segundo país em riqueza de espécies, embora parte considerável de seu ecossistema natural, a floresta Amazônica, tenha sido convertida em área agrícola. O Banco Mundial (2018) considera que a Colômbia possui um alto nível de desigualdade na distribuição de renda, com 32,7 % da população vivendo abaixo da linha de pobreza em 2012 e sofrendo com subnutrição (10% da população). O conflito interno com as Forças Armadas Revolucionárias da Colômbia (FARC) aumentou a pobreza e a desigualdade, resultando em insegurança e propiciando o desenvolvimento do comércio de drogas (GBEP Colômbia, 2014). Para Rothkopf (2007), os biocombustíveis podem ajudar a manter a biodiversidade e a produtividade agrícola, criando postos de trabalho e alternativas à produção de substâncias ilícitas.

Como na maioria dos países, a produção de biocombustíveis da Colômbia é incentivada por políticas de misturas obrigatórias do governo, geralmente de etanol à gasolina, que criam um mercado doméstico garantido. As plantações de cana ocupam 0,05% da área total do país e a cana para etanol ocupa 0,12% da área agrícola (GBEP Colômbia, 2014).

A Indonésia é um arquipélago com mais de 17 mil ilhas, com grande diversidade biológica, embora muitos ecossistemas naturais tenham sido convertidos em área agrícola. Cerca de 15% da população vive abaixo da linha de pobreza. O grande número de ilhas faz com que as estatísticas sejam distorcidas, pois há regiões desenvolvidas e outras com bolsões de pobreza, com famílias sem acesso a água potável, sem educação básica e 2,7 milhões de crianças abaixo de 13 anos relacionadas com trabalho infantil. Apesar das desigualdades, a Indonésia luta com desemprego, inadequadas infraestruturas, corrupção política, legislação complexa e distribuição desigual de recursos entre regiões. Ainda assim, o governo Indonésio pretende obter 25% de sua energia primária total através de fontes renováveis (biomassa, geotérmica, hidroelétrica, solar, eólica) (GBEP, Indonésia, 2014). Segundo Rothkopf (2007), a Indonésia é o único país do sudeste asiático, ex-membro da OPEP, a tornar-se importador de petróleo, pressionando a segurança energética e os transportes. Os grandes subsídios sobre a gasolina tornaram os biocombustíveis economicamente insustentáveis e, com a falta de investimento do setor privado e o fraco apoio governamental, o desenvolvimento dos biocombustíveis está desarticulado e carece de investimentos em pesquisas. Estas ações são compreensíveis devido aos lucros que os combustíveis fósseis oferecem em contraposição aos biocombustíveis.

A Argentina é o terceiro maior produtor e o maior exportador de biodiesel do mundo (GBEP Argentina, 2015), embora o REN21 (2015) coloque a Argentina em quinto lugar em termos de produção de biocombustíveis, atrás dos EUA, Brasil, Alemanha e Indonésia, respectivamente. A produção de biodiesel Argentina é de 2,6 milhões de toneladas produzido, exclusivamente, de soja, ocupando uma área de 2% do país. De acordo com o REN21 (2015), o biodiesel argentino é o que apresenta os mais baixos custos de produção. A Argentina possui as mais altas emissões de CO₂ do grupo estudado, decorrente de sua alta dependência de combustíveis fósseis (ROTHKOPF,

2007) e com alta motivação para desenvolver os biocombustíveis, devido ser uma dos maiores exportadores de soja do mundo (tabela 1). Suas maiores plantas de etanol encontram-se na porção norte e as de biodiesel localizam-se nas proximidades de portos para facilitar o recebimento da soja e o escoamento dos produtos.

É nesse quadro de desenvolvimento econômico, social e ambiental que os quatro países mencionados pretendem ampliar e oferecer sustentabilidade aos biocombustíveis.

Países como Indonésia, Argentina e Colômbia fizeram testes piloto com bioenergia, usando como parâmetros os indicadores do GBEP. Para que os trabalhos nos países em questão viessem a bom termo, houve necessidade de oferecer uma série de incentivos governamentais aos produtores que, direta ou indiretamente, promovesse investimentos na cadeia da bioenergia, seja etanol ou biodiesel.

No caso colombiano o governo optou por:

a) Isenção de impostos sobre as vendas de cana-de-açúcar e sobre as receitas da venda de energia elétrica a partir da biomassa, sempre sob exigências sociais e ambientais; reduzir impostos sobre as vendas de melão de cana;

b) Isenções fiscais para as novas plantações de palma e para a produção de biodiesel;

c) Incentivos de crédito para as sementeiras das culturas destinadas à produção de etanol e biodiesel;

d) Zonas francas para estimular grandes projetos agroindustriais e;

e) Políticas de preços mínimos para o etanol e o biodiesel (GBEP Colômbia, 2014).

No caso indonésio, foi aprovado um decreto presidencial objetivando a) A criação de um programa nacional para desenvolvimento de biocombustíveis; b) Criação de secretarias para aconselhar as autoridades regionais sobre como aumentar o desenvolvimento econômico através dos programas de biocombustíveis; c) Analisar aspectos econômicos, sociais e ambientais da produção de bioenergia para as diversas matérias-primas; d) Regular todos os aspectos da cadeia de bioenergia, incluindo plantações, processamento, marketing e distribuição (GBEP Indonésia, 2014), embora negligenciassem os investimentos em pesquisas científicas básicas.

3.3. O tripé da Sustentabilidade

A necessidade de uso de energia é indiscutível e crescente na sociedade atual, tanto que o crescimento econômico depende da disponibilidade de energia, mas a grande questão não é apenas se a geração é suficiente, mas se pode ser gerada continuamente respeitando os ambientes e as comunidades, bem como a manutenção das empresas geradoras de energia. Se a questão diz respeito às energias renováveis, a resposta deve ser “sim”, pois é o fundamento da sustentabilidade, mesmo sem as certezas se as quantidades serão suficientes.

De acordo com a BP (2016), em 2014, o mundo consumiu 92 milhões de barris de petróleo por dia, com tendência de crescimento, alcançando 97 milhões em 2017(OPEC, 2018). Como um barril possui 159 litros e a Petrobrás (2018) registra que, de cada barril, pode-se produzir 40% de diesel; 18% de gasolina; 14% de óleo combustível entre outros produtos pode-se supor, aproximadamente (pois depende do tipo de petróleo), que o mundo processa 28,6 litros de gasolina de cada barril de petróleo consumido ou 2,77 bilhões de litros de gasolina por dia para o ano de 2017. A produção de etanol mundial estabilizou-se em 98 bilhões de litros por ano em 2017 (GRFA, 2018), ou 268 milhões de litros dia, correspondendo a 9,7% do montante de gasolina produzido, o suficiente para o etanol ser considerado como aditivo para a gasolina em todo o mundo, com cerca de 10% de mistura. Neste cenário mundial, haveria pouca disponibilidade para abastecer veículos com 100% de etanol, como é normal no Brasil.

Cochet (2005) alerta para a dependência mundial de petróleo, que se verifica até hoje com os aumentos de consumo, com tendência a ultrapassar os 100 milhões de barris diários até o ano 2020 (OPEC, 2017). Esta dependência poderá concorrer para os aumentos de preços do petróleo, mesmo com os conhecidos aumentos de etanol à gasolina, a redução impositiva de venda de carros a combustíveis fósseis em diversos países da Europa e as alternativas como o *fracking* para captar gás natural, o chamado gás de xisto.

O crescimento da produção de biocombustíveis (figura 1), apesar de seu uso ser desejável, não encontra respaldo na maioria dos países, seja pelos problemas internos como disponibilidade de terras ou condições climáticas adequadas, seja pelos interesses de organizações que controlam a produção de carvão e do petróleo e, consequentemente, também controlam os preços. De acordo com o REN21 (2017), dois países, Brasil e EUA, são responsáveis pela produção de 86% do etanol mundial, enquanto a produção de biodiesel é mais distribuída: Seis países são responsáveis por 65,9% da fabricação total do combustível. Os principais países que produzem biocombustíveis, tanto etanol quanto biodiesel, estão representados na tabela 2.

Tabela 2. Produção global de biocombustíveis de 10 países em 2016. Bilhões de litros.

Países	Etanol	%	Biodiesel	%
EUA	58,0	58,82	5,5	17,86
Brasil	27,0	27,38	3,8	12,34
Alemanha	0,9	0,91	3,0	9,74
Argentina	0,9	0,91	3,0	9,74
China	3,2	3,25	0,3	0,97
Indonésia	0,1	0,1	3,0	9,74
Tailândia	1,2	1,22	1,4	4,55
França	0,8	0,81	1,5	4,87
Reino Unido	0,5	0,53	0,2	0,65
Canadá	1,7	1,72	0,4	1,30
Total Mundial	98,6		30,8	

Fonte: REN21 (2017).

Figura 1. Produção mundial de etanol, biodiesel e óleo vegetal. Fonte: REN21 (2017).

Assim, é necessário considerar que as energias renováveis devem ser uma alternativa aos combustíveis fósseis. Estes são responsáveis, como se viu, por mais de 80% da energia consumida no mundo (EPE, 2017).

O MIT (2016) elaborou projeções para o crescimento econômico, para as emissões de GEE, para a geração de eletricidade, transporte doméstico e uso da terra, os quais são apresentados resumidamente na tabela 3. O crescimento do PIB e do consumo devem praticamente triplicar, considerando o ano de 2010, enquanto a renda individual deve dobrar no mesmo período. Enquanto a produção de energia pelas geradoras renováveis (exceto hidrelétrica) está projetada para crescer 709%, o carvão cresceu apenas 24% nestes 40 anos, pois o CO₂ fóssil tem expectativa de crescer 36% enquanto as emissões líquidas de GEE devem crescer 37% no mesmo período.

Para os profissionais do MIT, a energia fóssil deve responder por 75% da energia primária global, as temperaturas devem aumentar entre 1,9°C e 2,6°C e o mar deve subir em 15 a 23 centímetros relativo ao período pré-industrial (1860 – 1880) até 2050, trazendo preocupação, pois nada indica abrandamento de redução de GEE nas projeções. Estimativas como os parâmetros de população, consumo e quantidade de automóveis estão em crescimento, pressionando aumentos das emissões de GEE.

Tabela 3. Projeções para a economia global e outros parâmetros até 2050.

Mundo	Unidade	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Indicadores Econômicos							
PIB	(bil2010\$)	52.840	59.080	67.955	89.861	115.431	148.148
Consumo	(bil2010\$)	32.363	36.192	41.882	55.057	70.323	90.143
Cresci/to PIB	(%/ anos)	1,9%	2,3%	2,8%	2,9%	2,5%	2,5%
População	(milhões)	6.916,2	7.324,8	7.716,8	8.424,9	9.038,7	9.550,9
PIB per capita	(2010\$)	7.640	8.066	8.806	10.666	12.771	15.511
Emissões de GEE							
CO ₂ – fóssil	(Mt CO ₂)	30.944	33.071	33.416	36.868	39.417	42.090
CO ₂ – industrial	(Mt CO ₂)	1.564	1.894	2.050	1.739	1.628	1.720
Total liq. GEE	(Mt CO ₂ e)	45.668	48.598	49.394	53.752	57.861	62.541
Produção de eletricidade (TWh)							
Carvão		8.090	9.289	9.522	10.001	10.038	10.034
Petróleo		1.391	1.577	1.690	1.829	1.886	1.974
Hidroelétrica		3.104	3.235	3.594	4.111	4.844	5.778
Renováveis		815	926	1.462	2.807	4.226	5.784
Transporte doméstico							
Nº veículos	(milhões)	808	884	978	1.163	1.316	1.514
Uso da terra (Mha)							
Área de cultivo		1.552,2	1.543,8	1.538,6	1.576,1	1.628,5	1.676,4
Biocombustíveis		38,6	45,8	53,3	54,8	45,3	41,2
Pastagens		3.035,4	3.146,7	3.247,7	3.270,8	3.294,4	3.326,6
Pastagens naturais		1.870,5	1.779,6	1.692,6	1.659,4	1.633,5	1.601,2
Florestas naturais		3.380,7	3.363,2	3.339,6	3.290,0	3.240,5	3.193,0

Fonte: MIT (2016)

De acordo com a ANP (2018a), o Brasil consumiu, em 2014, 60 bilhões de litros de diesel e 44 bilhões de litros de gasolina, já misturada com etanol. Apesar de o etanol ter pouco menos poder calorífico que a gasolina, para efeitos de cálculo, considerar-se-á que o etanol possui a mesma potência que o diesel e a gasolina. Se se considerar a substituição destes dois combustíveis por etanol, serão necessários mais de 100 bilhões de litros. A produção de etanol total brasileira na safra de 2017/2018 foi de 27 bilhões de litros (CONAB, 2017), necessitando dobrar ou triplicar a quantidade de usinas, de área plantada com cana e/ou melhorar a tecnologia de produção para concluir esta substituição, considerando, apenas como exercício acadêmico, que a frota de veículos se manterá constante e que a demanda não aumentará nos próximos anos. E que não haja exportação. Neste trabalho se verificará a praticidade dessa afirmação, analisando-se os impactos socioambientais decorrentes.

Solomon e Bailis (2014) argumentam que a sustentabilidade da produção de biocombustíveis tem grandes desafios, incluindo mitigação das emissões de gases de efeito estufa, desenvolver a biodiversidade, reduzir o desmatamento e a poluição, melhorando a eficiência do uso da água, da segurança alimentar, promover as boas práticas laborais e desenvolver pesquisas e tecnologias entre outras. Em suma, o desenvolvimento da agricultura no país, semelhante ao que ocorre na Indonésia e na Malásia, com a plantação de palma; com a Argentina e o Brasil no plantio de soja para a produção de biodiesel e seus diversos problemas inerentes.

As emissões de CO₂ e outros gases de efeito estufa estão associados ao uso de combustíveis fósseis, dessa forma, é importante a alteração da matriz energética em todo o mundo, preferindo fontes limpas e renováveis. Os biocombustíveis, nomeadamente o etanol de cana-de-açúcar é um deles. As usinas produtoras de etanol no Brasil usam basicamente a cana como matéria prima em sua produção, fazendo deste um combustível bem mais limpo que a gasolina ou diesel, pois praticamente todo o CO₂ emitido nos motores de combustão é retirado do ar, através da fotossíntese, quando do crescimento da cana no campo.

A redução dos preços do petróleo nas bolsas internacionais, devido aos interesses de alguns países árabes, transmite incertezas quanto aos esforços de conter o aquecimento global, pois os baixos preços incentivam o uso desses combustíveis e, conseqüentemente, o aumento das emissões de GEE. Alguns países que dependem do petróleo para sua energia elétrica e de transporte e que não tenham o desenvolvimento econômico esperado, como a Espanha, por motivos outros, apreciem os preços baixos do petróleo. O acordo das Partes em Paris em dezembro de 2015 (COP21), contava com aumentos dos preços do petróleo para conter o consumo. O que pode ocorrer, devido aos baixos preços do petróleo, é a redução dos elevados padrões para a eficiência dos motores nos EUA e o desestímulo à produção das energias renováveis e sustentáveis.

Mas como atestar que uma empresa é sustentável, ainda mais uma usina com operações complexas com parte de agricultura intensiva e parte industrial? Ao se aplicar a definição *standard* de Brundtland de que o desenvolvimento sustentado “é aquele em que a geração atual possa satisfazer suas necessidades sem comprometer as habilidades das futuras gerações”, nota-se que é uma definição incompleta com alto grau de imprecisão e, quase sempre, impossível de ser atingida. Para Dale et al. (2015) sustentabilidade econômica tende a melhorar quando as compras de suprimentos para produção e o capital financiado são reduzidos, o fluxo de caixa é suficiente para cobrir as despesas operacionais e o lucro aumenta. Para os produtores, os riscos, os custos e os benefícios devem ser percebidos como competitivos ou vantajosos em relação às opções alternativas de uso do solo e de energia.

Ambientalmente, a sustentabilidade implica uso eficiente dos recursos naturais como água e energia e adequada disposição de dejetos. Sócio politicamente, a sustentabilidade da bioenergia implica em acesso justo à energia e aos recursos ecológicos, assegurando que a produção da bioenergia não prive as pessoas de alimentos ou tenha sua subsistência, como emprego, renda ou segurança energética, interrompida. O conceito de sustentabilidade inclui respeito pelos direitos do trabalhador, salários e condições de trabalho justas.

Ainda assim, Savitz (2007) sustenta que a sustentabilidade, ou o que se considera fazer o “bem” para o ambiente e o social, pode melhorar a gestão das empresas, pois ajuda:

- a. Na proteção à empresa, identificando e reduzindo os riscos de prejudicar clientes, empregados e as comunidades associadas;
- b. Na gestão da empresa reduzindo custos, melhorando a produtividade, eliminando desperdícios desnecessários e recebendo fontes de capital a custos mais baixos e;

- c. Na promoção do crescimento da empresa permitindo a abertura de novos mercados, lançamento de novos produtos e a melhora da satisfação e da lealdade dos clientes que tenham a sustentabilidade como importante valor pessoal ou empresarial.

Em atenção aos itens acima, as agências de certificação dos biocombustíveis e dos seus processos, tecem críticas e sugestões visando melhorar os procedimentos. Estes critérios serão observados mais adiante nesta tese.

Para que as agências de certificação confirmem as boas práticas industriais, sociais e ambientais, são necessários parâmetros que indiquem que as usinas estejam no caminho certo e que, dentro de determinados anos, com novas avaliações, as práticas melhoraram ou se mantiveram. Dale et al. (2013), argumentam que os indicadores de sustentabilidade podem ajudar a identificar e quantificar atributos de opções de bioenergia. Os indicadores precisam oferecer serviços de governança, jurídicos, regulatórios e de execução. Devem ser selecionados por serem práticos, sensíveis ao estresse, inequívocos, preditivos, estimáveis com variabilidade conhecida, fornecendo as bases para avaliar os sistemas de bioenergia nas diversas regiões em que forem implantadas.

Esta tese utiliza indicadores para avaliar a sustentabilidade de empreendimentos sucroalcooleiros. Naturalmente, algumas questões poderão ser colocadas: a) se apenas uma parte (70 ou 90%) dos indicadores forem satisfeitos, a empresa pode ser considerada sustentável? b) A empresa é sustentável atualmente, mas como poderá ser no futuro? c) Pode ser sustentável economicamente, mas não em termos ambientais?; d) Pode ser sustentável ambientalmente e economicamente, mas não em termos sociais? Estas são questões simplistas que podem fazer com que as empresas percam sua certificação e venham a cancelar contratos de exportação e incorram em multas e sanções por parte do ministério público. Daí a necessidade de serem analisados todos os aspectos da sustentabilidade: ambiental, social e econômico.

Como analisam Coelho e Goldemberg (2013), a biomassa representa uma contribuição importante para sustentabilidade energética mundial. As energias renováveis, como um todo, correspondem por 19,3% da matriz energética mundial (REN21, 2017), pois o uso de biomassa tradicional, na verdade, não pode ser considerada renovável (SOUZA et al. 2015), sendo consumida de diferentes maneiras (carvão vegetal, lenha ou esterco seco). Na parcela de energias renováveis na matriz energética mundial, a biomassa moderna é consumida na forma de combustíveis (etanol, biogás e biodiesel), bioeletricidade e cogeração (produção combinada de calor e eletricidade). A biomassa tradicional não é considerada energia renovável nem sustentável devido à forma de coleta e uso, como discutido em Souza et al. (2015). No âmbito da biomassa moderna, a produção de etanol a partir de cana-de-açúcar e milho corresponde à principal forma de produção de biocombustíveis líquidos renováveis em uso no mundo, como discutido acima.

No caso específico do Brasil, a produtividade das usinas sucroalcooleiras é elevada, com elevada eficiência na produção de etanol (PIMENTEL e PIMENTEL, 2008), o que desperta atenção de diversos grupos econômicos para essa atividade. O balanço energético do etanol a partir da cana de açúcar é de 8 a 10 unidades de energia produzida para cada unidade de energia fóssil consumida e permite que este combustível venha a ser a melhor opção para substituir a gasolina com as mais altas emissões de carbono evitadas, quando comparado com outras culturas (trigo, beterraba, sorgo sacarino e milho, as mais utilizadas). Em relação a esta última cultura, o etanol de milho produzido pelos EUA possui balanço energético bastante inferior, entre 1,3 e 2,0 (COELHO e GOLDEMBERG, 2013), como será discutido a seguir.

O uso de biocombustíveis produzido de forma sustentável, levando-se em conta o manejo do solo, a criação e manutenção de empregos, o uso de áreas agrícolas excedentes como pastagens, a redução nos níveis de emissões de CO₂, o controle de pesticidas e resíduos, a reciclagem de nutrientes entre outros fatores, contribui para a

redução nas emissões de Gases Efeito Estufa (COELHO e GOLDEMBERG, 2013) tornando-se, aos olhos de observadores externos, um combustível moderno.

O crescimento da produção de etanol no Brasil, atingiu 27,0 bilhões de litros na safra 2017/2018 (pouco menor que a safra anterior, que atingiu 27,8 bilhões de litros), e o número crescente de usinas existentes, em 2017 eram 384 usinas (apesar de haver ainda 5 solicitações de autorização para construção e 7 solicitações para ampliação de capacidade) (ANP, 2017) bem como a área plantada de cana, 8,7 milhões de hectares na safra 2017/2018 (pouco menor que a safra anterior de 9 milhões de hectares) (CONAB, 2017). Estes dados atraíram novos investimentos e aumentaram as expectativas de exportação. Este movimento fez com que ocorresse cada vez mais uma tentativa de adequação de sua produção, visando eficiência de produtividade e a abertura de novos mercados. Neste aspecto específico, cada vez mais, a sustentabilidade social e ambiental passa a ser um pré-requisito importante.

O mercado interno de etanol também possui tendência de crescimento, apesar das recentes políticas públicas para os combustíveis que procuraram manter os preços da gasolina controlados no intuito de controlar a inflação e atingir objetivos eleitorais. Assim, apesar de o barril de petróleo estar, atualmente, em 64 dólares, a gasolina no Brasil está hoje mais cara do que quando o barril custava mais de cem dólares (INDEXMUNDI, 2018). Isso possibilita que o etanol possa obter alguma margem de lucro e trazer investimentos para o setor, já que este, por seu poder calórico pouco menor que a gasolina, deve ter seu preço 30% menor que a gasolina para compensar economicamente o consumo.

Analistas consideram que o consumo de etanol deve aumentar nos próximos anos, por diversos motivos. Neves (2014) recorda que, desde 2011, o Brasil vende mais de três milhões de veículos *flexfuel* (FFV) todos os anos e que, para 2025, considerando planejamentos conservadores, será necessário produzir quase 54 bilhões de litros de etanol hidratado, sem contar com o anidro para ser misturado à gasolina, usando para isso mais de cinco milhões de hectares convertidos de pastagens degradadas em mais de 143 novas usinas sucroalcooleiras.

De acordo com projeções da EPE (2007) para 2030, a utilização da cana-de-açúcar na produção de combustíveis terá um crescimento relativo na matriz energética, deverá alcançar 18% do total e vir a ser cultivada em quase 14 milhões de hectares, valores modestos quando comparadas com os 60 bilhões de litros de etanol vaticinados por Goldemberg (2011) para o ano de 2020.

As usinas sucroalcooleiras existentes no Brasil, segundo a ANP (2017), são em número de 384, possuindo capacidade de produção de 334 mil m³/dia (etanol anidro e hidratado). A cana-de-açúcar é a matéria-prima utilizada em 97,1% (373) das plantas de etanol autorizadas. Ainda assim, outras usinas estão procurando abrir novos caminhos tecnológicos, como a Granbio que inaugurou uma usina de etanol celulósico em Alagoas, a Agrolab, e a RAIZEN com a planta de etanol 2G na Usina Costa Pinto, em São Paulo. De acordo com a ANP (2017b), está sendo analisando sete pedidos de construção de novas unidades de produção de etanol em todo o Brasil, apresentando quadros de otimismo de alguns grupos empresariais face à redução de comercialização de etanol no mercado interno, apesar de as condições financeiras de algumas usinas não serem boas.

Embora a certificação do etanol seja requerida preferencialmente para as usinas que desejam exportar etanol, o aumento do número de usinas no Brasil fará aumentar a quantidade de certificações. Atualmente, segundo a BONSUCRO (2018a), menos de 10% das usinas brasileiras são certificadas e, ainda assim, em muitos casos, apenas alguns processos dessas são avaliados e certificados.

Há algumas décadas, questões sociais e ambientais, por exemplo, não eram as principais preocupações das usinas, mas existiam. Ferracioli et al. (2013) comentam que antes de 2005, determinada usina ou setor de produção que desejasse obter padrões de desenvolvimento sustentado e limpo, teria dificuldades em encontrar caminhos para

obter selos ou certificações. Um dos primeiros certificados a ser alcançados foi o *International Standard Organization-ISO*. Posteriormente as organizações do setor se adequaram ao protocolo agroambiental, que assegurava que todo o biocombustível produzido seguia as normas especificadas no protocolo da entidade.

Diversos países e a União Europeia já possuem legislação própria para a utilização dos biocombustíveis em suas matrizes energéticas, embora exista dificuldade de se encontrar uma certificação única, global, de consenso entre as demais nações. Neste contexto, diversas iniciativas surgiram entre elas a *Global Bioenergy Partnership* (GBEP), *Greenenergy*, *Better Sugar Cane Initiative Ltd.* (BONSUCRO) e *Roundtable on Sustainable Biomaterials* (RSB), entre outras.

O papel do etanol combustível está se tornando um sucedâneo cada vez mais importante da gasolina, modificando o perfil da produção e o destino final do produto. O crescimento da frota de veículos leves do tipo *flexfuel* incentivou o uso do etanol hidratado e aumentou a quantidade de etanol anidro usado na mistura com a gasolina. Da mesma forma, a tendência de generalização do uso de etanol em mesclas com a gasolina, em muitos países, e o crescimento do comércio internacional associado a esta mudança no mercado de combustíveis, fez crescer bastante a participação das exportações no total desse comércio. Outros subprodutos como geração de eletricidade por cogeração e a produção de levedura, perfazem a maioria dos itens de comercialização das usinas (CONAB, 2010).

Como analisam Coelho e Goldemberg (2013) e CONAB (2010) entre outros, a introdução do modelo *flexfuel* no mercado automobilístico brasileiro, fornece ao proprietário do veículo a opção de usar etanol hidratado, gasolina ou qualquer mescla de ambos, criando uma competição natural entre os dois tipos de combustível: a escolha entre os dois produtos que, em termos técnicos, são substitutos perfeitos, leva em conta fatores diversos, como hábitos de consumo, relação entre os preços dos dois concorrentes, garantia de boa qualidade e a influência da propaganda veiculada nos meios de comunicação dos produtos.

De acordo com Souza et al. (2015), os EUA possuem 13,8 milhões de hectares de milho e cerca de 300 usinas produzindo etanol, cuja produção média atinge quatro mil litros por hectare para 9,9 toneladas de milho por hectare, resultando numa produção de pouco mais de 55 bilhões de litros de etanol por ano.

Comparando com o etanol brasileiro produzido de cana, tem-se que, na safra de 2017/2018, 334.887,4 mil toneladas de cana-de-açúcar produziram 27.047.512,4 m³ de etanol, correspondendo a 52,7% da cana-de-açúcar colhida, quando comparado com a cana-de-açúcar responsável pela produção de açúcar, sem mencionar pequenas quantidades de cana-de-açúcar, usadas por pequenos produtores, para alimentação e na produção de doces e bebidas.

O Brasil possui diversas empresas certificadoras de sustentabilidade para os processos relacionados ao etanol, como a BONSUCRO e o RSB que, apesar de usarem indicadores semelhantes ao do GBEP e se proclamarem “não lucrativas”, possuem interesses empresariais e lutam por se manter ativas no mercado brasileiro. A crise econômica na esfera de combustíveis automotivos que assola o setor desde 2012, faz as empresas certificadoras perder clientes e a dificultar a angariação de novos interessados. Goldemberg et al. (2008) comentam as “dificuldades” encontradas, ocasionalmente, por países exportadores de bioenergia que encontram barreiras em nome de deficientes índices de sustentabilidade, numa tentativa de proteger indústrias domésticas de biocombustíveis, como denunciado por Beattie (2010, pg. 152):

“Os lobbies comerciais têm impactos mais graves, como o de ameaçar o futuro do planeta. A produção global de etanol e outros biocombustíveis têm crescido muito nos últimos anos, pois o mundo busca soluções para a escassez de petróleo e para as emissões de gás carbônico causado pela queima de combustíveis fósseis. No entanto apenas certos tipos de etanol, como o produzido a partir da cana-de-açúcar no Brasil, poderão trazer algumas vantagens. O etanol produzido a partir do milho, como o dos EUA, é caro e ineficaz. De fato, pode até emitir mais gás carbônico que a extração e combustão da gasolina. A indústria americana de milho para etanol é mantida no mercado graças a

subsídios generosos e tarifas de importação generosas que impedem a entrada das importações brasileiras, mais baratas e ecologicamente corretas. Iowa (Estado Norte Americano), o centro dessa indústria, encontra-se em posição favorecida ante os legisladores, por ser o primeiro estado a escolher os candidatos presidenciais nas eleições internas dos partidos. Ajoelhar-se para o programa de subsídios ao etanol é um ritual pelo qual passam todos os candidatos à presidência – esse é o preço que devem pagar para que suas campanhas tenham uma boa largada.”

Dessa forma, os avaliadores de indicadores de sustentabilidade no Brasil são, basicamente, empresas, carecendo de instituições governamentais como universidades públicas e/ou órgãos universais como a ONU, que atestariam os indicadores de sustentabilidade de forma mais imparcial possível, sem interesses secundários inerentes à certificação. Problemas como quem financiaria estes trabalhos podem ser discutidos em âmbito governamental, bem como as nuances do comércio internacional.

Como a questão energética é considerada de segurança nacional para a maioria dos países, sua disponibilidade e continuidade são essenciais na manutenção socioeconômica sendo que, no caso do Brasil e muitos outros, usa-se a energia mais segura e abundante, seja hidroelétrica ou derivados de petróleo. Entretanto, algumas fontes de energia, principalmente fósseis, poluem, emitem GEE, possibilitando alterações climáticas e fazem com que o uso de combustíveis oriundos de biomassa seja preferível, naqueles países que se dispõem a produzir quantidades significativas desse composto. Ocorre que o uso inadequado de biomassa pode causar diversos problemas como relatados em países de África e Ásia: trabalhos forçados de minorias para plantar ou coletar essa matéria prima; transformações abusivas de terras com florestas nativas em culturas de palma ou mesmo a plantação dessa cultura dentro de áreas protegidas; poluição de solos, rios e atmosfera no descarte de resíduos e no uso indevido ou massivo de defensivos agrícolas; uso abusivo do poder econômico na aquisição de terras frente a populações desfavorecidas, entre outros problemas que originaram a discussão dos 24 indicadores do GBEP, a serem estudados neste trabalho.

Todos os aspectos da produção de cana-de-açúcar e de etanol são controlados por legislação ambiental específica. No caso de impactos nos corpos hídricos, a poluição das águas é controlada pelos órgãos fiscalizadores, principalmente no Estado de São Paulo, em particular no que se refere ao uso da vinhaça, subproduto poluente da produção de etanol e que não pode ser descartado sem tratamento nos corpos d'água, sendo atualmente usado para fertirrigação. No caso do Estado de São Paulo, foram produzidos 12,6 milhões de litros de etanol na safra 2017/2018 (CONAB, 2017) e, para cada litro de etanol produzido, gera-se de 8 a 12 litros de vinhaça. Como a legislação proíbe a disposição de vinhaça diretamente nos rios, a solução atual mais usada é a disposição controlada e calculada nos canaviais. A vinhaça (em alguns casos após a concentração) é adicionada à torta de filtro e às cinzas das caldeiras e devolvida à terra, a concentrações de 200 mil litros por hectare (EIA SÃO MANUEL; EIA COSAN; EIA GUARANI; EIA IPIRANGA). Com o desenvolvimento da tecnologia canavieira, a quantidade de água usada para processar a cana-de-açúcar se reduziu muito, alcançando menos de 700 litros por tonelada de cana (COELHO E GOLDEMBERG, 2013).

Quanto aos aspectos sociais, a produção de etanol pode contribuir para a geração de empregos, principalmente na zona rural. Tradicionalmente, esta era uma opção para pessoas com poucos anos de escolaridade, que buscavam empregos como cortadores de cana e em serviços mais simples nas usinas. Após a introdução da colheita de cana crua no Estado de São Paulo, sendo seguido por outros estados – verificou-se despedimentos em massa desse contingente de operários com consequente treinamento específico por parte das usinas (UNICA, 2018a) e de alguns órgãos sócias, para que os trabalhadores fossem requalificados para outros empregos, como comentado por Coelho e Goldemberg (2013).

No caso do investimento necessário para criar estes empregos, observou-se que estes são menores do que em outros setores. Goldemberg et al. (2017) afirmam que um posto de trabalho no setor sucroalcooleiro custa cerca de onze mil dólares, enquanto no setor petroquímico custa 20 vezes mais.

Diversos estudos no Brasil demonstraram impactos socioeconômicos positivos da indústria sucroalcooleira no Estado de São Paulo. Diaz-Chavez et al. (2015), CNI (2017), Neves (2018) entre outros, mostram o aumento nas receitas dos municípios que recebem as usinas, devido à alta produção da agricultura da cana por hectare em relação às demais culturas; os empregos gerados pela expansão da indústria da cana, a redução da migração e; aumentos na renda *per capita* pela quantidade e diversidade de empresas atraídas pelo crescimento do município.

Para Moraes e Zilberman (2014) uma perspectiva social do setor sucroalcooleiro é importante. Em 1999, esta indústria era responsável por 1,1 milhão de empregos diretos, 600 mil dos quais no Estado de São Paulo. Com a legislação dificultando a queimada da cana antes da colheita e com o advento da mecanização no corte da cana, houve redução da quantidade de empregos manuais, embora os indicadores socioeconômicos tenham melhorado desde a criação do Proálcool: escolaridade média dos trabalhadores, trabalho formal e redução do trabalho infantil. Segundo Moraes e Zilberman (2014), as conformidades com as normas trabalhistas fizeram com que os setores da cana-de-açúcar, açúcar e etanol, empregassem atualmente mais de um milhão de trabalhadores.

Recentemente novos estudos analisaram a questão do emprego no setor sucroalcooleiro. Os empregos no setor da cana-de-açúcar são de melhor qualidade, recebendo salários mais altos que de outras culturas, exceto da cultura de soja, devido sua alta mecanização (GOLDEMBERG et al., 2017). Para Almeida et al. (2008), no início da década de 2000, a quantidade de empregos diretos gerados foi estimada em 700 mil e 200 mil empregos indiretos. A taxa de “postos de trabalho x unidade de energia” era estimada em 100 vezes maior que na produção de petróleo.

Para aumentar a sustentabilidade da indústria do etanol, Calfucoy (2013) cita a larga experiência brasileira de várias décadas e estreita colaboração do Estado com o setor privado. Internamente, o Brasil tem permitido o desenvolvimento de pesquisas e políticas para apoiar melhorias na produção e aumentar a sustentabilidade do plantio e da produção industrial de etanol, implementando novas regulamentações, projetos de governo como o Renovabio e padrões domésticos.

3.4. A importância do etanol no Brasil e no mundo

Na década de 1970, devido aos aumentos do preço do barril de petróleo pela OPEP, o Brasil criou o Proálcool, programa de álcool para substituir parte da gasolina utilizada no país por etanol. Este produto era adicionado à gasolina (álcool anidro) e também vendido diretamente (álcool hidratado) nos postos de combustíveis para automóveis construídos especialmente para este fim. Para a UNICA (SIAMIG, 2018d) a adição de etanol à gasolina é uma das formas mais eficientes para se reduzir a dependência dos derivados de petróleo e a emissão de CO₂ no transporte veicular.

Biofuel Digest (2018) fez uma compilação dos países que obrigatoriamente misturam etanol à gasolina. Nas Américas, destaca-se o Brasil, naturalmente, adicionando 27% de etanol, aparecendo em seguida o Paraguai com 25% de mistura (E25), depois os EUA com 15% (E15), Argentina com 12% (E12) e Uruguai, Colômbia, Bolívia, Panamá e Jamaica todos adicionando 10% (E10) de etanol à gasolina, além de outros países misturando menores quantidades.

Os estudos do Biofuel Digest (2018) apresentam a Europa como grande interessado no etanol, onde a Finlândia já possui legislação para misturar 20% de etanol à gasolina, tendendo a aumentar para 40% até 2030. A Noruega já mistura 20% de etanol à gasolina e 5% de biodiesel ao diesel, embora já seja normal encontrar 7% de mistura no diesel. No resto do mundo, a China já usa E10 em nove províncias, bem como as Filipinas, Moçambique, Angola, Zimbábue, Malaui e Quênia.

Goldemberg et al. (2017) lembra que a produção de etanol em 1980 atingiu 3 bilhões de litros, chegando a 10,7 bilhões em 1985. Para usar etanol, os automóveis necessitavam de motores com taxas de compressão maiores que a gasolina comum em uso (8:1). Para o etanol, atingiram-se taxas de compressão mais altas, de 12:1, significando alta eficiência, compensando parcialmente o baixo conteúdo energético do etanol comparado com a gasolina. A maioria dos veículos flex – *Flex Fuel vehicle* (FFV) atuais possuem taxa de compressão de 8:1, a mesma para combustíveis de alto teor energético, a gasolina pura, sem aproveitar a vantagem do etanol com alta octanagem.

Assim, para se usar percentagens mais elevadas de etanol à gasolina, os motores devem ter uma tecnologia adequada. Na primeira década de 2000, muitos países passaram a usar o etanol em maior quantidade para adicionar à gasolina, pois este reduz as emissões de GEE, oxigena o combustível ajudando a combustão da gasolina e reduzindo a poluição, atuando como um catalisador, além do etanol ser mais barato e abundante que os demais catalisadores. O chumbo tetraetila e outros aditivos oxigenantes que apresentam restrição ambiental, como o éter metil terc-butilico (MTBE), tem uso restrito em diversos países, o que aumenta a preferência pelo etanol. Estudos divulgados pelo portal Brasil (2018), até 10% de etanol na gasolina é suportado pelos motores necessitando pouca ou nenhuma calibragem.

Com o lançamento dos veículos *flex* no ano de 2003 no Brasil, as vendas de etanol hidratado vêm aumentando, como descrito pela ANP (2014) até que, em 2008, as vendas de etanol ultrapassaram as vendas de gasolina do tipo A, a gasolina antes de ser misturada com etanol anidro, originando a gasolina do tipo C, normalmente comercializada nos postos de combustíveis. A diferença se acentuou em 2009 até quase se igualarem em 2010, com pequena vantagem para as vendas dos derivados do petróleo. De 2011 até 2014, devido principalmente ao rigoroso controle da inflação por parte do governo brasileiro, que reduziu impostos sobre a gasolina, o consumidor passou a não sentir vantagem em abastecer com etanol, iniciando uma crise no setor sucroalcooleiro, como descrito em CONAB (2010).

O FFV produzido no Brasil aceita qualquer tipo de mistura de gasolina e etanol, desde 100% de gasolina (tipo C, já com 27% de etanol anidro) a 100% de etanol. Segundo a ANFAVEA (2017), 89,9% dos automóveis produzidos em 2016, 1,6 milhões foram FFV, fazendo com que o consumo de etanol aumentasse, seja para o mercado interno seja para exportação. Neste número estão incluídos os veículos elétricos que tiveram um crescimento de 28% de 2015 para 2016, alcançando 1.085 unidades.

Goldemberg (2011) e Rebuá (2018) já consideravam que a produção de etanol no Brasil poderia chegar a 60 bilhões de litros em 2020, mais que o dobro da produção atual, reforçado pelos números de Neves e Trombin (2014). Grupos internacionais são atraídos, aumentando a quantidade de investimento no setor e, consequentemente, de usinas sucroalcooleiras no país, bem como a área plantada de cana.

Quanto à produção de açúcar, o Brasil é o maior produtor mundial com 39.461,4 milhões de toneladas na safra 2017/2018, usando 300.708,3 mil toneladas de cana (CONAB, 2017), pouco menos da metade da cana-de-açúcar colhida na safra.

Goldemberg et al. (2017) e Almeida et al. (2008) entre outros, enaltecem as qualidades ambientais do etanol, pois este apresenta baixas emissões de CO₂ quando comparada com a gasolina, não há emissões de enxofre ou material particulado quando do seu uso (diversos países plantadores de cana-de-açúcar como o Brasil, Colômbia e

Argentina apontam emissões de monóxido de carbono (CO) e material particulado com as queimadas antes da colheita). Na cidade de São Paulo, a qualidade do ar melhorou sensivelmente desde que se começou a usar etanol, substituindo parcialmente a gasolina em 40 a 45%. Para Almeida et al. (2008) o etanol de cana-de-açúcar pode reduzir em mais de 80% as emissões de Gases de Efeito Estufa, enquanto o etanol gerado de outras formas pode reduzir, na melhor das hipóteses, em até 50%.

A poluição da água nas imediações das usinas produtoras de etanol e ao longo do curso dos rios próximos às usinas é assunto importante para os órgãos fiscalizadores, principalmente no Estado de São Paulo, pois a vinhaça é um grande poluidor. Como o Estado de São Paulo produziu 12,6 milhões de litros de etanol na safra 2017/2018 e, para cada litro de etanol produzido, gera-se 12 litros de vinhaça, tem-se 151 milhões de litros de vinhaça potencialmente poluidora. Entretanto, a legislação impede a disposição de vinhaça diretamente nos rios, fazendo com que uma das soluções seja a disposição controlada e calculada da vinhaça nos canaviais. Após concentrada, a vinhaça, já misturada a outros subprodutos da usina é devolvida à terra. Com o desenvolvimento da tecnologia canavieira, a quantidade de água usada para processar a cana-de-açúcar se reduziu muito, alcançando menos de 700 litros por tonelada de cana.

Quanto aos aspectos sociais, a produção de etanol pode reduzir o desemprego rural, principalmente para pessoas com poucos anos de escolaridade, através de serviços diretos nas usinas, pois o investimento necessário para criar estes empregos é mais baixo que em outros setores.

3.5. Uma visão resumida da produção de etanol no Brasil

Os procedimentos de certificação da sustentabilidade do etanol estão baseados em diversos indicadores relacionados com a maneira com que o etanol é produzido, desde a escolha das variedades genéticas de cana-de-açúcar, à forma de plantar e colher, além da fabricação, e é o que se resume neste tópico, levando em conta aspectos sociais, ambientais e econômicos (COELHO e GOLDEMBERG, 2013).

A safra da cana-de-açúcar é variável de acordo com as regiões. Na região Nordeste ocorre de Novembro a Março, enquanto na região Centro-Oeste e Sudoeste duram cerca de nove meses, ocorrendo de Abril a Novembro. Nos outros meses as usinas fecham para manutenção. No período de safra a usina opera 24 horas do dia, apenas com interrupções esporádicas eventuais.

Uma tonelada de cana produz em média 85 litros de etanol ou 125 kg de açúcar. Na região centro sul, 55% da cana, em média, é destinado para fazer etanol (CONAB, 2017). Conforme o preço atual ou futuro do etanol e do açúcar, a usina faz a escolha em produzir um ou outro. Uma usina pode ter mais de 200 variedades de cana, o que se denomina – plantares, crescendo simultaneamente na plantação, o que explica por que algumas variedades de cana obtêm maior quantidade de Açúcar Total Recuperável (ATR) em determinada época do ano, e são colhidas no início da safra, enquanto outras, dentro da mesma usina, são cortadas no meio ou no final da safra, pois não é conveniente que toda a cana “amadureça” ao mesmo tempo (CGEE, 2009; SOUSA e MACEDO, 2010). Conforme o valor do teor do ATR na cana, a usina remunera o produtor de cana terceirizado, e não apenas pelo peso da cana que é entregue à usina. A produtividade média no Estado de São Paulo é pouco menos de 80 toneladas por hectare, e são produzidos aproximadamente 6.800 litros por hectare por ano, havendo regiões onde a produtividade global atinge 10.000 litros por hectare (CONAB, 2017).

No Estado de São Paulo, em novembro de 2002, foi aprovada a lei nº 11.241, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana, em qualquer tipo de terreno, até o ano de 2021, sendo introduzida a colheita mecanizada de forma progressiva. De acordo com a mesma lei, em 2031 deve-se eliminar a queima da palha até mesmo em plantações não mecanizável, cuja área tenha declividade superior a 12% e/ou com áreas iguais ou menores a 150 ha. Em 2017, o governo do Estado de São Paulo (SP, 2018) já acusava uma redução de mais de 90% da área de cana autorizada pela lei 11.241.

Imediatamente após o corte da cana, esta é picada em toletes de cerca de 30 centímetros e transportada para a usina, descartando as folhas e topos da cana nas áreas de plantio. Este processo tem a vantagem de que a cana chega à usina já bastante limpa e não há necessidade de usar água na limpeza inicial.

Quando a cana chega à usina é pesada e uma amostra é separada para análise do ATR. Se a cana foi colhida manualmente, é lavada e então picada e conduzida para as moendas ou difusores para extração do caldo. Se colhida mecanicamente é imediatamente picada e esmagada.

A cana é constituída basicamente de fibras e caldo. As fibras, ou o bagaço, resultante do esmagamento pelas moendas são armazenadas para uso posterior ou seguem para serem queimados nas caldeiras que, através do processo de cogeração, produz energia elétrica e calor para o processo. Se a usina não consumir toda a energia elétrica produzida, portanto havendo excedente, este é comercializado para a concessionária distribuidora de energia ou no mercado livre. Havendo excedente de bagaço, este também é comercializado. De acordo com o “Estado de Minas” (EM, 2014), o bagaço chegou a ser comercializado a R\$ 80 a tonelada, superior ao próprio preço da cana, que variava de 65 a 80 Reais a tonelada na ocasião, devido à falta de forrageiras naturais para alimentar os rebanhos de animais, geralmente nos Estados do nordeste. Entretanto, esta opção é bastante reduzida no Estado de São Paulo, pois praticamente todo o bagaço é queimado nas caldeiras para a geração de energia para consumo próprio e para comercialização.

Depois da extração do caldo pelas moendas ou pelo difusor, pois o interessante é o açúcar contido no caldo, ele passa por vários tratamentos: para tirar impurezas, pesagem e químicos. Sem as impurezas, o caldo é fermentado em dornas de fermentação, transformando os açúcares do caldo em álcool. Este processo dura de 6 a 10 horas. O vinho com baixo teor alcoólico é destilado até atingir 96° graus, passando a ser denominado etanol hidratado. Este pode ser comercializado ou desidratado até atingir 99,6° graus, denominando-se anidro para ser usado como aditivo à gasolina.

Além da energia elétrica gerada através dos subprodutos, o caldo da cana poderá ser transformado em açúcar ou etanol, conforme o interesse do mercado. Na tabela 4 pode-se observar o interesse da usina na produção de um produto ou outro, fazendo com que a relação etanol/açúcar se altere de um ano para o outro.

A fabricação de etanol gera uma grande quantidade de resíduos como o vinhoto ou vinhaça (de 8 a 12 litros para cada litro de etanol produzido). Segundo Poveda (2014), estima-se que o Brasil produza cerca de 250 milhões de m³ de vinhaça por safra e a melhor maneira de gerenciar este material é concentrando para reduzir o volume e usar na fertilização da cultura da cana. A vinhaça é um fertilizante rico em fosfatos que é usado na própria lavoura da cana, chamado de fertirrigante, como mencionado. Muitas vezes a vinhaça não é totalmente utilizada, devido às quantidades ótimas que determinado tipo de solo necessita, cerca de 150 a 200 metros cúbicos por ha/ano (Tabela 4). O excesso pode tornar-se um problema: se for disposto em demasia no solo pode contaminar o lençol freático e/ou corpos de água (PREVITALI, 2011). Por este motivo, a CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, aprovou a Norma técnica P 4.231/2005 que regulamenta o armazenamento, transporte e aplicação de vinhaça na cultura de cana em função da composição do solo.

O setor sucroalcooleiro movimenta um elevado número de empregos diretos e indiretos. Segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, 2018a), o Brasil conta hoje com 430 unidades produtoras e 70.000 produtores independentes de cana-de-açúcar, oferecendo 1,2 milhões de empregos diretos, embora 66 dessas usinas estejam com dificuldades financeiras e optado por reduzir ou paralisar a produção na safra de 2015/2016.

No passado, o Brasil recebeu críticas sobre as condições degradantes dos cortadores de cana, como descrito por Santos e Souza (2012), como trabalho coercitivo, abusos patronais (em que os empregados eram obrigados a pagar até mesmo os custos da viagem até a fazenda, além da alimentação e moradia, cujas dívidas acabavam por impedi-los de abandonar o emprego). Os materiais de segurança usados eram inadequados, havia denúncias de despedimentos injustos e mortes por exaustão. A maioria desses aspectos foi resolvida com a alteração da legislação e fiscalização adequada e a mecanização da lavoura no Estado de São Paulo (CAPITANI et al., 2015).

Com o Protocolo Ambiental firmado com a agroindústria canavieira paulista por meio da UNICA e da ORPLANA (Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul), em parceria com o governo do Estado de São Paulo, com o objetivo de estimular a sustentabilidade do setor sucroalcooleiro, uma das finalidades era reduzir, em muito, as queimadas das palhas da cana. A mecanização de toda a colheita estava em vias de ocorrer. A maioria dos trabalhadores manuais seria dispensada.

Para a UNICA (2015), em 1996 a quantidade de trabalhadores manuais no setor canavieiro no Estado de São Paulo situava entre 500 a 600 mil, no auge da safra e a mecanização da colheita não passava de 16%. No final de 2014, estimavam-se em 50 mil os trabalhadores do corte da cana e em 85% a mecanização da colheita.

Cada colhedora nova que entra em operação na usina dispensa cerca de 80 pessoas do corte da cana manual, embora novos postos de trabalho sejam criados como operador de colhedora, eletricista, soldador, mecânico, tratorista entre outros. Como o Protocolo Agroambiental também prevê a qualificação e a recolocação da mão-de-obra desempregada com a mecanização, a UNICA e a Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo (FERAESP), estimulados pela cadeia produtiva do etanol, criaram o RenovAção, programa para o treinamento especializado de trabalhadores nas principais regiões produtoras de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. Em 2010 teve início a capacitação. Com a dificuldade de encontrar trabalho para todos os dispensados pela mecanização nas usinas, o criou-se o RenovAção comunidade, visando qualificações em outros setores da economia, como carpinteiro, pedreiro, confeitoiro, costureiro entre outros (UNICA, 2015), visando trabalhos fora das usinas.

A tabela 4 apresenta dados de alguns Estudos de Impacto Ambiental (EIA) entregues à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo para licenciamento para produção ou ampliação. Os dados se referem às safras de 2012/2013. As usinas localizam-se no Estado de São Paulo (Mapa na figura 2) e são: Usina Açucareira São Manoel, São Manuel; COSAN S/A. Açúcar e Álcool, Filial Ipaussu; TONON Bioenergia S/A. Unidade Santa Cândida; Açúcar Guarani S/A. Unidade Industrial Cruz Alta, Olímpia; Ipiranga Agroindustrial. Mococa; RAÍZEN Paraguaçu S/A. Unidade Paraguaçu Paulista.

Tabela 4. Dados de produção de algumas usinas sucroalcooleiras do Estado de São Paulo.

Parâmetro	Usina	São Manoel	Cosan	Tonon	Guarani	Ipiranga	Raízen
Cana-de-açúcar (tonelada/safra)		3.600.000	3.500.000	3.500.000	5.200.000	2.000.000	2.614.015
Etanol (m ³ /safra)		136.290	86.000	148.000	98.000	95.542	108.516
Açúcar (sacas 50 kg/safra)		4.900.000	7.000.000	224.000	10.855.000	2.100.859	2.917.200
Levedura seca (tonelada/safra)		2.725	--	3.100	--	--	--
Dias de safra		215	235	250	271	244	225
Número de Funcionários		3.015	1.042	1.445	4.284	1.379	293
Área agrícola total (ha)		36.700	45.209	47.510	78.900	25.212	42.700
Captação água (m ³ /hora)		582,5	460,2	410	430,5	512,1	582,75
Fertirrigação (m ³ /safra)		1.907.352	1.031.100		1.265.455	1.180.800	1.262.025
Bagaço (t/dia)		5.282	4.170	3.780		2.361	4.176
Cinzas Caldeira (tonelada/dia)		90	338	14,2	307,2	98,4	408
Torta de filtro (tonelada/dia)		550	401		240	284,9	560
Taxa fertirrigação (m ³ /ha/safra)		150	99,2	150	151	62,5	140
Gases combustão do bagaço (Nm ³ /h)		793.600	--	--	--	236.601	--
Geração energia: Capacidade instalada (MW)		14,8	--	29	65	32	44,38
Energia Produzida (MWh)		52	--	--	65	25,86	44,38
Disponibilizada para venda (MWh)		0	--	--	49	13,05	0

Fonte: EIA São Manoel, Cosan, Tonon, Guarani, Ipiranga e Raízen nas respectivas unidades.

Figura 2. Mapa de localização das usinas mencionadas na tabela 4.

Os EIAs consultados são detalhados e apresentam informações de diversos setores da usina, principalmente se a usina já está em operação. Na tabela 4 se optou por separar alguns dados que poderiam ser comparados e que seriam relevantes à esta tese. Embora alguns dados possam destoar como a quantidade de toneladas de cana da Tonon que poderia resultar numa maior produção de etanol e/ou açúcar (os cálculos mostram uma defasagem de cerca de 1,6 milhões de toneladas), as cinzas resultantes das caldeiras da mesma usina ou o número de empregados da Raízen, certamente são explicáveis, apesar de que estes dados foram retirados dos respectivos EIAs para a safra de 2012/2013.

A maioria das informações da tabela 4 condiz com a literatura consultada e do que as duas usinas estudadas neste trabalho apresentam.

3.6. Certificação dos biocombustíveis

Considerando a experiência brasileira desde 1975, a necessidade de redução de gases efeito estufa principalmente no setor de transporte (GOLDEMBERG et al., 2017) e a importância do produto no mercado internacional, vem ocorrendo o interesse de grupos econômicos nacionais e estrangeiros na produção de biocombustíveis, alocando recursos na construção de novas usinas para a produção de etanol, principalmente nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás, com solos mais adequados para a produção de cana-de-açúcar e distantes da floresta Amazônica. Minas Gerais, Mato Grosso e Paraná também estão entre os grandes produtores de etanol. Segundo a UNICA (2018b) entre 2004 e 2010 mais de cem novas usinas foram construídas, aumentando em mais de 60% a capacidade de produção no período (NOVACANA, 2018a). Entretanto, diversas sucroalcooleiras apresentam problemas financeiros. A UDOP (2018a) informa que 83 usinas foram fechadas no Brasil desde 2008 até 2014, representando uma perda de capacidade de processamento de mais de 75 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

Isso levanta uma série de implicações: a primeira é que a então elevada taxa de juros (que veio se reduzindo de 7,5% ao ano em janeiro de 2016 até março de 2017, para 7%, chegando a 6,5% ao ano em março de 2018

(BNDES, 2018)) disponibilizada pelo Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais (PRO-RENOVA) do BNDES, bem como o Programa de Apoio ao Setor Sucroalcooleiro (PASS) também do BNDES, destinado ao financiamento para a estocagem de etanol, causaram preocupação entre os empresários do segmento, devido às condições de pagamento (UNICA, 2018c). Com a recuperação econômica em 2017 e a redução da inflação, analistas (NOVACANA, 2018f) confirmam maiores reduções da taxa de juros para o setor produtivo, embora analistas vejam riscos financeiros.

Uma segunda implicação são que as más gestões pontuais possam estar inviabilizando as usinas (CANAVIEIROS, 2018; UDOP, 2018b), bem como as oscilações dos preços das commodities (açúcar e etanol) no mercado internacional. Estes problemas resultam em que os poucos recursos financeiros disponíveis sejam canalizados para apenas um tripé da sustentabilidade, o econômico, viabilizando apenas processos de produção, negligenciando aspectos ambientais e sociais. Até mesmo a renovação do canavial é comprometida com a falta de créditos baratos, e canaviais envelhecidos reduzem a produtividade (NOVACANA, 2018g).

Um dos principais problemas será a queima das plantações para facilitar a colheita que está praticamente erradicado no Estado de São Paulo, embora na safra de 2011-2012 ainda tenham sido registrados 1,67 milhões de hectares de queimadas de acordo com a Secretaria do Ambiente do Estado de São Paulo (COELHO e GUARDABASSI, 2014), reduzindo para mais da metade em 2014. Quantidades maiores de usinas sucroalcooleiras significam mais áreas plantadas com cana, com possibilidades de aumentar desmatamentos e ocorrer alterações do uso da terra de formas não desejadas, embora as novas áreas de canavial no Estado de São Paulo sejam, majoritariamente, áreas de pasto convertidas em plantações. A expansão e industrialização do setor leva a concentração de terra e renda, podendo resultar em condições de trabalho insalubres e de violência rural, como destacam Martinelle et al. (2011), se a legislação trabalhista e social existentes não foram aplicadas e fiscalizadas.

Outro ponto importante é o grande uso de água na fase de processamento da cana, pois cada tonelada de cana utiliza, pelos métodos modernos, menos de um metro cúbico de água para ser processada, como reza o Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista (SMA, 2016), que pretende assumir patamares de 0,7 m³ por cada tonelada de cana processada. Segundo a Silva e Patrocínio (2014) pode-se atingir 0,62 m³ com métodos como limpeza a seco.

Estas questões, somadas às atuais dificuldades econômicas pelas quais passa o setor sucroalcooleiro no Brasil e às implicações do barril de petróleo cotado nas bolsas de valores a 68 dólares para as petrolíferas. Essa energia barata desestimula incentivos pelas instituições de pesquisa sobre energias renováveis, e fazem com que muitas usinas produtoras, sejam eólicas ou solares, reduzam seus investimentos. No caso das usinas de etanol no Brasil, os investimentos na renovação do canavial, necessário e quase obrigatório após seis anos, estão sendo retomados, estimulados pelos preços da safra de 2016/2017, embora esteja 33% abaixo do recomendado (NOVACANA, 2018g). Este replantio é aproveitado para usar plantares de melhor qualidade, aplicando as inovações tecnológicas.

Embora as exportações sejam importantes para as usinas, a maioria dos países importadores exige a apresentação de certificações que atestem que a mesma cumpra as legislações nacionais, não usa trabalho escravo ou infantil e que não se desmata florestas para aumentar a área de cana plantada, entre outras exigências, e fazem com que usinas em dificuldades financeiras repensem sua continuidade, tanto que Wilkinson e Herrera (2010) comentam a possibilidade de, nos próximos 10 anos, apenas seis a oito grupos com participação estrangeira, controlarem mais de 50% da produção de etanol no Brasil. A difícil situação econômica que algumas usinas passam, fizeram com que 44 fechassem, 33 estão em recuperação judicial e 12 sem fazer processamento de cana na safra de 2013/2014 (UNICA, 2014) indica que a previsão dos autores possui alguma sensatez.

Estas questões suscitam considerações sobre os indicadores que as empresas certificadoras usarão para avaliar os processos de produção dentro das diversas empresas do setor sucroalcooleiro. McBride et al. (2011, pg. 1.278) sugerem alguns critérios para a seleção de indicadores, tais como:

- a. Devem ser facilmente mensuráveis;
- b. Devem ser sensíveis aos estresses do sistema;
- c. As respostas ao estresse devem ser previsíveis;
- d. Devem ser antecipatórios, significando que deve haver dificuldades de alterações nos sistemas ambientais;
- e. As alterações previsíveis devem ser acompanhadas de ações administrativas;
- f. Devem ter respostas conhecidas aos distúrbios naturais, estresses antropogênicos e alterações temporais.

Para isso, instituições como GBEP, BONSUCRO, *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB) desenvolvem conjuntos de indicadores de sustentabilidade para a bioenergia, procurando oferecer melhores parâmetros de certificações que abarquem diversos indicadores e que cumpram, grande parte dos critérios de McBride et al. (2011).

3.7. Instituições certificadoras

Para o desejado aumento da produção de etanol, dobrando sua produção na próxima década, o país necessita de mais área plantada com cana-de-açúcar e mais usinas, advindo daí diversas consequências sociais e ambientais, bem como uma infinidade de processos operacionais relacionadas à produção. Para fazer a verificação e monitoramento de tarefas complexas e processos altamente técnicos, o país em questão deve optar por fazer a certificação, ele mesmo, criando para isso órgãos especiais e treinando ou contratando profissionais capacitados ou repassar esta tarefa a outras instituições. Zezza (2013) diz que existem diversas razões para governos delegarem esta responsabilidade, pois podem usar a expertise que os agentes contratados possuem sem criar custos extras de desenvolvimento, podem contar com mais eficiência e se beneficiar de baixos custos de cooperação nas decisões.

A bioenergia pode ser produzida por uma grande variedade de matérias-primas, por muitos tipos de usina, com diversas formas de logística de escoamento e comercialização, contemplando diferentes condições ecológicas e socioeconômicas. A regulação de biocombustíveis da Comunidade Europeia aceita empresas certificadoras que trabalhem com esses processos tais como BONSUCRO, *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB), *Roundtable on Sustainable Soy* (RTRS) ou *Green Energy* entre outras ou certificadoras que trabalhem com auditores terceiros, abordando temas como proteção ambiental e segurança alimentar, nas quais os avaliadores solicitam pareceres dos *stakeholders*, dificilmente conseguida sem ações de longo prazo. Estas estratégias encorajam as usinas a usar práticas que alinhem suas ações e resultados a objetivos socioambientais mais amplos, restringindo ações apenas ao processo de produção. Pode ser usada quando se trata de mercadorias importadas em que regulamentações e inspeções diretas não podem ser bem efetuadas em países estrangeiros.

A necessidade de certificações que possibilitem não apenas boas ações empresariais e de sustentabilidade, mas a aceitação de importação de etanol pelos países desenvolvidos, em sua maioria, incitou a criação de empresas de acreditação especializadas na cadeia do etanol como a BONSUCRO e RSB, baseadas no exterior, mas com consultores/executores no Brasil. Estas organizações emitem certificados em que atestam que as usinas sucroalcooleiras e suas congêneres satélites, possuem comportamentos e ações em direção à sustentabilidade social, ambiental e econômica, além de boas práticas de processo.

As iniciativas são globais e sem fins lucrativos, em que as usinas devem estar conforme com, pelo menos, 80% dos indicadores propostos (BONSUCRO, 2018a), demandando esforços das sucroalcooleiras na obtenção dos padrões e conformidade exigidos, embora impondo termos inegociáveis como inexistência de trabalho infantil e manutenção da biodiversidade. Muitas vezes os indicadores são polêmicos, envolvendo cálculos e interpretações oriundos de países desenvolvidos e com padrões mais elevados. A participação da UNICA (União da Indústria de Cana-de-açúcar) na elaboração conjunta do sistema de certificação para as usinas em conformidade aos indicadores adaptou as exigências e conduziu as discussões em nível nacional.

A busca pela sustentabilidade ambiental e social traduzida pela obtenção de uma certificação aceita pelos demais países, permite que as usinas tenham acesso a novos mercados, principalmente internacionais, e a receber maiores investimentos, facilitando, inclusive, crédito do BNDES, como descrito por Ferracioli et al. (2013), embora sua adequação, em um primeiro estágio, demande mais gastos, reduzindo, aparentemente, sua competitividade frente a usinas sem fortes conscientizações em direção à sustentabilidade socioambiental.

3.7.1. Roundtable on Sustainable Biomaterials –RSB

De acordo com documentos da organização RSB (2018a; 2018b), os princípios e critérios usados por essa certificadora são simples e usados por diversos países desenvolvidos, nas diversas indústrias que compartilham dos princípios da organização. No Brasil e neste trabalho, os princípios são aplicados e se restringem às usinas sucroalcooleiras e sua sustentabilidade e se resumem em:

- a. As operações devem cumprir as leis e regulamentos do país e os acordos internacionais relevantes;
- b. As operações devem ser feitas e melhoradas de forma aberta e transparente, com análises de viabilidade econômica;
- c. Os biocombustíveis devem contribuir para a mitigação das mudanças climáticas pela redução significativa do ciclo de vida das emissões dos GEE;
- d. Na não violação dos direitos humanos ou direitos trabalhistas e devem promover trabalho decente e o bem-estar dos trabalhadores;
- e. Os trabalhadores devem ter livre associação, ter o direito de se organizar e fazerem negociação coletiva;
- f. Não deve haver trabalho escravo ou forçado;
- g. Não deve haver trabalho infantil;
- h. Não deve haver discriminação de nenhum tipo, seja de oportunidade, de gênero, salários, condições de trabalho e benefícios sociais;
- i. Condições salariais devem respeitar as leis e convenções internacionais;
- j. As condições de segurança e saúde devem ser respeitadas;
- k. Em regiões pobres, as operações com os biocombustíveis devem contribuir para o desenvolvimento social e econômico, incentivando a participação de mulheres, de jovens e indígenas;
- l. Os biocombustíveis devem assegurar o direito a alimentos adequados e melhorar a segurança alimentar em regiões carentes;

- m. Os biocombustíveis devem evitar impactos negativos sobre a biodiversidade, ecossistemas e outros locais de conservação, procurando proteger, restaurar e criar áreas tampão, entre monocultivos e florestas, por exemplo, e evitando o acesso a espécies invasoras;
- n. As operações devem considerar práticas que procurem reverter a degradação do solo e/ou manter a qualidade do mesmo;
- o. As operações devem manter ou melhorar a qualidade e quantidade dos recursos hídricos e respeitar o uso comum ao direito à água;
- p. Poluição do ar deve ser minimizada ao longo da cadeia do biocombustível;
- q. A tecnologia usada na produção dos biocombustíveis deve procurar maximizar a eficiência da produção e o desempenho ambiental e social. Minimizando os riscos de danos ao ambiente e as pessoas e;
- r. As operações devem respeitar os direitos a posse e ao uso da terra.

Parece que as usinas sucroalcooleiras não são as únicas prioridades para a RSB (2018b), pois entre os membros brasileiros produtores de biocombustíveis e bioprodutos estão apenas a UNICA e a Petrobrás S.A., além da Amyris, produtora de misturas para combustível de aviação, o Farnesane, um hidrocarboneto alifático ramificado, ou seja, um bioquerosene de cana, entre outros produtos. Cooperativas como a Associação dos Fornecedores de Cana de Guariba – SOCICANA e a ONG Green Social Bioetanol também estão entre seus membros interessados.

Após a usina/empresa fazer a submissão à RSB para obter a certificação, é aberta uma audiência pública com a comunidade procurando ouvir sugestões e críticas. Após isso, a instituição se prepara para a auditoria da RSB em que faz uma avaliação dos riscos, calcula as emissões de GEE e elabora um plano de gerenciamento socioambiental, entre outros procedimentos. Se houver muitas inconformidades, o processo é reavaliado posteriormente. A certificação é válida durante determinado período, ou enquanto a empresa tiver interesse em manter sua validade, para continuar exportando, por exemplo.

3.7.2. Better Sugar Cane Initiative Ltd. – BONSUCRO

De acordo com Ferracioli et al. (2013), o certificado BONSUCRO faz parte dos poucos que são aceitos pela Diretiva Europeia para os biocombustíveis, regulando emissões de GEE, questões trabalhistas, uso da água e do solo entre outros. Este padrão é de adesão voluntária e certifica a produção sucroalcooleira, desde o plantio da cana, logística de distribuição até os produtos finais.

O Sistema BONSUCRO considera apenas cinco princípios que abrange praticamente todas as operações de uma usina sucroalcooleira e a maioria dos indicadores do GBEP. Resumidamente, considera-se:

- a. Cumprir as leis;
 - a. Cumprir as leis nacionais, bem como as internacionais;
 - b. Garantia de título da terra;
- b. Respeitar os direitos humanos e de trabalho;
 - a. Cumprir com as convenções da Organização Internacional do Trabalho - OIT que regem sobre o trabalho infantil, o trabalho forçado/escravo, a discriminação e liberdade de associação, e o direito de negociar coletivamente;

- b. Oferecer ambiente de trabalho seguro e saudável;
 - c. Pagar pelo menos o mínimo nacional, assinando contratos claros e equitativos;
- c. Gerenciar o processamento para aumentar a sustentabilidade e a eficiência;
 - a. Monitorar as emissões de gases de efeito estufa visando minimizar os impactos na mudança climática;
- d. Gerenciar a biodiversidade e os serviços do ecossistema;
 - a. Impactos causados pela cana-de-açúcar nos ecossistemas;
 - b. Implementar medidas para mitigar os impactos adversos;
- e. Melhorar os setores do negócio;
 - a. Qualificar trabalhadores, empregados ou não;
 - b. Melhorar as condições dos recursos de solo e da água;
 - c. Melhorar a qualidade da cana-de-açúcar e dos produtos sucroalcooleiros;
 - d. Promover a eficiência energética;
 - e. Reduzir as emissões e os efluentes, promovendo a reciclagem dos resíduos;
 - f. Promover a pesquisa efetiva e focada na expansão de novos projetos de cana-de-açúcar;
 - g. Assegurar processos transparentes e participativos com os *stakeholders*, que levem em conta impactos cumulativos e induzidos, através de avaliações de impacto socioambiental e;
 - h. Promover a sustentabilidade econômica.

As duas principais certificadoras do setor sucroalcooleiro no Brasil – RSB e BONSUCRO trazem as mesmas preocupações, oriundas de princípios já abordados pelo GBEP (2011) com as mesmas apreensões no que dizem respeito às questões sociais, ambientais e econômicas, embora o GBEP seja um pioneiro na discussão do tema, com grandes preocupações ambientais e sociais.

De acordo com o site da BONSUCRO (2018b), antes da auditoria propriamente dita, a empresa faz uma pré-auditoria que requerem três dias a campo, sendo um na usina e dois na plantação e em outras fazendas produtoras de cana, pois embora a organização seja sem fins lucrativos, o processo da certificação demanda gastos que são custeados pela usina interessada.

Das 43 usinas certificadas pela BONSUCRO no Brasil até finais de janeiro de 2016, 32 delas ficam no Estado de São Paulo, certificando tanto a produção da matéria prima – a cana-de-açúcar, como a fabricação do açúcar e do etanol. As certificadoras podem atestar apenas certos procedimentos, como a plantação ou parte dela, e/ou partes da fabricação do etanol ou do açúcar, ou um misto destes. No período de sua existência, até o ano de 2017, a BONSUCRO forneceu apenas três certificados exclusivos para etanol em usinas que se localizam no Estado de Goiás. Em grande parte das unidades, apenas a plantação de cana-de-açúcar foi certificada e uma usina do grupo Raízen certificou açúcar, etanol e etanol de 2º geração. O grupo que mais buscou acreditação foi a Raízen, com 14 usinas certificadas, seguido pela Coopersucar com 7 e Guarani com 4 (BONSUCRO, 2018a).

Diversas empresas, apenas consumidoras dos produtos da cana como a Coca-Cola, Nestlé ou a PepsiCo, insistem em adquirir itens de empresas certificadas, tornando-se membros e obtendo a credenciação da BONSUCRO.

Neves (2014) recorda que, desde 2011, o Brasil vende mais de três milhões de veículos *flex* todos os anos, embora tenha ficado levemente abaixo disso em 2014 e que, para 2020, em planejamentos conservadores, será necessário produzir quase 54 bilhões de litros de etanol hidratado, sem contar com o anidro, usando, para isso, mais de 5,1 milhões de hectares, todos eles convertidos de pastagens degradadas, em mais 143 novas usinas. Parte significativa dessas usinas deverá ser certificada para melhorar seus processos e permitir a exportação de seus produtos.

Desde 2015, a UNICA e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE instituíram o selo Energia Verde para certificar a bioeletricidade, principalmente aquela gerada pela queima do bagaço de cana-de-açúcar. O selo é fornecido para associados da UNICA que estejam com suas contas “em dia” em relação às suas obrigações com a CCEE; que gerem excedente de energia para o Sistema Elétrico Brasileiro e que cumpram o critério de Sustentabilidade do Protocolo Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro Paulista ou semelhante, quando em outro estado da federação. Até o momento, existem 60 usinas sucroalcooleiras com o Selo Energia Verde, atendendo a critérios de eficiência energética e das boas práticas agrícolas e industriais de sustentabilidade.

3.7.3. Renovabio

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2018b), o Renovabio é um programa do governo federal criado para reconhecer a importância estratégica dos biocombustíveis na matriz energética, visando a segurança energética e a redução de emissão de GEE. Neste programa está contemplada a sustentabilidade econômica, social e ambiental da produção, bem como incentivar a inovação tecnológica e apresentar regras estáveis e metas claras para a produção de biocombustíveis. A visão empresarial é contemplada oferecendo segurança legislativa e regulatória para atrair investimentos.

O Renovabio é uma resposta aos compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris, em que se compromete a cumprir as metas de emissões de GEE e, para isso, deve ter 45% de energias renováveis na matriz energética até 2030, apesar de, em 2017, ter aproximadamente 40% (FREITAS e RAMOS, 2017). O Renovabio também deve promover a expansão dos biocombustíveis e assegurar a previsibilidade ao mercado de combustíveis. Como aumento da quantidade de biocombustíveis oferecida, haverá competitividade na produção e na comercialização, podendo concorrer com mais equidade com os combustíveis fósseis. Dessa forma, o Renovabio age como um dispositivo de certificação de etanol e biodiesel, alertando governo, produtores e consumidores a parametrizar os setores da bioenergia.

A Empresa de Pesquisa Energética EPE (2017), apresenta como metas para o Renovabio, aumentar a produção de etanol de primeira geração para cerca de 50 bilhões de litros; desenvolver significativamente o etanol de segunda geração a partir de 2023 para 2,5 bilhões de litros e triplicar a geração de eletricidade tendo como matéria-prima a biomassa, com destaque para a cana-de-açúcar. Com isso, aumentará a necessidade de certificação dos processos ligados à produção de etanol e outros biocombustíveis.

Conforme Nastari (Plínio, comunicação pessoal) o Brasil deve integrar a política de desenvolvimento agroindustrial com a política energética, ao mesmo tempo em que viabiliza seus objetivos de política ambiental, industrial e de desenvolvimento econômico. As diretrizes do programa RenovaBio aprovadas pelo Conselho Nacional de Política Energética visam criar um arcabouço regulatório que traga previsibilidade e credibilidade, viabilizando condições estáveis para a retomada do investimento privado sustentado nesta área.

4. OS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DESENVOLVIDOS PELO GBEP/FAO

4.1. Introdução

Nesta tese, o objetivo é a aplicação dos indicadores do GBEP/FAO para um estudo de caso de usinas sucroalcooleiras na região de Sertãozinho, Estado de São Paulo. Serão oito indicadores de cada pilar: sociais, ambientais e econômicos, totalizando 24 indicadores. Desses, quatro não são relevantes para a tese. No Indicador de número 16, Incidência de acidentes laborais, não se recebeu informações das usinas.

Nesta seção apresentamos a metodologia utilizada.

Os indicadores do GBEP foram desenvolvidos para o setor da bioenergia e estão baseados nos três pilares do desenvolvimento sustentável: Ambiental, Social e Econômico. A metodologia inclui a descrição da forma de coleta dos dados e sua análise em relação à relevância do indicador, além de comparar com outras opções de energia e outros sistemas agrícolas. Na tabela 5, apresentamos o resumo dos 24 indicadores do GBEP/FAO nos três pilares considerados.

Tabela 5. Pilares e Indicadores do GBEP.

Indicadores Ambientais	Indicadores Sociais	Indicadores Econômicos
1. Ciclo das emissões dos gases de efeito estufa (GEE)	9. Atribuição e posse da terra para novas produções de bioenergia	17. Produtividade
2. Qualidade do solo;	10. Preço e fornecimento de uma cesta básica nacional (regional)	18. Balanço líquido de energia
3. Níveis de colheita de recursos de madeira	11. Alteração na renda pela produção de bioenergia	19. Valor bruto acrescentado por bioenergia produzida
4. Emissão de poluentes não GEE	12. Empregos no setor de bioenergia	20. Alteração no consumo de combustíveis fósseis e no uso tradicional de biomassa
5. Uso da água e eficiência	13. Tempo não remunerado gasto por mulheres e crianças na coleta de biomassa	21. Treinamento e requalificação da força de trabalho
6. Qualidade da água	14. Bioenergia usada para expandir o acesso a serviços modernos de energia	22. Diversidade energética
7. Diversidade biológica	15. Alteração na mortalidade e doenças atribuíveis à fumaça em ambiente fechado	23. Infraestrutura e logística para distribuição de bioenergia
8. Uso da terra e mudança do uso da terra relacionado na produção de bioenergia	16. Incidência de acidentes ocupacionais, doenças e fatalidades	24. Capacidade e flexibilidade de uso da bioenergia

Fonte: Modificado de GBEP (2011).

4.2. Aplicação dos indicadores do GBEP/FAO

Como já mencionado, o estudo de caso analisado nesta tese se refere a duas usinas do Estado de São Paulo, na região de Ribeirão Preto e Sertãozinho, não podendo ser citadas devido a acordos de confidencialidade firmados com as mesmas.

Assim sendo, foram levantados os dados destas usinas correspondentes ao estudo de caso.

É importante ressaltar a dificuldade em encontrar indústrias que concordassem em permitir o levantamento dos dados, sendo este o motivo de serem analisadas apenas duas usinas na região considerada, o que, na verdade, corresponde a um número restrito de usinas quando comparado com o total de 163 sucroalcooleiras existentes no Estado de São Paulo, 42% do total brasileiro.

As informações foram levantadas em 2015 referentes às safras de 2012/2013 e 2013/2014, permitindo uma análise da evolução dos parâmetros considerados e são apresentados ao longo dessa tese.

Ambas as usinas estudadas possuem diversos certificados, os mais importantes são da *California Air Resources Board* - CARB, ISO 9001 e *Environmental Protection Agency* – EPA, do órgão ambiental Norte-Americano. Uma delas possui ainda certificação BONSUCRO e outros certificados dados aos alimentos preparados conforme as leis Judaicas e Islâmicas de alimentação.

A metodologia utilizada nesta tese é a desenvolvida pelo GBEP (2011) e já aplicada para vários países como Colômbia, Argentina, Gana e Indonésia (entre os países em desenvolvimento) e Alemanha e Holanda. Trata-se de avaliar as informações recebidas das usinas em relação à maior parte dos 24 indicadores do GBEP, comparando-as, sempre que possível, com valores de outros países e/ou da literatura. Observe-se que, como mencionado acima, nem todos os indicadores se aplicam ao setor sucroalcooleiro e à produção de etanol de cana, pois os indicadores estão relacionados à bioenergia, no que concerne à produção, transporte, conversão e uso de biomassa para energia (GBEP, 2011).

Neste caso, os Indicadores do GBEP estão sendo aplicados em unidades agroindustriais no Estado de São Paulo, mas considerando o grande número de usinas e as dificuldades de obtenção de dados, foram apreciadas, para o estudo de caso, duas usinas na região norte e centro do Estado. Assim, os indicadores foram aplicados para uma usina de grande porte, aqui denominada de Usina 1 ou U1, moendo 3,8 milhões de toneladas de cana na safra de 2014 e uma menor (U2), moendo 1,1 milhões de toneladas de cana na mesma safra. Na maioria dos indicadores econômicos usou-se ou mesclaram-se dados do Estado de São Paulo e do Brasil com o das usinas estudadas.

As análises e interpretações dos dados serão apresentadas posteriormente e aqui são incluídas aquelas com relevância pontual. Os dados apresentados foram fornecidos pelas usinas estudadas, em visitas técnicas, documentos, entrevistas e/ou por email.

4.3. Pilar Ambiental

A perspectiva de redução de importação dos combustíveis fósseis e o desenvolvimento da agricultura nos diversos países são fatores importantes que vem incentivando os biocombustíveis. A União Europeia, através de sua Diretiva 2009/28/CE, estabelece metas de reduzir em 20% as emissões de GEE, aumentar as energias renováveis

para 20% na sua matriz energética e aumentar em 20% a eficiência energética. No setor de transporte, a meta da Europa é de utilizar 10% de biocombustíveis, mas recentemente restringiu para 5% os biocombustíveis de primeira geração e os 5% restantes para biocombustíveis de segunda geração (DIRECTIVA, 2009). Com o crescente número de países industrializados participando do GBEP, verifica-se interesse cada vez maior pelos biocombustíveis e pela sustentabilidade dos mesmos. Até o momento existem 23 países e 15 organizações internacionais participantes, além de 29 países e 13 instituições como observadoras (GBEP, 2011).

O Brasil, como outros países em desenvolvimento, continua a desenvolver os biocombustíveis na sua matriz energética, tendo uma posição de protagonismo entre os países em desenvolvimento pela sua experiência de mais de 40 anos com o etanol de cana de açúcar.

Geralmente, as culturas de matéria prima para produção de bioenergia são exemplos de sistemas integrados que abrangem diversos aspectos: alternativas de uso da terra, ambientais e socioeconômicos (SOUZA et al., 2015).

Apesar das 384 usinas sucroalcooleiras existentes no Brasil (ANP, 2017a), a pressão ambiental exercida é grande: conforme dados da CETESB (2018), o setor é o que mais possuía valores de multas entre as áreas industriais no ano de 2008, devido a queimadas irregulares e lançamentos irregulares de poluentes hídricos – vinhaça. Atualmente a maioria dessas ocorrências está sanada, pois praticamente todos os grandes plantadores de cana-de-açúcar em solo paulista aderiram ao Protocolo Agroambiental do Governo do Estado de São Paulo e a vinhaça, principal produto poluidor decorrente da fabricação de etanol, é praticamente toda usada para fertirrigação no próprio canavial (SOUZA et al., 2015).

A seguir apresentamos os principais indicadores do pilar ambiental que foram aplicados na presente tese.

4.3.1. Indicador 1. Ciclo de vida das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Ciclo de vida das emissões resultantes da produção e uso do etanol, decorrente da metodologia de produção usada nas usinas, medido em CO₂ Eq/MJ.

Como descrito anteriormente, o amplo consumo de combustíveis fósseis em todo o mundo acarreta grandes emissões de Gases de Efeito Estufa como CO₂ e N₂O, que pode ser mitigado pelo uso de energias renováveis e, em particular, com o uso de biocombustíveis, como o etanol. O etanol pode ser misturado à gasolina ou usado diretamente nos tanques dos veículos, em substituição aos combustíveis fósseis. Ressalta-se que o etanol aqui mencionado é o produzido de cana-de-açúcar a não ser que se faça referência a outra matéria prima.

Segundo Goldemberg, Coelho e Guardabassi (2008) e Ometto (2010) o uso de etanol substituindo os combustíveis fósseis permite contribuir com diversos aspectos ambientais como redução do aquecimento global, formação de ozônio, diminuição da acidificação e eutrofização de corpos hídricos e solos, redução da toxicidade e de intoxicação humana.

Por sua vez, o ciclo de vida da produção e uso de etanol envolve diversas etapas como descrito por Macedo e Seabra (2008) e Ometto (2010): preparação do solo; plantio; aplicação de agroquímicos; colheita; produção de etanol; cogeração com a queima do bagaço; irrigação; distribuição do etanol e uso como combustível. Algumas dessas etapas são (ou eram) bem mais danosas ao ambiente que outras, como a colheita que envolvia a queima das folhas da cana. Embora em cada uma delas existam emissões de GEE, os mesmos são em menores proporções que o evitado, calculados no final do ciclo, comparada com as emissões pelos combustíveis fósseis.

Em 2002, o Estado de São Paulo, o maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, aprovou a lei 11.241, sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar até o ano de 2021. Entretanto, ao surgirem novas áreas de fronteira agrícola no Estado do Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul entre outros, se faz urgente novas legislações específicas para evitar agressões ambientais, queimadas e consequentes emissões de GEE (RIPOLI e RIPOLI, 2005) em âmbito nacional. Estes Estados já obrigam que as novas usinas tenham toda sua produção de cana colhida mecanicamente (MS, 2018; MT, 2018; GO, 2018).

Segundo o IMAFLORA (2015) a agropecuária é responsável por 30% (418 Mt CO₂ eq) das emissões de GEE no Brasil no ano de 2013, que totalizaram 1.500 Mt CO₂ eq e, dessas, 84% foram provenientes da produção animal (emitidos por fermentação entérica, solos agrícolas e manejo de dejetos). A queima de resíduos da cana-de-açúcar é responsável por 1% destes gases.

Coelho e Guardabassi (2014) analisam que, os biocombustíveis permitem a redução das emissões de GEE em mais de 80% pelo seu uso em detrimento aos combustíveis fósseis além de propiciar outros benefícios sociais e ambientais; outros estudos apontam impactos negativos tais como o uso de agrotóxicos, desmatamento com a consequente redução da biodiversidade, produção excessiva de vinhaça e deslocamento de áreas que possibilitariam o plantio de alimentos para seres humanos. Porém, adiante neste trabalho, ver-se-á que a maior parte das novas áreas plantadas com cana-de-açúcar provém de áreas de pasto e que a maioria dos problemas apresentados é resolvida com novas tecnologias associada ao cultivo (GOLDEMBERG et al., 2017; COELHO e GOLDEMBERG, 2013; SEARCHINGER et al., 2008).

O balanço energético para o etanol produzido com cana-de-açúcar, quando comparado com outras matérias primas como milho, beterraba açucareira, mandioca e trigo, apresenta valores cerca de nove vezes maiores (GOLDEMBERG et al., 2017) (O balanço energético é o resultado da relação da quantidade de energia gasta na obtenção do combustível pela energia obtida. Valores superior a 1 apresentam balanço positivo, isto é, que a energia obtida é maior que a energia gasta para obtê-lo. Valores iguais a um significa que a quantidade de energia obtida é igual a quantidade de energia gasta). Coelho e Guardabassi (2014) lembram que os antigos catalisadores adicionados à gasolina eram chumbo e MTBE³, tóxicos. Além disso, havia o risco de contaminação de corpos d'água pelo MTBE. Misturando etanol anidro à gasolina, além de se substituir os catalisadores anteriores, verifica-se uma melhora no rendimento do motor, pois o etanol possui alta octanagem.

Para aprimorar e facilitar o corte de cana-de-açúcar manual era prática comum a queima do canavial. Com isso as folhas serrilhadas da cana que injuriavam os boias-frias eram queimadas, bem como algum dos animais que vivem no canavial como cobras, aranhas e escorpiões, que morriam com o calor do fogo.

De acordo com Coelho e Guardabassi (2014), usinas sucroalcooleiras que representam mais que 90% da cana-de-açúcar moída aderiram ao protocolo de “Etanol Verde”, um acordo voluntário do Estado de São Paulo que dita boas práticas para o setor, incluindo a mecanização das colheitas e a redução das queimadas. Em 2013, mais de 70% das áreas com cana-de-açúcar já eram colhidas mecanicamente, sem queima, e em 2018 100% das usinas do Estado, com declive menor que 12%, já colhem a cana mecanicamente e sem queima.

Processos de produção e uso de bioenergia considerada aceitável são aqueles que possuem mitigações de emissões de GEE significativas, bem como reduzindo impactos sociais e ambientais. Souza et al., (2015) argumentam que na análise do ciclo de vida do etanol, a avaliação das emissões líquidas dos GEE levam a melhores práticas e, à

³MTBE - composto químico com fórmula molecular C₅H₁₂O. É um líquido volátil, inflamável e incolor. MTBE é um aditivo para gasolina combustível, usado como oxigenante e para elevar a octanagem, embora seu uso tenha declinado nos EUA devido a implicações ambientais e na saúde. No Brasil seu uso na gasolina é proibido inclusive por questões socioeconômicas, devido ao uso de etanol como aditivo na gasolina (WIKIPÉDIA, 2018).

procura por melhores parâmetros - como estoques de carbono, alterações indiretas do uso da terra, tratamento de coprodutos e emissões de N_2O .

A complexidade que envolve diferentes matérias-primas, regiões, solos e processos de conversão exigem vários estudos para propor políticas cada vez mais adequadas, pois cada caso é particular. Na verdade, existem fortes evidências que, bem gerenciada, a bioenergia pode contribuir significativamente para a mitigação das alterações climáticas, considerando sempre sua percentagem em relação ao total de combustíveis usados.

Para Garcia (2011) e Lopes (2012), as fontes mais importantes que afetam as emissões de GEE para produção de etanol são a queima do canavial, agora substituída pela colheita mecânica, aplicação de vinhaça às áreas de cultivo, plantio de cana e adubação com torta de filtro. A média de emissões de GEE estimada nestes estudos situou-se em 1.539kg CO_2 eq/ha ano (GARCIA, 2011).

As indústrias sucroalcooleiras geram diversos resíduos ou subprodutos, alguns indesejáveis, mas que não se devem denominar de dejetos, pois podem ser usado com alguma tecnologia associada, como o gás carbônico (CO_2), óleo de fúsel, leveduras, torta de filtro, melaço, a vinhaça, as águas de lavagem e o bagaço da cana.

O CO_2 é gerado também na fermentação do caldo da cana e na queima do bagaço. Como um gás de efeito estufa, não deveria ser emitido para a atmosfera, mas pode ser captado e usado na fabricação de ácido salicílico, ureia, na indústria de refrigerantes e de bicarbonato de sódio. Já existem indústrias que fazem a captação do CO_2 para venda a outras indústrias no Estado de São Paulo, como, por exemplo, o grupo norte-americano Pentair. Este grupo fornece equipamentos para as usinas, com o argumento de que é uma quebra de paradigma, porque a maioria ainda acha mais fácil lavar o gás, recuperar o etanol contido nele, e descartar as emissões para a atmosfera (QUIMICA, 2018). Uma pequena usina que produza 100m³ de etanol por dia produz, em média 65.000 quilos de CO_2 (UNIVERSIDADECANAVIEIRA, 2018).

De todo modo é importante ressaltar que grande parte desse carbono emitido na fermentação, queima de bagaço e mesmo no uso de etanol em veículos é absorvido no ciclo global pela fotossíntese que ocorre no crescimento da cana no campo. Evidentemente, se parte deste carbono for capturado e utilizado, o balanço global do etanol de cana será ainda mais sustentável, podendo vir a ser negativo, caso o diesel consumido seja substituído por biocombustíveis como biodiesel ou biometano.

Entretanto, estudos de Mello et. al. (2014) corroborados por Bento et. al. (2018) mostram que plantações de cana-de-açúcar oriunda de pastagens degradadas emitem mais GEE do que as pastagens em si. A alteração de uso da terra, de pastagens para lavoura de cana e da intensificação do manejo de pastos, aumentam as emissões de CO_2 , metano e óxido nitroso. A magnitude do aumento de emissões é determinada pelas práticas de manejo do solo, da adubação com fertilizantes nitrogenados e pelas condições ambientais.

Para Bento et al. (2018) a geração de GEE é maior em áreas de pastagens recuperadas do que em áreas de pastagens convertidas para cultivo da cana-de-açúcar, pois ambas, teoricamente, usam fertilizantes nitrogenados.

Entendendo que a conversão de pastagens para o plantio de cana emite gases como o CO_2 , Mello et al. (2014) sugerem um tempo de 2 a 3 anos para que haja uma compensação: se a profundidade das camadas for de zero a 30 centímetros espera-se dois anos para a compensação dos gases gerados a mais e, se a profundidade das camadas for de zero a um metro, deve-se esperar três anos.

Contudo, o uso de insumos nitrogenados no Brasil ainda é relativamente baixo se comparados com as taxas usadas em outros países e em outras culturas, tornando as emissões pouco mais altas do que os cálculos iniciais, mas dentro do normal praticado em todo o mundo.

As águas de lavagem são provenientes de operações da usina, como lavagem da cana, dos equipamentos como colunas barométricas, condensadores e pisos. É tratada e reutilizada no ciclo fechado da usina.

O bagaço é um dos principais resíduos da produção de álcool; para cada tonelada de cana moída, cerca de 250 a 300kg correspondem a bagaço, contendo aproximadamente 50% de umidade, 45 a 48% de fibras e 2 a 5% de componentes sólidos (CGEE, 2009). Queimado nas caldeiras, gera praticamente toda a energia elétrica/térmica (cogeração) usada na usina durante a safra, tornando-a independente de consumo externo. Assim, uma tonelada de cana-de-açúcar produz, em média, 85 litros de álcool (entre 70 a 100 litros de etanol) e o bagaço queimado em caldeiras rende aproximadamente 560 Mcal. Segundo Rodrigues (2015), para 250 kg de bagaço queimado nas caldeiras da maioria das usinas, tem-se uma produção de cerca de 70 KWh de energia elétrica, dos quais, nas usinas com caldeiras mais eficientes e de alta pressão, mais da metade é vendido para as concessionárias ou simplesmente não aproveitado se não houver ligação à rede elétrica. Se comparado com os óleos combustíveis fósseis, a queima do bagaço não emite SO_x , emitindo apenas particulados e NO_x (PIACENTE, 2005).

Um exemplo interessante é o etanol de segunda geração; no Brasil, há duas plantas, uma em Alagoas e uma em São Paulo. Em São Paulo, a unidade fica na Usina Costa Pinto, do Grupo Raízen e opera com etanol 2G a partir de bagaço de cana. Em Alagoas, a unidade é a Bioflex1 da empresa Granbio (2018), primeira planta de etanol celulósico no Brasil, localizada no município de São Miguel dos Campos, no Estado de Alagoas. A usina usa uma variedade de cana conhecida como cana energia, com maior conteúdo de fibra, e se utiliza toda a planta, palha e colmo da cana-de-açúcar, que era deixada no campo.

A palha pode ser armazenada e usada em qualquer época do ano, diferente da cana-de-açúcar tradicional que deve ser usada no máximo em 48 horas após a colheita devido à perda constante de sacarose quando cortada.

Nas unidades de produção do etanol 2G, as cadeias de celulose da planta são quebradas por enzimas especiais, leveduras geneticamente modificadas geralmente vindas do exterior. A parede vegetal é composta basicamente de três elementos: lignina, hemicelulose e celulose. No final do processo, a lignina segue para ser queimada nas caldeiras, pois apenas a hemicelulose e celulose possuem açúcares. Após hidrólise, os açúcares obtidos são fermentados também em processos especiais. Embora ainda com problemas técnicos inerentes à nova operacionalização, a Granbio pretende produzir 82 milhões de litros de etanol por ano, prevendo custos de produção cerca de 20% inferior aos do etanol tradicional. Os investimentos em tecnologia pela Granbio fizeram com que seu produto fosse considerado como o mais limpo entre os combustíveis do gênero pelo Conselho de Qualidade do Ar da Califórnia (CARB) nos EUA (NOVACANA, 2018d) e que este Estado Americano deva ser o destino de, pelo menos, 50% de sua produção.

A CONAB (2011) mostra que 100% das usinas que moem mais que cinco milhões de toneladas de cana vendem o excesso de energia produzida com o bagaço; em contraposição, 100% das unidades que moem menos que um milhão de toneladas não possuem excedente de energia para ser comercializado, seja pela pouca produção, seja pela falta de recursos como ligação à rede da concessionária, e que apenas 34% das unidades do Estado de São Paulo se integraram a rede de transmissão.

Naturalmente, a comercialização da cogeração de energia usando o bagaço, depende de linhas de transmissão e da pressão das caldeiras instaladas nas usinas. Segundo a UNICA (2011), 64% das associadas entrevistadas, usavam caldeiras de 21 bar, enquanto apenas 1,5% usavam caldeiras modernas entre 90 e 100 bar. Entretanto, mais recentemente Novacana (2018b) anuncia que em 2015, 13 usinas agregaram 610 MW de capacidade nova para uso do bagaço atingindo 900 MW, com quatro novos projetos em andamento. Goldemberg et al. (2017) anuncia que a

era das caldeiras velhas já passou. As usinas estão substituindo seus antigos *boilers* por caldeiras de alta pressão, acima de 80 bar.

Nos estudos dos indicadores para a Indonésia (GBEP Indonésia, 2014), levou-se em conta a Alteração do Uso do Solo como importante fator de emissões de GEE; na Colômbia (GBEP Colômbia, 2014), a fertilização mineral e/ou orgânica é grande causador de emissões. Os resultados para a Argentina foram bastante precisos (GBEP Argentina, 2015), obtendo-se 27,92 g CO₂-eq/MJ para o biodiesel produzido a partir de óleo de soja e 27,38 g CO₂-eq/MJ para o etanol de cana-de-açúcar, indicando impactos positivos nas reduções de emissões de GEE, situando-se em 67% para o biodiesel e 64% para o etanol.

Comparando com as plantações do Estado de São Paulo, a alteração do uso da terra é bastante reduzida, devido às novas áreas de cultivos de cana-de-açúcar ser em campos de pasto e a fertilização da cultura ser efetuada com o material orgânico obtido das operações de produção de etanol, como a vinhaça enriquecida com torta de filtro e das cinzas das caldeiras.

O fato de o Brasil misturar 27% de etanol à gasolina desde 2015 (a legislação atual permite chegar a 27,5%) e usar etanol hidratado nos veículos *Flex Fuel* contribui para a redução de suas emissões de GEE. A utilização e processos de produção de etanol a) sem fazer uso elevado de combustíveis fósseis; b) somados ao uso de energia elétrica nas usinas decorrentes da queima do bagaço da cana em caldeiras eficazes; c) à redução das queimadas do canavial e d) à forma com que se altera o uso da terra, faz com que o uso de etanol de cana-de-açúcar no Brasil produza reduzidas emissões de GEE.

De acordo com dados das usinas levantadas, 1.648.711,05 GJ de etanol (produção de etanol da U1 em 2013/2014) emitem 74.130,4 Toneladas de CO₂ eq.

A produção de etanol da U1 em 2013/2014 utilizou 3.797.382,94 toneladas de cana. Destes, apenas 27,14% dos ATR foram destinados para a produção de etanol, resultando em 1.030.610 t de cana usadas para a produção de etanol e, conseqüentemente, 20.119 t CO₂ eq.

Considerando uma produção de 79,42 toneladas de cana/ha ano, 1.030.610 t de cana seriam produzidas em 12.976,71 ha, conseqüentemente, temos 1,55 t CO₂ eq. por hectare plantado para etanol.

Assim temos que 1.648.711.050 MJ correspondem a 74.130.400 kg CO₂ eq. Conseqüentemente, tem-se que 45g de CO₂ eq. são emitidos por cada MJ gerado.

Para a Usina 2 na safra de 2013/2014 como a produção total foi de 43.493.238 GJ e emitem 1.955.571,6 t CO₂ eq., então 887.733 GJ (produção de etanol da U2 em 2013/2014) emitem 39.915 t CO₂ eq.

Ou ainda, que a produção de etanol da U2 na safra de 2013/2014 utilizou 1.144.238,98 t de cana. Destes, 42,75% dos ATR foram destinados para a produção de etanol, resultando em 489.162 t de cana e 17.064 t CO₂ eq. emitidos. Considerando uma produção de 84,6 t cana/ha/ano, 489.162 t de cana seriam produzidas em 5.782 ha, conseqüentemente, têm-se 2,95 t CO₂ eq. por hectare plantado para etanol.

Comparando com as emissões da Colômbia, com 37,9g/MJ de CO₂ eq., para o uso de fertilizantes minerais, o valor de 45 g de CO₂ eq. por cada MJ gerado, já computado, incluindo atividades agrícolas e industriais das unidades produtivas, os terminais de distribuição de combustíveis, as bases em aeroportos e os escritórios administrativos.

O total equivalente de CO₂ para as usinas estudadas foi de 1.955.571,6 toneladas. Este resultado foi resultante de emissões de CO₂, CH₄ e N₂O. Este valor foi fornecido pelas usinas e abrange emissões diretas e indiretas da energia elétrica adquirida (75%), em que os fertilizantes tiveram maior contribuição (52%), o bagaço produzido

(19%), veículos de campo (14%) e caminhões pesados para transporte e distribuição (8%). Os 25% restantes são referentes a outras emissões indiretas, principalmente da cadeia de fornecedores.

As usinas estudadas usam uma grande quantidade de tipos de fertilizantes, conforme a área de cultivo, variando de 221 a 442 kg por hectare. O mais usado ainda é o NPK com variação em sua formulação, conforme a tabela 11 para a safra de 2012/2013.

Os dados de CO₂ eq. foram computados usando os gases (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, NF₃ e as famílias de HFC e PFC) convertidos em CO₂ eq. As emissões de CO₂ eq. gerados pelo uso de diesel na agricultura e na produção de eletricidade por cogeração estão computadas no total de CO₂ gerado pelas usinas.

De acordo com informações das usinas, 98% da cana são colhidas por colheitadeiras e pelos tratores e caminhões que os assessoram.

4.3.2. Indicador 2. Qualidade do solo. Percentagem de terra em relação à quantidade total, na qual a qualidade, em termos de carbono orgânico no solo, é mantida ou melhorada, em que a cana-de-açúcar é cultivada.

Souza et al. (2015) convida a reflexões em que os potenciais ambientais da produção da bioenergia é um pré-requisito para maximizar outros efeitos positivos, enquanto os impactos negativos como erosões são reduzidos. Em muitos casos, no Brasil, a produção de cana-de-açúcar pode ser expandida sem prejudicar os serviços dos ecossistemas, embora as questões ambientais devam ser melhores consideradas quando se avalia a cadeia agrícola e industrial.

Aspectos químicos, físicos e biológicos do solo devem ser melhorados pelos produtores de cana-de-açúcar e preservados para permitir que a produtividade da cultura dure por longos períodos. Qualquer exploração do solo, além de sua capacidade de suporte, pode prejudicar a qualidade do solo, causando erosão, compactação do solo, redução dos nutrientes e da atividade microbiana ou da biodiversidade.

É prática corrente aproveitar terras que anteriormente eram de pasto para gado para o plantio de cana-de-açúcar. Em seus resultados, Cherubin (2016) comenta que a conversão de vegetação nativa em pastagem extensiva resulta na acidificação do solo, na redução dos teores de carbono orgânico e macronutrientes e causa severa compactação do solo. Com a transformação do pasto em cultura de cana-de-açúcar melhorou a qualidade química do solo através da correção da acidez e aumento dos macronutrientes, embora possa aumentar levemente as emissões de CO₂, se comparada com a não alteração da terra.

Para manter a qualidade do solo e adequado teor de carbono, é praxe em algumas usinas, deixar cerca de um terço da matéria orgânica da planta no solo, topos da planta e partes das folhas da cana-de-açúcar resultantes do corte mecanizado. O sistema, conhecido como plantio direto, com a palha no solo, reduz a erosão, melhora as condições físicas e aumenta o conteúdo de matéria orgânica, melhorando a fertilidade e a retenção de água (CGEE, 2009). Como o uso do fogo para desfolhamento é proibido por lei⁴ no Estado de São Paulo, as emissões são reduzi-

⁴Lei n. 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar.

das e o conteúdo de carbono no solo é 30% maior do que em áreas com a queima do canavial, como analisam Coelho e Guardabassi (2014).

Bezerra e Cantalice (2006) confirmam que a erosão ocorre principalmente pela chuva, pelo transporte da água superficialmente, onde se encontram a matéria orgânica e os nutrientes relevantes para a produção agrícola. Ações como o plantio direto e a fertirrigação reduzem as taxas de erosão.

Para melhorar a qualidade do solo e resolver um problema ambiental, conforme estudos de Poveda (2014), a potencialidade de uso da vinhaça como fertilizante devido à concentração de nutrientes como potássio, nitrogênio e matéria orgânica, as usinas passaram a misturar este composto com a torta de filtro e as cinzas das caldeiras, aumentando a produtividade da lavoura, trazendo benefícios econômicos e ambientais. Para Souza et al. (2015) esta prática reduz a erosão e evita a saída de nutrientes, sendo que a plantação de cana, uma gramínea semi-perene, por si só, já reduz as taxas de erosão. Uma adequada observação dos requerimentos do solo permite conhecer as necessidades de nutrientes ótimos para a planta, auxiliando a manutenção da qualidade do solo e acumulando carbono orgânico, mitigando, assim, as emissões de CO₂.

Coelho e Goldemberg (2013) mostram que a cultura da cana tem se tornado mais sustentável ao longo de mais de 200 anos de cultivo nas mesmas terras, sem perder rendimento. A introdução de práticas como deixar parte das folhas e topos das plantas no campo, bem como o uso da vinhaça, mecanização da lavoura entre outros.

É comum nas fazendas de plantio de cana-de-açúcar preparar o solo minimizando as “atividades do solo”, prática que consiste em eliminar a vegetação antiga, geralmente usando herbicidas (EIA São Manoel, 2010), posteriormente aplicando corretivos e verificando a compactação. A preparação do solo com tratores e arados é usada principalmente em áreas com presença de pragas e com relevo suavemente inclinado.

A perda de nutrientes do solo, mesmo os fertilizantes, é preocupante para o agricultor e, em consequência, estes nutrientes podem ser carreados para corpos de água próximos, que são eutrofizados. Souza et al. (2015), embasando-se na legislação ambiental vigente, insistem na conservação da mata ciliar para capturar nutrientes que escorrem da plantação. Esses sistemas perenes são importantes ainda como armazenamento de biomassa, na conservação da biodiversidade e para controlar a erosão.

O estudo dos indicadores na Argentina informa que seus dados não são suficientes para estimar o indicador da qualidade do solo conforme os parâmetros do GBEP (GBEP Argentina, 2015). Para este país a quantidade de matéria orgânica no solo se mostra imprescindível devido às culturas agrícolas. A quantidade de fertilizante usados na lavoura tem aumentado desde 1990 e a soja é a cultura que exige mais nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio (NPK). Não há referência sobre a qualidade do solo nas regiões de cultivo de cana tão pouco de erosão. Para a Colômbia e Indonésia existem preocupações quanto à erosão e à salinização do solo, embora relatem que estes problemas estejam sob controle.

Entre 14 e 18 de novembro de 2013 foram feitas diversas análises de solo nas usinas estudadas, originando milhares de dados. Estas amostras foram feitas sobre diversas variedades de cana, como CTC21, CT99-3901, CT95-1435, SP80-3280, CTC11 e RB867515, em áreas tidas como semelhantes. Parâmetros como pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, entre outros, foram recolhidos.

Embora não tenham serventia prática, devido às grandes áreas das plantações de cana-de-açúcar que originam milhares de dados de solo, as médias relatadas pelas usinas foram: U1: P^H- 6,7; MO - 14,75; P - 25,25; K - 5,73; Ca - 55,63; Mg- 13,78; S - 35,13. Para a usina U2 as médias foram: P^H- 5,0; MO - 13,9; P - 7,08; K - 0,6; Ca - 18,0; Mg- 8,7; S - 7,08.

De acordo com arquivos da ESALQ (2017) os parâmetros citados devem ficar dentro de determinada faixa, tabela 6 para serem considerados adequados para a cultura da cana.

Tabela 6. Faixa ótima de nutrientes.

g.kg-1	N	P	K	Ca	Mg	S
Cana de açúcar	18-25	1,5-3,0	10-16	2,0-8,0	1,0-3,0	1,5-3,0

Fonte: ESALQ (2017).

Para a Embrapa (2018), solos ideais para cultivo devem apresentar pH entre 6,0 e 6,5, podendo ser estendida para 5,5 a 6,8, sem muita perda de qualidade.

As faixas médias de pH estão levemente ácidas, pouco acima do ótimo para a usina 1 e pouco mais ácidas, abaixo do ótimo para a usina 2.

Dessa forma, observa-se que os teores de fósforo estão bem acima dos teores adequados apresentado, certamente devido à fertirrigação. Os teores de potássio estão abaixo do adequado e os de cálcio, magnésio e enxofre estão acima dos adequados. A relação de fertilizantes usada pelas usinas é apresentada na tabela 11.

Gilio (2015) afirma que é prática comum a recuperação do solo com culturas alimentícias como feijão, milho e amendoim, substituindo 20% da cultura da cana todos os anos. Estas culturas sazonais tendem a captar nitrogênio, enriquecendo o solo.

4.3.3. Indicador 3. Extração de recursos madeireiros. Colheita anual de recursos de madeira por volume e como percentagem do crescimento líquido ou rendimento sustentado, e a percentagem de colheita anual usada para a bioenergia.

Usinas sucroalcooleiras no Estado de São Paulo, Estado com a maior renda *per capita* do Brasil, procuram transformar biomassa em outras formas de energia mais elaborada (etanol, eletricidade por cogeração), evitando o uso de biomassa tradicional. São Paulo não possui informações relevantes sobre a prática de extração de biomassa para cozinhar ou para aquecimento. Como existem empresas que usam lenha intensamente como padarias e pizzarias, residências que usam nas lareiras ou para fazer churrasco, existe um forte comércio de lenha no Estado. Este comércio de madeira/lenha induz a grandes plantios de eucaliptos (*Eucalyptus sp.*) apesar que outras indústrias também o usem. Este comércio está pouco relacionado com a cata da lenha para subsistência.

Portanto, este indicador não se aplica a este trabalho.

4.3.4. Indicador 4. Emissões de poluentes não GEE incluindo gases tóxicos. Produção de matéria prima para a bioenergia; processamento; transporte de matéria prima, produtos intermediários e produtos finais e; uso, em comparação com outras fontes de energia. Emissões de CO, NO_x, SO₂ e outros poluentes, em mg/ha, mg/MJ, mg/m³ ou ppm.

Basicamente, as emissões de diversos gases não GEE são, nomeadamente, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO₂) e estão relacionadas aos transportes, principalmente a grandes veículos que utilizam diesel como combustível. Para os cálculos, deve-se levar em conta o tamanho da frota, a idade da mesma e o combustível que utiliza. Portanto, neste trabalho, serão minimizadas as emissões de poluentes não-GEE de queima de canavial “em pé”, queima de bagaço nas caldeiras e/ou de queima de qualquer tipo de dejetos efetuado nas usinas sucroalcooleiras ou em suas dependências, embora na Colômbia e Argentina, os problemas com gases não-GEE são decorrentes da queima do canavial para colheita.

De acordo com a Portaria 38 do CONAMA (2002), os limites máximos de emissão de poluentes para determinados tipos de combustíveis, que entraram em vigor a partir de 2009, são listados na tabela 7.

Tabela 7. Limites máximos de emissão por combustível.

Item	Ciclo Otto	Ciclo Diesel
Veículos leves. Monóxido de carbono (CO)	2,0 g/km	
Veículos leves. Óxidos de nitrogênio (NO _x)	0,12 g/km	0,25 g/km
Veículos Pesados. Monóxido de carbono (CO)		1,5 g/kWh
Veículos Pesados. Óxidos de nitrogênio (NO _x)		3,5 g/kWh

Fonte: CONAMA (2002), Portaria 38.

Segundo a CONAB (2017), a produção de cana-de-açúcar para a safra de 2016/2017 foi de 657.184 mil toneladas, reduzindo-se ligeiramente em 3,3% na safra de 2017/2018 para 635.595,7 enquanto a quantidade de açúcar produzido foi de 38.691,1 mil toneladas na safra de 2016/2017 aumentando em 2% na safra de 2017/2018 para 39.461,4 mil toneladas e a produção de etanol que já atingiu 30.461.524,5 mil litros na safra de 2015/2016, se reduziu para 27.807.523,0 na safra 2016/2017 e para 27.047.512,4 na safra de 2017/2018, ocorrendo uma diminuição de 11,2% entre 2015 e 2018.

Esta redução ocorre porque as usinas sucroalcooleiras podem direcionar a cana-de-açúcar (ou o ATR da cana) à produção de açúcar ou etanol, conforme a rentabilidade do produto nos mercados, se se mantiver ou aumentar a produtividade.

Grandes usinas, como as mencionadas na tabela 4, moem cerca de 800 toneladas por hora, durante 24 horas, no período da safra, seja cana própria seja comprada de terceiros, implicando grande quantidade de veículos transportadores, aradores e colhedores, entre outros. No transporte de cana para a usina, têm-se caminhões “toco” levando de 8 a 10 toneladas de cana; caminhões truncados transportando 18 a 22 t; Romeu-Julietta com capacidade para 35 t e treminhões, carregando de 55 a 65 t de cada vez.

Considerando transportes de média baixa capacidade, de 20 toneladas, da plantação para a usina, necessita-se 40 viagens por hora para completar as 800 toneladas. Apenas a usina São Manoel, por exemplo, possuía, até o

ano de 2010, 569 veículos entre máquinas e equipamentos, ambulâncias e ônibus entre outros (EIA SÃO MANOEL, 2010), consumindo combustíveis fósseis e emitindo grandes quantidades de CO, NO e SO₂.

O Relatório do GBEP Colômbia (2014) indica que a maior parte das emissões é de CO, emissões sobre a queima do canavial e de SO₂, dos veículos a gasolina e diesel. Em Jacarta, capital e maior cidade da Indonésia, praticamente 100% da frota de veículos possui de 15 a 20 anos, emitindo grandes quantidades de poluentes. O relatório do GBEP Indonésia (2014) indica que o NO_x é o gás mais impactante devido a idade média dos veículos que utilizam diesel e a má conservação dos caminhões, particularmente nas zonas rurais (ilhas distantes), onde a matéria-prima dos biocombustíveis são produzidas. A Argentina relata uma frota de 86,7% de automóveis de passeio, 9,7% de comerciais leves e 3,6% de veículos pesados, incluindo caminhões e ônibus. Embora este país não possua informações suficientes para os cálculos do indicador, revela que as misturas de etanol à gasolina e biodiesel ao diesel reduzem significativamente as emissões.

Embora este trabalho não disponha das informações detalhadas dos veículos que transitam nas usinas estudadas, levantamentos da frota das usinas, idades dos veículos e combustíveis usados, oferecerá valores aproximados, embora realistas, das emissões dos poluentes não-GEE por cada usina pesquisada.

Este indicador usa dados de seis relatórios a que se teve acesso referente às amostragens em chaminés nas usinas estudadas, realizado por empresa particular e independente sobre o material particulado e óxidos de nitrogênio emitidos. Estes parâmetros são solicitados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB e relatado na norma L9.225: dutos e chaminés de fontes estacionárias, determinação de material particulado – MP e norma L9.229 - Dutos e chaminés de fontes estacionárias, determinação de óxidos de nitrogênio – NO_x. Os demais parâmetros como SO₂ e CO não são solicitados pela CETESB, portanto não avaliados pelas usinas, embora fossem importantes no âmbito do GBEP.

Em suas normas, a CETESB impõe que as emissões provenientes do efluente gasoso das chaminés das caldeiras de geração de vapor (Tabela 8), sejam monitoradas com periodicidade anual, de preferência durante o período mais crítico da safra, de julho a setembro, quando ocorrem as baixas temperaturas e pluviosidade.

Tabela 8. Poluentes das caldeiras das usinas estudadas. Julho/agosto/2013.

	Unidade	U1 Média	U2 Média	VMP
Material Particulado	Mg/Nm ³	64,43	77,97	200
Oxidos de Nitrogênio	Mg/Nm ³	218,11	249,33	350

Fonte: Informação das usinas. Mg/Nm³ - Mg / metro cúbico normal. VMP - Valor Máximo Permitido. U1 e U2 = Usina 1 e 2.

Pelo menos para estes parâmetros, os valores estão abaixo do valor máximo permitido pela CETESB. A falta de informações das duas usinas sobre o estado dos veículos, idade da frota e quantidade, distância percorrida; área desmatada bem como outros gases não-GEE, faz com que se opte por deixar este indicador em processo de melhora, em que nos próximos anos surjam informações condizentes à empresas com certificados de sustentabilidade.

Ao se comparar com os valores oferecidos pelo relatório da Colômbia para o GBEP, nota-se que é comum a prática de queimada da cana antes do corte, levando a altíssimos valores de Monóxido de carbono – CO (1,706 g/MJ) e valores baixos de NO_x (0,071 g/MJ) e material particulado (0,118 g/MJ). Na cadeia de produção de etanol na Colômbia, os valores encontrados para NO_x são 0,021 g/MJ, de CO são 0,002 g/MJ e de PM são 0,010 g/MJ.

Nesse indicador, as emissões de gases não-GEE, também merece estudos mais detalhados, como determinação de material particulado (MP), NO_x, Monóxido de Carbono (CO), SO₂. O relatório argentino (GBEP ARGENTINA, 2015) menciona a falta de dados na produção, embora possua informação sobre gases não-GEE para o uso de biodiesel. Para a produção da cana, as informações dizem respeito às queimadas do canavial antes e depois da colheita, pelos pequenos agricultores, pois as queimadas estão proibidas neste país. No relatório da Colômbia (GBEP COLOMBIA, 2014) verifica-se que não há dados de não-GEE para a produção de biodiesel. Para o etanol, as queimadas são o problema, pois emitem grandes quantidades de CO e, em menor escala, NO_x e MP. Ao comparar as emissões colombianas de não-GEE do uso da gasolina com o uso de etanol, verifica-se que o etanol emite muito mais MP, NO_x e CO, devido às queimadas do canavial. Assim, apesar de a Colômbia usar etanol diretamente nos veículos ou misturando à gasolina, e servir como um mitigador relevante nas emissões de GEE, sua produção agrícola, associado às queimadas antes da colheita, o deixam em desvantagem, pelo menos para os gases não-GEE.

O relatório da Indonésia (GBEP INDONÉSIA, 2014) para o indicador 4 apresenta dados apenas para os principais gases não-GEE da produção e uso do biodiesel. Como a produção não é intensivamente mecanizada e ainda se usa tração animal, as emissões são muito baixas, fazendo com que o resultado da mistura do biodiesel ao diesel comum seja compensador na mitigação dos gases GEE e não-GEE.

4.3.5. Indicador 5. Uso da água e eficiência. Água retirada de bacias hidrográficas para a produção e processamento da cana-de-açúcar, expressa como percentagem do total do recurso.

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2012), o uso consultivo de recursos hídricos de 2010 apresenta a atividade de irrigação como o maior consumidor de água, com 72% do total, seguida de consumo animal (11%), abastecimento urbano (9%), uso industrial (7%) e rural (1%). A Colômbia (GBEP, 2014) usa 61% de seus recursos hídricos apenas para a irrigação, enquanto a Indonésia (GBEP, 2014) usa 81% para a agricultura, já incluindo área rural e dessedentação animal. Embora pareçam aceitáveis, esses números poderiam ser menores se o consumo fosse mais eficiente.

Nas plantações de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, praticamente não se usa irrigação tal como se conhecem nas demais culturas do Estado e nas demais regiões do Brasil. O regime hidrológico de São Paulo concentra as águas das chuvas de novembro a março, necessárias à plantação (COELHO e GUARDABASSI, 2014). A irrigação com vinhaça complementa a água necessária a plantação da cana.

Quando nas usinas, o processamento da cana-de-açúcar usa uma média de 22 m³ de água por tonelada de cana processada. Entretanto, nem toda esta água sai dos corpos hídricos locais, pois nas usinas usam-se processos de circuito fechado. De acordo com a UNICA (2011), Neto (2018) e Coelho e Guardabassi (2014) muitas usinas já usam menos de um metro cúbico de água para cada tonelada de cana processada e o CONAMA (2002) recomenda o uso de 0,69 a 0,62 m³ usando a limpeza a seco. Na tabela 9 apresenta-se a quantidade de água consumida em algumas usinas destacadas no ano de referência, bem como a quantidade de água utilizada para processar uma tonelada de cana, comparando-se com a quantidade de fertilizante (vinhaça enriquecida) usada no canavial, por hectare. Os valores foram calculados usando dados fornecidos pelas usinas no respectivo EIA-RIMA ou, no caso da Raízen, o valor declarado no Estudo de Impacto Ambiental.

Tabela 9. Consumo de água declarada em seis usinas do Estado de São Paulo

Usina - Consumo de água	M ³ /hora	M ³ /tc	Fertirrig. M ³ /ha
Cosan (Safr 2013)	460,2	0,67	99
São Manuel (Superficiais e subterrâneas, 2013)	582,5	0,73	150
Tonon (Safr 2014)	410,0	0,70	150
Guarani Olímpia. (Safr 2011/2012)	430,5	0,47	151
Ipiranga (Safr 2016/2017)	512,1	0,80	62,5
Raízen (Valor declarado, Safr 2012/2013)	582,75	1,00	150-200

Fonte: EIAs respectivos, Cosan, São Manuel, Tonon, Guarani, Ipiranga e Raízen.

Atualmente, a maior parte da vinhaça decorrente da produção de etanol é aplicada no canavial da forma como é produzida, sem concentração, embora algumas usinas concentrem a vinhaça para facilitar a distribuição. Diversas usinas enriquecem a vinhaça como já mencionado. As taxas aplicadas variam em torno de 150 a 200 m³/ha, conforme a tabela 4.

Como a vinhaça é altamente poluidora, se descartada em cursos hídricos, seus nutrientes podem causar eutrofização, incentivando a proliferação de algas, causando depleção de oxigênio e morte de diversas espécies. Assim, é necessário controlar o seu uso na fertirrigação, evitando que os efeitos negativos se sobreponham aos positivos da fertirrigação, como contaminação em áreas localizadas, principalmente nas áreas dos canaviais nas proximidades da usina, antigamente usados, preferencialmente, como fertilização forçada, áreas de despejo dos excessos de vinhaça.

Souza et al. (2015) afirmam que água e solo estão muito relacionados e que avaliações dos efeitos negativos e positivos da produção de etanol sobre solos e recursos hídricos devem ser parte de análises integradas, considerando as dimensões ambientais, sociais e econômicas. Os efeitos sobre solos e águas dependem de como a implantação das usinas induzem alterações no gerenciamento da terra, da água e de outros recursos e de gerenciamentos anteriores que influenciaram o solo e as águas.

Assim, no Estado de São Paulo, há a Norma Técnica P4.231 – Vinhaça: Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola, de jan./2005 da CETESB, que controla a disposição da vinhaça em fertirrigação em função do tipo de solo.

Conforme os dados obtidos pelas usinas, o consumo de água por tonelada de cana processada está relacionado na tabela 10:

Tabela 10. Quantidade de água por tonelada de cana processada

Usina/safr	U1 2012/2013	U1 2013/2014	U2 2012/2013	U2 2013/2014
Consumo de água m ³ /t	0,71	0,68	0,87	0,55
Redução m ³ /t		4,24%		36,70%

Fonte: Informação das usinas.

A cana-de-açúcar para a produção de etanol foi de 1.030.610 tonelada pela U1 na safr de 2013/2014 correspondendo a uma energia de 1.648.711,05 GJ. Dessa forma, usou-se 1.030.610 tonelada x 0,68 m³ = 700.814,8 m³, ou seja, 0,425 m³/GJ ou 0,425 litros/MJ.

Para a usina 2, usou-se 489.162 tonelada de cana para produzir 887.733 GJ na safr de 2013/2014, resultando em 489.162 tonelada x 0,55 m³ = 269.039,1 m³. A relação energética é de 0,303 m³/GJ.

Segundo o relatório produzido pela Argentina (GBEP ARGENTINA, 2015), a quantidade mínima de água usada no processamento de uma tonelada de cana para produção de etanol é de 1,5 m³, embora esta quantidade possa aumentar consideravelmente se as usinas não possuírem tecnologia de recirculação de água para resfriamento.

O teste piloto de GBEP Colômbia (2014), informa que a cultura da cana neste país é irrigada. A quantidade de água usada varia entre 5.000 a 9.000 m³/ha ano. Mesmo com altas taxas de produtividade da cana, atingindo rendimentos médios de 118,75 t/ha ano, se computar a quantidade mínima usada na irrigação, antes mesmo de a cana ser processada na usina, o país já apresenta uso médio de 42 m³ de água. Pérez et al. (2011) comentam que os problemas e conflitos ambientais pelo acesso a água e pelas externalidades geradas pela produção do etanol tem se intensificado, colocando entraves de grupos comunitários ao uso da água na agricultura e à ampliação da produção do biocombustível.

A Indonésia ainda não produz etanol de biomassa comercialmente. A quantidade de água usada pela Indonésia na produção de biodiesel (GBEP INDONESIA, 2014), é irrisória, atingindo 0,66 m³ por MJ de biodiesel.

4.3.6. Indicador 6. Qualidade da água. Carga de poluentes carregada para corpos de água atribuíveis à fertilização e pesticidas para a produção de cana-de-açúcar (quantidades de nitrogênio e fósforo) e decorrente dos efluentes do processamento de etanol, expressa como percentagem de carga de poluentes da produção agrícola para os corpos de água.

Souza et al. (2015) comentam que a otimização do relevo do campo de cultivo da cana-de-açúcar, especialmente em sistemas perenes como matas ciliares e Áreas de Preservação Permanente (APP) podem reduzir a erosão do solo, melhorar a qualidade da água, permitir a reciclagem de nutrientes e promover o sequestro de carbono.

Reduzir as cargas poluidoras nas plantações e manter a qualidade da água é importante, assim como manter as áreas de preservação legal. As principais cargas de poluentes que afetam os corpos de água nas proximidades das usinas são as de fertilizantes e fertirrigação. Na Indonésia (GBEP Indonésia, 2014) as plantações de palma (dendê) necessitam de fertilização intensa e grandes quantidades de poluentes, principalmente nitratos e fosfatos, são carregados das áreas de plantação para rios e mar. Embora haja falta de dados, nestes países os fertilizantes das plantações de palma são responsáveis por parte considerável da poluição.

Relatórios da Colômbia (GBEP Colômbia, 2014) atestam que fertilizantes são usados nas plantações de cana-de-açúcar e de palma, embora o relatório não possa afirmar as percentagens de poluentes carregados para os rios.

Em base nos princípios ativos de alguns compostos químicos aplicados na plantação, é possível fazer análises nos corpos de água próximos ou relacionados às usinas. Análises como de concentração de amônia, nitrato, fosfatos e compostos ativos de pesticidas. É fato que praticamente todas as usinas fazem uso de defensivos na plantação da cana e a COSAN (EIA COSAN, 2011), apresenta uma extensa relação de herbicidas aplicados durante todo o ano na plantação. A Usina Tonon (EIA TONON, 2010) descreve, em seu relatório, que o uso de químicos é necessário para controlar pragas, doenças e plantas daninhas, melhorando a produtividade da cultura e permitindo maiores retornos financeiros.

Após aplicação, os químicos sofrem ação física e são volatilizados, fotodegradados, lixiviados para o lençol freático, arrastados superficialmente e absorvidos pelo solo, indicando a persistência, degradação, mobilidade e a

bioacumulação. Todos estes processos podem levar a contaminações dos corpos hídricos, reduzindo a qualidade da água e do ambiente, embora possa aumentar os ganhos financeiros.

A qualidade de água dos veios hídricos próximos depende de diversos fatores, entre eles da quantidade de químicos que se aplica no solo, como os fertilizantes e defensivos agrícolas, que podem percolar para estes veios. O descarte de águas não tratadas em corpos hídricos como rios e córregos é proibido por lei. Das usinas cujos EIA-RIMA foram analisadas, apenas uma acusou lançamento superficial de 1,9% e 8,8% do valor captado em córregos locais, embora sem especificar que tipo de líquido estava sendo lançado, nem parâmetros de DBO ou DQO remanescente nestes veios.

Pelas informações fornecidas pelas duas usinas estudadas, a água usada é tratada, purificada, reciclada, transformada em etanol e não retorna aos corpos hídricos das quais foram captadas. O vinhoto resultante segue para bacias de decantação, pode ser concentrado e é misturado às cinzas das caldeiras e à torta de filtro e usado para fertirrigação.

Os fertilizantes e insumos usados na safra de 2013/2014 são apresentados na tabela 11 e 12.

Tabela 11. Fertilizantes usados pelas usinas estudadas.

		Usina 1			Usina 2		
	U	Área	Cons Tot	Cons Méd	Área	Cons Tot	Cons Méd
Fertilizante foli nutri min	L	2.056,05	0,07	0,034	524,67	0,017	0,032
Fertilizante gran 00-18-36	T	1.013,85	349,78	0,345	246,24	83,998	0,341
Fertilizante gran 00-18-36 Zn	T				88,79	25	0,282
Fertilizante gran 10-20-30	T	507,02	188,84	0,372	120,6	9	0,075
Fertilizante gran 10-25-25	T	2.110,78	917,27	0,435	1.589,80	769,996	0,484
Fertilizante gran 10-25-25 Zn	T	516,66	182,61	0,353	345,42	95,5	0,276
Fertilizante gran 10-30-20 b 0,13	T				45,41	12	0,264
Fertilizante gran 18-00-27	T				212,31	121,995	0,575
Fertilizante gran 20-00-20	T	376,79	204,46	0,543	3.171,29	1.981,65	0,625
Fertilizante gran 20-00-30	T				553,38	269,779	0,488
Fertilizante gran 25-00-25	T	4.628,79	1.927,79	0,416	990,33	521,995	0,527
Fertilizante gran 33-00-00 nh4no	T	2.656,08	691,62	0,26	1.901,05	544,677	0,287
Fertilizante gran 45-00-00 ureia	T	5.579,44	1062,80	0,19			
Fertilizante gran kcl	T	149,44	30,00	0,201	405,9	82,996	0,204
Fertilizante liq b 0,5%	T	6.832,70	52,98	7,754			
Fertilizante orgânico aminomax	T	136,14	0,18	1,322			
Fosfato monoamônio (map)	T	824,55	193,02	0,234	95,81	27,999	0,292

Fonte: Dados das usinas estudadas. U. = Unidade; Cons. = Consumo.

Tabela 12. Insumos das usinas na safra 13/14. Valores agregados, com unidades transformadas para valores equivalentes.

	Unidade	U1	U2
Biológicos	Unidade/ha	6.316,28	19
Corretivos	Toneladas	84.380,32	10.821,52
Espalhante Adesivo	Litros	7.530,901	8.506,12
Fertilizantes	Toneladas	5.748,18	4.563,48
Fungicidas	Litros ou quilos	1.793,99	60,00
Herbicidas	Litros ou quilos	200.279,70	91.383,31
Inseticidas	Litros ou quilos	44.908,883	19.764,87
Maturadores	Litros ou quilos	138,692	134,92

Fonte: Dados das usinas.

Na safra de 2013/2014 as usinas estudadas usaram a vespa *Cotésia flavipes* como auxílio ao controle biológico da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*), reduzindo a quantidade de inseticidas usado em 18,16% na Usina 1. Já na usina 2, ocorreu aumento de 19% no uso de defensivos, certamente devido a alguma infestação, sem vínculos aparente com a vespinha, apesar de ter usado poucas vespas em relação à usina 1. De acordo com a EMBRAPA (2017) devem-se liberar seis mil vespinhas por hectare para ter um controle efetivo da broca-da-cana. A quantidade de 19 vespas por hectare como indicado pela usina 2 na tabela 12, certamente indica a realização de experiências por parte dos administradores.

Para a Usina 1, a quantidade de vinhaça lançada na plantação por hectare varia de 166 m³ a 249 m³ no caso de repasse de vinhaça, e a 8 m³ no caso da vinhaça concentrada. Esta última com parâmetros mais difíceis de serem determinados como nitrogênio e fósforo, devido aos níveis inconstantes de concentração da mesma. A torta de filtro é usada no teor de 50,7 toneladas por hectare. Para a Usina 2 o uso de vinhaça foi de 217 m³ por hectare e 136 m³ para o repasse de vinhaça. Adicionalmente, aplica-se 20,4 toneladas de torta de filtro por hectare. Não houve menção a quantidade de cinzas das caldeiras adicionada à vinhaça.

Segundo as usinas estudadas, estes fertilizantes e defensivos não devem chegar aos corpos hídricos. A mata ciliar deve ser densa o suficiente, no mínimo de 30 metros de cada lado dos veios hídricos, conforme legislação, para evitar a contaminação dos rios.

4.3.7. Indicador 7. Diversidade Biológica. Área e percentagens de áreas reconhecidas nacionalmente como sendo de alta diversidade ou ecossistemas críticos convertidos para a produção de bioenergia; área usada na produção de cana-de-açúcar onde espécies invasoras são cultivadas; áreas em que são realizadas métodos de conservação.

No início de dezembro de 2015, 140 líderes mundiais se reuniram na COP 21 em Paris para discutir as alterações climáticas, procurando evitar, entre outras coisas, que a temperatura média global suba acima de 2,0°C. Ora, o uso do etanol de cana-de-açúcar em substituição aos combustíveis fósseis, evita grandes emissões de CO₂, combatendo o aquecimento global e os fatores decorrentes deste aumento de temperatura, como perdas de biodiversidade, suprimento de água, produção de alimentos e danos causados à saúde humana.

Entretanto, a Alteração do Uso da Terra (LUC) para plantar cana-de-açúcar pode resultar em perdas de biodiversidade e em alterações de ecossistemas de forma imediata, ao invés da mortalidade de organismos causada pela falta de adaptação às alterações climáticas que poderiam durar décadas.

Para Souza et al. (2015), os impactos ambientais devem ser considerados em suas escalas, através da produção da cana-de-açúcar e a devida cadeia de processamento associada, das regiões em que as usinas estão localizadas, do funcionamento dos ecossistemas e das áreas de dispersão nas quais as espécies migratórias são afetadas.

A expansão da produção de cana-de-açúcar através de terras pouco adequadas, seja degradadas ou abandonadas, pode ter impactos positivos sobre a biodiversidade, sobre os biocombustíveis e sobre a produção de alimentos. Apesar disso, a alteração do uso da terra pode resultar também em perda de habitat, de biodiversidade e alteração da estrutura dos ecossistemas e do fornecimento dos “serviços” dos ecossistemas. Dessa forma, o gerenciamento das culturas para a produção de biocombustíveis é ponto fundamental na manutenção da biodiversidade, no que tange à conservação de florestas e outros ecossistemas.

A CONAB (2017) informa que o Estado de São Paulo é responsável por 56,3% da cana-de-açúcar produzida no Brasil, por 46,6% do etanol total e por 61,4% do açúcar. Apesar da grande produção de bioenergia de São Paulo, este Estado situa-se distante dos biomas do Pantanal e do Amazônico, em que pese acusações sobre o desmatamento de biomas sensíveis no Brasil. A figura 3 apresenta áreas adequadas para a plantação da cana-de-açúcar, com destaque para o litoral do nordeste, distante em dois mil quilômetros do início da floresta Amazônica e, à exceção da proximidade das novas culturas da cana pelo Estado do Mato Grosso do Sul com o bioma do Pantanal, o grosso das culturas dista dos principais biomas.

De acordo com os EIA da Unidade da Cosan em Ipaussu, as terras adquiridas vem sendo exploradas para dar lugar a cana-de-açúcar e pecuária. A cobertura nativa apresenta alteração causada pelos processos de ocupação, restando, na forma de fragmentos florestais dispersos e isolados, impactados por atividades de cultivo, pelo gado, pelo uso do fogo e na exploração da madeira, embora alguns poucos trechos sejam ligados por corredores ecológicos.

Na Unidade da Cosan (EIA COSAN, 2011) as amostragens da fauna foram referenciadas conforme metodologia padrão. Nesta unidade, observou-se o conjunto da avifauna, herpetofauna e a mastofauna durante quatro dias em janeiro de 2011, e detectou-se 116 espécies de aves, entre ameaçadas e endêmicas; 77 espécies de répteis, sendo as serpentes os mais abundantes e; oito espécies de mamíferos por observação direta e indireta.

Entre a ictiofauna, apenas se encontrou lambaris (*Astyanax altiparanae*) e traíras (*Hoplias malabaricus*), confirmando a pobreza da diversidade local. O estudo afirma que, embora a área do empreendimento apresente considerável estado de degradação ambiental, tem importância na manutenção da diversidade.

Figura 3. Áreas adequadas para o plantio da cana. Fonte: Embrapa (2016).

Na usina de São Manoel, o EIA (2010) registra forte pressão antrópica, com agropecuária extensiva invadindo Áreas de Preservação Permanente (APP), incêndios, retirada de madeira e diversas estradas, segmentando os trechos florestais da propriedade e intensificando o “efeito de borda”, contribuindo para a degradação dos remanescentes florestais. O elevado grau de perturbação explica a pobreza de espécies encontradas: 14 espécies da mastofauna, 177 de aves, 18 espécies de anfíbios anuros e 6 de répteis, além de 27 espécies de peixes.

O EIA da Usina São Manoel (2010) afirma que o meio biótico possui alto grau de antropização, refletindo a falta de espécies e o pouco estado de maturidade florestal que poderiam indicar melhor qualidade ambiental. Ainda assim, a empresa pretende recuperar e manter as APPs existentes na usina, evitando o despejo de vinhaça, construindo e melhorando os corredores ecológicos além de conservar a fauna e a flora existente.

Todos os EIA-RIMA analisados atestam que as áreas de reserva legal são adequadas, porém com variado grau de degradação. A usina de Ipiranga em Mococa, SP, relata que seus fragmentos de matas encontra-se com moderado a alto grau de perturbação, com dosséis descontínuos e baixa a moderada densidade de espécies.

De acordo com a Lei Federal N° 12.651 de 2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, além de ordenar áreas próximas de faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, determina que todo imóvel rural deverá manter determinada quantidade de área com cobertura de vegetação nativa, à título de reserva legal de, pelo menos, 20 % da área total. As informações obtidas das usinas estudadas afirmam que estas possuíam, na safra de 2013/2014, 2.359,54 e 378 hectares para a usina 1 e 2 respectivamente de área reservada para a biodiversidade, considerada aqui como de reserva legal. Para se cumprir a lei 12.651, as usinas necessitam de: área total da Usina 1 = 14.038 hectares, portanto a área legal exigida para a U1 seria de 2.807,6 ha e, para a Usina 2, com área total de 25.560 ha, necessitaria de 5.112 ha.

Não há informações sobre áreas de proteção em volta de nascentes, rios e riachos nas propriedades avaliadas, nem sobre se existe compensação de outras áreas de proteção em diferentes áreas do grupo ao qual pertence as usinas. Sendo assim, a U1 tem um déficit de 448 ha que pode ser relativamente fácil compensar, enquanto a U2 possui menos de 10% da área legal exigida, levando a crer que deve compensar a área legal em outras áreas ou teria dificuldades de obtenção da certificação de sustentabilidade.

Em todo caso, nas informações prestadas pelas usinas estudadas, não há explicação sobre a quantidade nem a diversidade de flora e fauna associada às áreas de reserva legal ou mesmo entre os canaviais. Pelos EIAs-RIMA públicos das diversas usinas estudadas, obtidos na CETESB, estudos da diversidade biológica são executados e sua reparação, quando necessário, são previstas e a usina é responsável por sua mitigação. Certamente as duas usinas estudadas possuem planos de mitigação ambiental, apesar de este trabalho não ter acesso a tais medidas.

4.3.8. Indicador 8. Uso da terra e alteração do uso da terra relacionada à produção de cana-de-açúcar. Área total para a cana-de-açúcar comparado com a área de superfície nacional, com a área agrícola e área de florestas; percentagem da cana-de-açúcar pelo aumento do rendimento; resíduos; dejetos e; terras degradadas ou contaminadas; taxas anuais líquidas de conversão entre tipos de uso da terra causada diretamente pela produção da cana-de-açúcar incluindo terras aráveis e culturas permanentes, pastos e áreas de conservação; florestas naturais e pastos e serrados e planícies de inundação.

O cultivo da matéria-prima para produção de bioenergia exige terras com algum interesse agrícola, remanejando outras culturas. Caso sejam usadas terras improdutivas, sem florestas ou qualquer outra cultura agrícola, todos os efeitos em relação às alterações climáticas causadas pela alteração do uso da terra serão diretos, havendo máximos ganhos ambientais, dizem Popp et al. (2014). Estes efeitos diretos são aqueles que podem ser diretamente e exclusivamente vinculados a produção e consumo da cadeia de produção da cana-de-açúcar, como durante todo o ciclo de vida da cana-de-açúcar, recursos são usados e emissões ocorrem, na maior parte das vezes retirando GEE da atmosfera.

De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA (2015) a área total plantada da produção agrícola brasileira do ano de 2014 foi de 78.127.104 hectares e as culturas que ultrapassaram a marca de 10 milhões de hectares foram a cana-de-açúcar, o milho e a soja (tabela 13). Embora ocupando uma menor quantidade de área de cultivo, a cana-de-açúcar obtém altas produções, em relação à cultura da soja ou do milho. Os dados da produção paulista são do ano 2015.

Culturas brasileiras de 2014. Área plantada e produção. % do total em relação à área plantada.

	Cana-açúcar	Cana SP	Milho	Milho SP	Soja	Soja SP
Área (ha)	11.612.416	6.170.628	15.841.921	415.434	30.308.231	717.946
% do total	14,9%		20,3%		38,8%	
Produção (t)	737.151.347	436.252.889	79.877.714	2.284.454	86.760.520	2.070.215

Fonte: LSPA (2015); IEASP (2018).

A área plantada com cana-de-açúcar no Brasil corresponde a 3% do total. Como cerca da metade da cana é destinada ao etanol, pode-se afirmar que se usa pouco menos de seis milhões de hectares de cana para produzir etanol, conforme este órgão de informação.

Popp et al. (2014) informam que em 2010 os EUA cultivaram duas vezes mais área, 13 milhões de hectares, para produção de biocombustíveis usando o milho como principal matéria-prima (já que a plantação de milho nos EUA chegou a 36 milhões de ha, e o cereal é usado também para confecção de alimento humano e para ração animal (NOTÍCIASAGRICOLAS, 2018)) do que o Brasil, com 6 milhões de hectares de cana-de-açúcar, num montante que, atualmente, chega a 9 milhões de hectares na safra de 2016/2017 (CONAB, 2017), embora tenha se reduzido a pouco mais de 8,7 milhões de hectares na safra de 2017/2018. Observe-se que, apenas cerca de 50% é usado para a produção de etanol sendo o restante usado para produção de açúcar.

Coelho e Guardabassi (2014) analisam que a área para produção de cana não foi proveniente de desmatamentos nem houve redução das áreas usadas para produção de alimentos e sim tomadas aos campos de pastagem para gado nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul. Conversões de pasto em cultivo de cana são possível devido à baixa produtividade da criação de gado, em que a média nacional é de menos de uma res por hectare. Utilizando técnicas agrônomicas já conhecidas, é possível dobrar a quantidade de animais por hectare, permitindo melhor aproveitamento da terra.

O aproveitamento do milho para produção de etanol é controversa para alguns autores como Roberts (2009) e Searchinger et al. (2008). O milho é um dos mais importantes alimentos em todo o mundo, usado para alimentação humana, ração animal e matéria-prima para produção de etanol. Roberts (2009) conta que nos EUA, o *bushel* (unidade de peso equivalente a 27,21 kg) de milho aumentou de US\$ 1,8 para US\$ 4,57 em 2009, (fechando em US\$3,92 para comercialização em julho de 2018 (NOTÍCIASAGRICOLAS, 2018)), principalmente pelo uso destinado ao etanol. Os subsídios norte-americanos levaram a um aumento das usinas de etanol de milho, que consomem 33% do produto, contra 10% em 2002, indicando aumentos no preço dos alimentos relacionados ao milho. Além disso, Popp et al. (2014) dizem que a produção de etanol dos EUA consomem cerca de 15% da produção anual global de milho, levantando preocupações sobre os impactos desse consumo no suprimento de alimentos. Este direcionamento de parte de alimentos para a produção de biocombustíveis nos EUA ajuda a inflamar controvérsias sobre o assunto, confundindo com a produção de etanol no Brasil que, além de usar cana-de-açúcar, ocupa áreas anteriormente usadas para pasto.

Coelho e Guardabassi (2014) afirmam que a produção de etanol de cana-de-açúcar possui balanço favorável às emissões de GEE quando comparadas com a produção de etanol com outras matérias primas, indicando que o etanol de cana-de-açúcar pode reduzir as emissões dos GEE em mais de 80% quando substituídos por gasolina.

Para Walter et al. (2008) não há evidência que as áreas desmatadas sejam usadas para aumentar o cultivo da cana-de-açúcar, em todos os Estados brasileiros em que a produção foi significativa, pois existe crescimento de área de floresta no mesmo período. Infelizmente, há redução das áreas florestais em outros Estados como Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com pequeno aumento da expansão da cultura da cana, enquanto houve aumento da soja. Para os autores, é possível concluir que os impactos diretos da expansão da cana-de-açúcar, como apresentados nas tabelas 14 e 15, são insignificantes no Estado de São Paulo. Apesar de a área de soja ter crescido mais no Estado de São Paulo de 2012 a 2016, corresponde a menos de 10% da área de soja do Mato Grosso, contrastando com as grandes áreas de cultivo de cana em São Paulo, que registra baixo crescimento de 2012 a 2016.

Tabela 13. Área da cultura de cana-de-açúcar (em mil ha).

	Safra 12/13	Safra 13/14	Safra 14/15	Safra 15/16	Cresc/to 12-16
Mato Grosso	235,5	237,86	225,97	230,3	- 2,21
Mato Grosso do Sul	542,7	654,50	693,77	677,9	+ 24,91
Goiás	725,9	818,39	896,06	908,0	+ 25,08
São Paulo	4.419,5	4.552,04	4.678,77	4.678,7	+ 5,87

Fonte: CONAB Cana (2013b; 2015; 2016).

Tabela 14. Área da cultura de soja (Em mil ha).

	Safra 12/13	Safra 13/14	Safra 14/15	Safra 15/16	Cresc/to 12-16
Mato Grosso	7.818,2	8.615,7	8.934,5	9.140,0	+ 16,91
Mato Grosso do Sul	2.017,0	2.120,0	2.300,5	2.430,0	+ 20,48
Goiás	2.888,0	3.101,7	3.325,0	3.285,1	+ 13,75
São Paulo	637,0	751,7	796,8	861,4	+ 35,23

Fonte: CONAB Grãos (2013; 2016).

Para complementar este indicador, far-se-á referência às áreas das usinas nas tabelas 16 e 17, bem como comparações com dados do Estado de São Paulo.

Tabela 15. Alguns dados das usinas estudadas, na safra de 2013/2014.

Dados das usinas	U1	U2
Cana moída (mil t)	3.800	1.150
Produção de açúcar (mil t)	350	90
Produção de Álcool (mil m ³)	77	42

Fonte: Informação das usinas. Dados arredondados.

Tabela 16. Área, produtividade e produção da cana-de-açúcar das usinas estudadas comparadas com o Estado e o país.

REGIÃO/UF	Área (em mil ha)			Produtividade (kg/ha)			Produção (mil t)		
	Safra 2015/16	Safra 2016/17	Var. (%)	Safra 2015/16	Safra 2016/17	Var. (%)	Safra 2015/16	Safra 2016/17	Var. (%)
SP	4.498,3	4.668,2	3,8	81.717	81.768	0,1	367.587,6	381.705,5	3,8
BRASIL	8.654,8	8.973,2	3,7	76.903	76.313	(-0,8)	665.586,2	684.773,9	2,9
Safra →	12/13	13/14		12/13	13/14		12/13	13/14	
U1	13	13	-3,94	79.240	79.420	0,23	1.418	1.464	3,22
U2	22,7	21	-7,72	83.020	84.600	1,9	923	933	1,13

Fonte: Conab (2015, 2016).

A tabela 17 apresenta dados mostrando a redução da área plantada com cana-de-açúcar das duas usinas estudadas e leve aumento de produtividade.

As usinas estudadas possuem produtividade acima da média nacional, e a usina 2 alcançou médias bem mais altas, embora os dados se refiram de 3 anos atrás (em relação a safra de 2016/2017), podendo ter alcançado produtividade mais alta na safra atual.

4.4. Pilar Social

A produção de etanol pode gerar uma série de benefícios sociais como pode permitir abusos por parte do setor envolvido, caso não haja legislação e fiscalização adequada. No Estado de São Paulo é notório o crescimento econômico do campo e das cidades do interior. Admitindo que a classe menos desfavorecida também se desenvolva, aumentando o consumo e tendo acesso a diversos tipos de energias em suas casas, como gás GLP e energia elétrica. O GBEP procura estimular a segurança alimentar e de saúde, acesso à terra e a boas condições de trabalho, entre outros.

Como será analisado aqui, verifica-se, a partir de estudos de Moraes et al. (2015), Neves e Trombin (2014), CNI (2017) entre outros, que as regiões de cana apresentam particular desenvolvimento social, em comparação com outros setores agrícolas. Estas melhorias regionais se traduzem nos salários dos trabalhadores das sucroalcooleiras, nos impostos gerados para o município e também nas diversas empresas e serviços atraídas pelo desenvolvimento da região. Gilio e Moraes (2016) relatam efeitos positivos da vinda de sucroalcooleiras para os municípios, embora apresentem uma pequena relação negativa quanto ao tamanho da área destinada ao cultivo da cana, em relação ao índice de desenvolvimento do município, possivelmente devido à perda de empregos pela mecanização das lavouras.

4.4.1. Indicador 9. Alocação e posse da terra para nova produção de bioenergia. Porcentagem de terra, total e por tipo de uso, utilizada para produção de cana-de-açúcar onde: institutos legais ou autoridades locais estabelecem títulos da terra e procedimentos para alteração de títulos e; sistema social ou jurídico legal aceito para providenciar títulos de posse ou sua alteração.

Os relatórios do GBEP da Colômbia (2014. pg. 109) e Indonésia (2014. pg. 116) apresentam praticamente a mesma frase no início da descrição desse indicador:

A posse da terra é um assunto complexo e controverso. Entretanto, pode ser extremamente desafiador se houver dados e informações relevantes, em particular para áreas que, recentemente, foram convertidas para produção de matéria-prima para produção de bioenergia.

Este texto indica a força de proprietários maiores e a impotência de órgãos do governo em resolver determinadas questões de transferências de posse, embora a estória relate casos de concentração fundiária como normais do sistema capitalista, já descritos pelo IBGE (2016) em diversos relatórios (GIRARDI, 2008).

Procurando oferecer melhores condições ambientais às populações circunvizinhas com o fim da queima dos canaviais, o Estado de São Paulo, através de sua legislação, afasta os pequenos produtores que pretendem cultivar cana-de-açúcar. Biocana (2018) relata que os pequenos produtores de Ribeirão Preto estão arrendando ou migrando para outras culturas devido à proibição das queimadas, bem como a baixa remuneração à cana e a desvantagem econômica da mecanização de pequenas áreas, principalmente aquelas com declividade acentuada.

Canal Rural (2018a) assevera que, devido às obrigações legislativas impedindo as queimadas, os pequenos produtores do Estado de São Paulo, principalmente de Piracicaba, têm dificuldades em mecanizar a lavoura devido às irregularidades dos terrenos e muitos já cogitam abandonar a cultura da cana-de-açúcar. Outros procuram se associar a cooperativas regionais, como a Cooperativa dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo – COPLACANA; a Cooperativa dos Produtores de Cana, Aguardente, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo – COPACESP; Cooperativa dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado de São Paulo – COPERCANOA; Associação dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado – CANAOESTE entre outras, numa tentativa de se fortalecer, mesmo que beneficiando individualmente seu produto principal - a cana, passando a produzir doces e/ou bebidas.

Segundo Oliveira (2015), a concentração fundiária aumentou em seis milhões de hectares entre 2000 e 2014, de 238 para 244 milhões, com terras passando para as mãos dos grandes proprietários, enquanto os minifúndios se reduziram de 8,2% para 7,8% da área total de imóveis.

Embora a maioria dos casos de compra e venda de posses seja legal e documentada, verifica-se que a concentração de terras expõe o atraso do país, constando do Índice de GINI como negativo, pois boa parte da terra tende a permanecer improdutiva (OLIVEIRA, 2015), como se o grande proprietário ganhasse com a especulação fundiária e a baixa produtividade, o que raramente ocorre em São Paulo.

Entretanto, a lei N° 11.952 de 2009 garante a posse da terra aos brasileiros que ocupam área de não mais que 1.500 hectares nos Estados da Amazônia legal brasileira, que pratique cultura efetiva, que não seja proprietário de qualquer imóvel em território brasileiro e que respeite todos os termos da legislação ambiental quanto a desmatamento e preservação de áreas sensíveis como mata ciliar e matas ao redor de nascentes.

Ainda assim, no caso da cultura da cana para produção do etanol, Wilkinson e Herrera (2010) comentam da concentração de terra, com a participação de estrangeiros. Certamente a incorporação de pequenos produtores de cana-de-açúcar aos grandes grupos sucroalcooleiros ocorrerá em curto período de tempo. Novacana (2018e) informa que muitos pequenos produtores estão plantando outras culturas como o café em conjunto com a cana, bem como possuem dificuldades em aderir à mecanização do canavial, indicando dificuldades financeiras de manterem suas terras.

Na safra de 2013/14, a usina 1 possuía 11.198 hectares de terras próprias para o cultivo de cana enquanto a área de fornecedores era de 28% desta quantidade (tabela 18). Para a U2 esta percentagem é de 93,4%, comprando cana de quase tanta área quanto a que produz. Infelizmente, pelos dados apresentados, a produtividade destes é muito baixa. Acredita-se que maiores quantidade de fornecedores indicam uma maior quantidade de pequenos proprietários ao redor da usina, visto que não compensa, financeiramente, transportar cana para ser processada em distâncias maiores que 50 km.

Tabela 17. Relação área própria x fornecedores

	U1 - 12/13	U1 - 13/14	U2 - 12/13	U2 - 13/14
Área de cana própria (hectares)	11.227	11.198	18.110	19.023
Área de fornecedores (hectares)	3.150	4.158	17.229	17.768
% área própria x área fornecedores	28,06%	37,13%	95,14%	93,40%
Quantidade de fornecedores	254	243	79	77

Fonte: Informação das usinas.

A CONAB (2017) mostra que o Brasil, na safra de 2016/2017, possuía 9.049,2 mil hectares plantados com cana-de-açúcar, produzindo 657.184 mil toneladas de cana, quantidade 1,3% inferior à da safra de 2015/2016. Destas, 353.968,5 mil toneladas foram destinadas à produção de etanol (quantidade 10,7% menor que a da safra passada), correspondendo a 53,86% do total, ou seja, 4.874,03 mil hectares plantados com cana que vão produzir etanol.

Na safra de 2013/2014 (CONAB, 2014), a quantidade de área total para cana foi de 8.811,43 mil ha, correspondendo a uma produção total de 658.822,27 mil toneladas de cana. Na safra de 2017/2018, a quantidade de cana-de-açúcar destinada ao etanol foi de 334.887,4 mil toneladas, correspondendo a 52,7%. Este montante de cana utilizou 4.605 mil ha.

De acordo com a ESALq (2018), o Brasil possui 385.441.293 ha de área agricultável, distribuídas nos diversos biomas como Amazônia, Pantanal ou Mata Atlântica, passando pela Caatinga, Cerrado e Pampas, bem mais do que o estimado anteriormente pelo ministério de agricultura, de 152,5 milhões de hectares, fazendo com que a percentagem de área cultivada de cana na safra de 2013/2014 seja de 2,3% e a área de cana para produção de etanol passe a ser de 1,25% do total de área agricultável brasileira.

Moraes e Zilberman (2014) comentam que o ZAE Cana - Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar defende que a expansão da cana-de-açúcar para biocombustível no território brasileiro pode chegar a 7,5% da área do país, atingindo 64,7 milhões de hectares. Se se acrescentar aumentos naturais de produtividade, pode-se estimar que o etanol brasileiro venha a substituir um quarto do suprimento global de gasolina, aos níveis de consumo de 2017, algo em torno de 400 bilhões de litros.

O incremento na produção de etanol até o ano 2020, podendo mesmo dobrar comparado com os níveis atuais, pode ser viabilizado tomando apenas 2% das terras destinadas a outras produções, como áreas degradadas e pastos para a pecuária usados de forma pouco eficiente. Gilio (2015) comenta que os preços dos alimentos cresceram pouco nos últimos anos e que a expansão das lavouras de cana não afetarão os preços dos alimentos no Brasil a ponto de agravar os problemas nutricionais e aumentar a quantidade de famílias abaixo da linha de pobreza.

Quando se pretende discutir escolhas como alimentos x combustíveis, devem-se aprofundar o tema, pois, em diversos países, usam-se diferentes matérias-primas para produzir etanol, como o milho nos EUA e beterraba na Alemanha e outros países europeus. A discussão mais frequente é com o milho dos EUA, em que 1/3 é usado na produção de biocombustíveis, 1/3 é usado como ração animal e 1/3 na produção de alimentos (ROBERTS, 2009; NARDY e GURGEL, 2013). A rentabilidade industrial da produção de etanol a partir do milho é baixa, cerca de 3 mil litros por ha, enquanto a cana produz 7 mil litros por hectare. Além da baixa rentabilidade do milho, existe obstáculos quanto a segurança alimentar, pois o milho é usado para ração de animais em confinamento como aves, bovinos e suínos e é representativo na alimentação humana. O uso do milho na produção de biocombustíveis faz com que os preços dos alimentos sejam pressionados, aumentando o custo dos alimentos para a população.

O uso do etanol na mistura com a gasolina é uma opção para reduzir os GEE, melhorando o ambiente e reduzindo a dependência energética. Entretanto, por estes motivos, o etanol de milho é uma solução pobre e o etanol de cana produzido no Brasil sofre com tributos ao chegar aos EUA, além de concorrer com subsídios norte-americanos aos produtores de milho.

No Brasil, entretanto, o aumento do cultivo de cana-de-açúcar ocorreu, em sua maioria, pela assimilação de áreas destinadas à pecuária extensiva (GILIO, 2015) geralmente pouco eficiente no uso de pasto em relação à quantidade de carne de gado produzida. A UNICA (2018b) estima em dobrar a produção de etanol até 2020, consi-

derando que o desmatamento aumentaria em apenas 0,16% (BANERJEE et al. 2009) sem aumentos significativos na produção de GEE.

Gilio (2015) informa ainda que houve inflação no preço das terras quando do início do Proálcool, incentivando a venda de pequenas propriedades. Os proprietários remanescentes ficaram cercados pela cultura da cana, em regiões de cana, apresentando tendência à manutenção no setor ou a venda da propriedade. Ainda assim, é importante destacar que a questão pela posse da terra no Estado de São Paulo é ordenada e as transferências, vendas e arrendamento são realizadas de maneira voluntária e garantidas pelo poder judiciário.

4.4.2. Indicador 10. Preço e oferta de uma cesta básica nacional. Efeitos do uso da bioenergia e produção doméstica sobre o preço e oferta de uma cesta básica a qual é nacionalmente definida como uma coleção de itens representativos, incluindo alimentos básicos principais, medidos familiar, nacional e regionalmente, levando em consideração: Mudanças na demanda por itens alimentares, rações e fibras; Mudanças nas importações e exportações dos itens; Mudanças na produção agrícola devido a condições do tempo; Variações nos custos agrícolas do petróleo e preços de outras energias; Impacto da volatilidade dos preços e inflação dos itens familiares para o bem estar, determinados nacionalmente.

Segundo o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos – DIEESE, os itens e as quantidades necessárias para o sustento e bem estar de um trabalhador em idade adulta, contendo quantidades balanceadas de proteínas, calorias, ferro, cálcio e fósforo é conhecido como Cesta Básica Nacional e estão descritas conforme metodologia do DIEESE (2018b). Estes itens são descritos na tabela 19, os quais são determinados em mais de dezesseis capitais brasileiras que divulgam o custo mensal da cesta básica usado nos cálculos.

Tabela 18. Provisões mínimas estipuladas pelo Decreto Lei nº 399/1938

Alimentos	Quantidade
Carne	6,0 kg
Leite	15,0 l
Feijão	4,5 kg
Arroz	3,0 kg
Farinha	1,5 kg
Batata	6,0 kg
Legumes (Tomate)	9,0 kg
Pão francês	6,0 kg
Café em pó	600 gr
Frutas (Banana)	90 unid.
Açúcar	3,0 kg
Banha/Óleo	1,5 kg
Manteiga	900 gr

Fonte Dieese (2018a).

Para adquirir parte destes itens e/ou outros semelhantes, o governo legisla para proporcionar ao trabalhador assalariado em qualquer empresa, seja pública ou privada, um salário mínimo que não pode ser inferior ao valor da cesta básica nacional. De acordo com o Anexo A, o preço médio da cesta básica em dezembro de 2017 foi de R\$ 420,00 e o valor do salário mínimo para o ano de 2017 foi, conforme a tabela 20, de R\$ 937,00. Ainda segundo o DIEESE (2018a), em dezembro de 2017, o salário mínimo necessário para a manutenção de uma família de quatro pessoas deveria equivaler a R\$ 3.585,05, ou 3,83 vezes o mínimo de 2017.

O crescimento do salário mínimo desde 2000 até 2016 foi de 583%, aumentando mais de cinco vezes, enquanto a cesta básica nacional (Anexo A) teve aumento inferior a 300% no mesmo período. O aumento da produção de etanol no Brasil, conforme a figura 4 teve incrementos significativos após a safra de 2005/2006, e isso não impactou expressivamente aumentos nos preços do açúcar ou de outros produtos, conforme mostra os dados para a cesta básica no período (Tabela 20). Estes valores contradizem aumentos decorrentes de alteração do uso da terra para plantio de matéria-prima para produção de bioenergia no Brasil.

Figura 4. Dados da produção de etanol. UNICA (2018)

Dentre os itens da cesta básica com as maiores áreas de plantio, apenas o arroz com 2,37 milhões de hectares e o feijão, com 3,15 milhões de ha estão dentro das maiores culturas brasileiras. A soja possui área plantada acima de 30,3 milhões de ha e o milho acima de 15,8 milhões de ha e são preferencialmente exportados e/ou usados como alimento animal (CONAB, 2013a). Estas duas culturas respondem por mais de 81% da área plantada com grãos no Brasil, enquanto a cana-de-açúcar está presente em pouco mais de 9,0 milhões de hectares (CONAB, 2016).

Tanto o relatório do GBEP da Colômbia (GBEP Colômbia, 2014) quanto da Indonésia (GBEP Indonésia, 2014), não encontraram relação entre a produção e uso da bioenergia, os aumentos dos preços dos alimentos e disponibilidade da cesta básica nacional. O relatório colombiano argumenta que os preços internos do arroz, trigo e demais grãos se mantiveram praticamente sem alteração entre o período de 2007 a 2012, quando houve grande produção de etanol no país, comparando-se a hipotéticos preços médios sem a influência dos biocombustíveis, como apresentado na tabela 20.

Tabela 19. Valores de salário mínimo, cesta básica e preços de etanol e gasolina com sua variação.

Mês/Ano	Salário Mínimo	Var.	Cesta básica	Var.	Etanol	Var.	Gasol	Var.
Jan/2003	200	11%	162,79	26%	0,7281		2,160	
Jan/2004	240	20%	171,03	5%	0,6081	-16%	2,007	-7,08%
Jan/2005	260	8%	172,87	1%	0,7636	26%	2,296	12,59%
Jan/2006	300	15%	177,45	3%	1,0348	36%	2,511	8,56%
Jan/2007	350	17%	184,72	4%	0,868	-16%	2,523	0,48%
Jan/2008	380	9%	229,09	24%	0,7331	-16%	2,505	-0,72%
Jan/2009	415	9%	241,53	5%	0,7533	3%	2,516	0,44%
Jan/2010	510	23%	225,02	-7%	1,1673	55%	2,586	2,71%
Jan/2011	540	6%	261,25	16%	1,1151	-4%	2,612	1,00%
Jan/2012	622	15%	285,54	9%	1,20	8%	2,743	4,78%
Jan/2013	678	9%	318,40	12%	1,1475	-4%	2,763	0,72%
Jan/2014	724	7%	323,47	2%	1,2835	12%	2,956	6,53%
Jan/2015	788	9%	371,22	15%	1,2804	0%	3,032	2,51%
Jan/2016	880	12%	448,31	21%	1,787	40%	3,676	17,52%
Jan/2017	937	6,5%	435,89	-2,8%	1,857	3,9%	3,628	-1,3
Total		368%		168%		155%		68%

Fonte: Etanol - <http://cepea.esalq.usp.br/etanol/#>. Salário Mínimo -

<http://www.dieese.org.br/analisecestabasica/salarioMinimo.html>.

Cesta básica Estado de São Paulo - <https://www.dieese.org.br/cesta/cidade>.

Gasolina - <http://anp.gov.br/wwwanp/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/levantamento-de-precos/serie-historica-do-levantamento-de-precos-e-de-margens-de-comercializacao-de-combustiveis>.

Desde 2003, os preços do etanol na usina produtora têm variado conforme características do mercado e imposições da safra como preços de insumos e produtividade. Sabe-se que os preços variam muito ao longo do ano, conforme o período, final de safra ou entressafra. Ainda assim, a variação nos últimos 14 anos ficou abaixo dos aumentos do salário mínimo e da cesta básica, embora acima do aumento total para a gasolina. Esta, desde finais de 2014 teve variações de conotação política que não se discutirá aqui.

Os aumentos de preços da cesta básica nacional dependem de fatores outros mais expressivos que o uso da terra no Estado de São Paulo para a plantação de cana-de-açúcar, argumento frequente quando se comenta aumentos nos preços dos alimentos.

Moraes et al. (2010) defendem políticas públicas de incentivo ao consumo de etanol, pois pequenos aumentos no consumo de etanol hidratado, substituindo a gasolina, traduz-se em criação de empregos e aumento no valor das remunerações dos trabalhadores, significando benefícios sociais e econômicos, sem mencionar melhorias ambientais. Mesmo com a mecanização da lavoura, o perfil de escolaridade aumenta e aumenta os vencimentos, condizendo com o perfil social de países desenvolvidos: mais lazer, cultura, melhora do poder de compra e da alimentação.

4.4.3. Indicador 11. Alteração na renda. Contribuição dos salários pagos no setor da bioenergia em relação aos demais setores; Renda líquida das vendas, trocas, e/ou autoconsumo dos produtos da bioenergia, incluindo matérias-primas realizadas por empregados ou empreendedores. Medidos em Reais por indivíduo ou família e percentagens (por participação ou alteração da renda total ou comparação).

Segundo o relatório da Colômbia (GBEP Colômbia, 2014) quanto da Indonésia (GBEP Indonésia, 2014), existe dificuldade em fornecer medidas confiáveis neste indicador, seja por falta de dados gerais seja pelos problemas de se avaliar trocas e autoconsumo em localidades distantes. O certo é que as comunidades se beneficiam da renda extra que a bioenergia propicia, embora pouco quantificada.

Moraes et al. (2010) afirmaram que os trabalhadores da lavoura de cana no Brasil recebem os mais altos salários da categoria, quando comparados com os de outras culturas agrícolas, menores apenas que os trabalhadores da cultura de soja, devido a alta mecanização desse grão. O fato de o setor sucroalcooleiro estar espalhado pelo Brasil contribui para a descentralização da renda. Existem quase dez vezes mais trabalhadores no setor sucroalcooleiro que no setor petroquímico, embora a escolaridade desse segundo setor seja de pouco mais de 11 anos contra 4,2 anos para os empregados da lavoura da cana-de-açúcar e 7,7 anos para os trabalhadores da indústria do etanol, considerados *indoor*, da fábrica.

Não obstante a quantidade de empregos na cultura da cana-de-açúcar esteja diminuindo devido a mecanização, os salários aumentam. De acordo com Moraes (2007) quando os maquinários entram na cultura da cana, o perfil profissional do funcionário é alterado, pois crescem oportunidades para funções mais qualificadas como motoristas de tratores, de colhedoras, de caminhões, mecânicos, técnicos eletrônicos entre outros e reduzem os trabalhadores “boias-frias”, funcionários com baixa escolaridade, carentes de formação. Estima-se que os empregados envolvidos com o setor do etanol sejam reduzidos em mais de 55%, com estimativas de passar de 260,4 mil no ano de 2007 para 146,1 mil em 2021, praticamente sem colheita manual, ainda que aumentando a quantidade de funcionários no setor sucroalcooleiro.

Em outros Estados do Brasil ocorrem situações opostas, em que o empresário pernambucano, por exemplo, aproveita os baixos salários para adiar a mecanização da colheita da cana, com o argumento de que o relevo é acidentado, como descrito por Spíndola et al. (2015), mesmo que os acordos salariais com o sindicato local aprovelem vencimentos acima do salário mínimo nacional, como afirma o Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas – SINDAÇÚCAR (2018). Nesta ocasião, o salário da categoria passou de 788,00 (salário mínimo vigente no ano) para 810,00 em 2015, alardeado como o maior do nordeste, embora insuficiente para fazer frente às necessidades de uma família.

Para Vilela et al. (2015) a produtividade do cortador de cana manual entre 1986 a 2006 dobrou de seis toneladas de cana por dia para 12 toneladas, embora, no mesmo período, o pagamento tenha se reduzido de 2,5 para 1,2 salários mínimos (Tabela 20).

O GBEP Argentina (2015) informa que o setor de biocombustíveis auferia salários iguais ou superiores aos setores de produção de alimentos, eletricidade, água e gás e de transportes, com exceção ao setor do petróleo, caracterizado por salários mais altos.

A relação das usinas sucroalcooleiras com o aumento de renda dos municípios é positiva, trazendo possibilidades de desenvolvimento para as regiões rurais. Além do aumento do número de empregos, verificam-se bons efeitos no setor comercial, no setor de serviços locais, urbanização, renda individual, expansão populacional e crescimento da arrecadação municipal (GILIO, 2015), contribuindo para evitar o êxodo rural.

Apesar do aumento do PIB dos municípios, existe a possibilidade de concentração de renda, motivado pela expansão de apenas uma cultura sobre grandes áreas. Tanto na colheita manual, que apresentava condições de trabalho degradante, quanto na mecanizada, que extingue postos de trabalho, pode aparecer impactos negativos (GILIO, 2015).

Os municípios que abrigam uma usina sucroalcooleira verificam um crescimento positivo no PIB (DEUSS, 2012; CNI, 2017), apesar de Satolo e Bacchi (2013) constatarem que esta expansão é positiva quando se dá sobre culturas agrícolas e áreas de pastagem de até 23% da área do município.

A CNI (2017) traz informação de duas cidades, Quirinópolis (GO) e Uberaba (MG) que receberam usinas sucroalcooleiras e tiveram seus impactos analisados. O desenvolvimento de Quirinópolis foi evidente entre os anos de 2005 e 2011, quando duas usinas – São Francisco e Boa Vista - foram instaladas. A cidade passou da posição 39º para a 6º com melhor qualidade de vida do Estado de Goiás em 2012. Os investimentos na região aumentaram, gerando empregos e melhorando a renda. Com isso, setores como a construção civil foi impulsionado, levando consigo diversas empresas “satélite”, associadas à construção. Aumentou a quantidade de empresas estabelecidas na cidade, passando de cerca de 700 em 2004 para mais de 3.300 em 2011. A quantidade de empregos quase dobrou e a renda *per capita* do município passou de 7,5 mil em 2004 para 15 mil Reais em finais de 2010.

Em Uberaba verificou-se aumentos na receita da ordem de 270% entre o ano de 2001 a 2012, melhorando investimentos em educação, saúde, segurança entre outros. O ICMS aumentou 204% e o ISS aumentou em 676%. A receita *per capita* cresceu de R\$ 603,00 em 2001 para R\$ 1.871,00 em 2012, refletindo em diversos outros setores, como no crescimento de supermercados, venda de eletrodomésticos, atividades de bares e restaurantes entre outros (CNI, 2017).

4.4.4. Indicador 12. Empregos no setor da bioenergia. Criação de empregos líquidos como resultado da produção e uso da bioenergia, total e desagregada (se possível) de trabalhadores especializados e não especializados, temporários e definitivos. Quantidade total de empregos no setor e percentagens que cumprem a legislação laboral consistente com os princípios da Organização Internacional do Trabalho (OIT) em relação aos setores comparáveis.

Para o REN21 (2015) o setor dos biocombustíveis líquidos é o segundo maior empregador a nível global, com quase 1,8 milhões de postos de trabalho e o Brasil possui a mais alta quantidade de empregos relacionados ao setor, embora a mecanização esteja reduzindo a quantidade de postos de trabalho na colheita da cana, tendência relativamente compensada pela expansão do biodiesel.

Comparando a indústria petrolífera com a sucroenergética, em relação à quantidade de funcionários, a produção de cana-de-açúcar e etanol, sem considerar a produção de açúcar, emprega mais de seis vezes que o setor de produção de petróleo afirmam Moraes et al. (2015). O GEA (2012) mostra os suprimentos de energia representa-

tivos asseverando que o setor de petróleo usa pouca mão-de-obra para extração e uso e possuem seus polos de produção centralizados, enquanto a biomassa contrata muito mais mão-de-obra, sendo que a maioria dos postos de trabalho é local. Souza et al. (2015) comenta que a bioenergia resulta em impactos positivos para as atividades econômicas e que o aumento da produção de biomassa tende a desenvolver empregos setoriais associados com o setor da agricultura e agroflorestal.

Embora o aumento da quantidade de usinas e da área plantada seja uma realidade no Brasil, a mecanização na cultura da cana-de-açúcar é uma tendência, seja pela legislação que inibe a queima do canavial seja pela pressão dos sindicatos dos cortadores de cana que exigem melhora das condições de trabalho e salários mais altos. O corte mecânico da cana reduziu o número de trabalhadores da lavoura, pois para cada colheitadeira introduzida no campo, cerca de 80 trabalhadores são dispensados (RIPOLI e RIPOLI, 2005; SMEETS et al., 2008), reduzindo também o poder de barganha dos sindicatos dos cortadores.

Moraes et al. (2010) comentam que os trabalhadores da lavoura canavieira, em média, estudam durante 4,2 anos, embora na indústria de etanol suba para 7,7 anos, o que se reflete nos salários, com os trabalhadores da usina recebendo 25% mais que o pessoal da lavoura. Ainda assim, estes trabalhadores recebem proporcionalmente mais do que todas as culturas agrícolas do país, com exceção da soja, altamente mecanizada. Na tabela 21 apresenta-se a quantidade de funcionários em algumas usinas de cana, comparando com a produção de cana-de-açúcar, fazendo da usina Tonon a melhor das quatro mostradas, pois para cada funcionário processa-se 2.422 toneladas de cana.

Tabela 20. Quantidade de funcionários nas usinas dos EIAs.

Usina	Cana-açúcar (t/safra)	Nº Funcionários	Relação T/func.
Tonon	3.500.000	1.445	2.422
Cosan Ipaussu	3.500.000	1.835	1.907
Guarani Olímpia	5.200.000	3.108	1.673
São Manuel	3.600.000	3.101	1.161

Fonte: EIAs respectivos.

A região de Jaú no Estado de São Paulo apresentou os maiores custos de produção quando as colheitas (manual e mecânica) são realizadas pela usina, e os menores quando elas são realizadas de forma mecânica por produtores terceirizados. Os menores custos de produção ocorrem no sistema de colheita manual na região de Assis, SP (OLIVEIRA e NACHILUK, 2011).

Nos municípios paulistas afetos pelas usinas estudadas, o quadro de entradas e saídas de funcionários com carteira assinada, envolvendo apenas os setores de Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca, registraram mais desligamentos que admissões, com saldos de uma centena e de quatro centenas para as cidades estudadas CAGED (2018).

Gilio (2015) conclui que trabalhadores envolvidos com a cultura da cana-de-açúcar tendem a receber salários maiores, são mais escolarizados e uma maior parte destes possui emprego formal quando comparados com a média desses indicadores para as outras culturas analisadas, principalmente aqueles relacionados à indústria.

Gilio (2015) aponta ainda que grande parte dos trabalhadores manuais da colheita da cana são caracterizados como jovens, migrantes de regiões pobres do Brasil, com baixa qualificação e poucas perspectivas no mercado de trabalho. Enfrentavam jornadas de trabalho extensivas, condições degradantes de moradia e ambiente de trabalho. Relatam frequentemente quadros patológicos relacionados ao exercício da labuta.

Entretanto, em 2002, o Estado de São Paulo aprovou a lei nº 11.241 que regulamenta a proibição da queima da cana, dificultando o corte manual e incentivando a mecanização. Gilio (2015) comenta ainda que, em face disso, a quantidade de trabalhadores formais nas usinas de açúcar mais que dobrou e nas destilarias de álcool aumentou 88%, aumento bem maior que os 16,2% dos trabalhadores rurais envolvidos na produção da cana-de-açúcar.

Assim, pode-se considerar que houve grande redução dos empregos de baixa qualidade, em que se necessita de trabalhadores de baixa especialização, porém aumentaram-se os empregos de média e média alta qualificação.

O Protocolo Agroambiental do governo do Estado de São Paulo, reduzindo as queimadas das folhas da cana antes da colheita, fez com que as usinas mecanizassem totalmente a colheita da cana, fazendo com que grande parcela dos cortadores de cana fosse dispensada. Verificando este fato, a UNICA e outros parceiros criaram o projeto RenovAção, capacitando, até o ano de 2015, 6.650 trabalhadores (UNICA, 2015; UNICA, 2018a).

4.4.5. Indicador 13. Alteração no tempo sem remuneração despendido por mulheres e crianças na coleta da biomassa. Coleta de lenha por mulheres e crianças sem pagamento.

Este indicador carece de relevância na região pesquisada, não se aplicando a este trabalho.

4.4.6. Indicador 14. Bioenergia usada para expandir o acesso aos modernos serviços de energia. Quantidade total e percentagem de aumento aos modernos serviços de energia ganho através da bioenergia, medida em termos de energia e quantidade de casas e empresas, quantidade total e percentagem de casas e empresas que usam bioenergia, desagregada em bioenergia moderna e tradicional uso de biomassa.

Os serviços modernos de bioenergia considerados no GBEP (2011) podem ser combustíveis líquidos, sólidos ou gasosos, para calefação (cocção), refrigeração ou eletricidade, dependendo da forma como são fabricados.

No Brasil, as 384 usinas sucroalcooleiras listadas pela Agência Nacional de Energia produzem mais de 11 GW (ANEEL, 2018a), energia de cogeração, principalmente pela queima de bagaço de cana, induzindo ao uso das conhecidas bioenergias modernas, mas que atingem os consumidores como uma energia normal, vendida pelas concessionárias, misturadas com diversas outras, seja por produção hidroelétrica ou termelétrica, devido à interligação da rede do país.

Para Coelho e Goldemberg (2013), um dos mais importantes benefícios sociais das usinas sucroalcooleiras é a contribuição para o acesso à energia em áreas rurais. Seja pela cogeração, ou seja, pelos subprodutos da produção do etanol, há grandes possibilidades de gerar energia e distribuí-la nas proximidades, permitindo o aparecimento de pequenas indústrias regionais que usariam o excedente de energia, oferecendo mais empregos e conforto aos moradores do meio rural.

Na África foi desenvolvido projeto semelhante. Em 2007, o *Global Environment Facility* iniciou o “*Cogeneration for Africa*”, projeto implementado pelo *United Nations Environment Programme* - UNEP e pelo *African Development*

Bank. Com projetos em sete países (Quênia, Etiópia, Sudão, Uganda, Malaui, Tanzânia e Suazilândia) utiliza agroindústrias que tenham interesse em expandir a cogeração, como do setor de açúcar, papel, produtos florestais, óleo de palma, nozes, sisal e arroz. Ao adotar tecnologias de cogeração eficientes, as indústrias podem reduzir os riscos da diminuição dos preços das *commodities*, vendendo o excedente de eletricidade (UNEP, 2018).

No caso brasileiro, há mais de dez anos o Governo Federal lançou o programa “Luz para todos” (MME, 2018a), na tentativa de acabar com a exclusão elétrica no país, levando energia elétrica gratuitamente para mais de 10 milhões de pessoas no meio rural até 2008. Um dos objetivos era reduzir a pobreza e aumentar a renda familiar, pois as famílias sem acesso à energia elétrica estão geralmente em localidades com baixos índices de desenvolvimento humano e são de baixa renda. Pode-se imaginar, como um exemplo de comunidades deste tipo, famílias que moram em palafitas ou em casas sobre as águas no rio Negro ou Amazonas. Como as pessoas geralmente estão em locais distantes e inacessíveis para passar cabos de energia, o gerador a gasolina ou caldeiras para a queima da biomassa são possíveis soluções. O censo de 2010 informou que ainda existiam mais de 700 mil famílias sem acesso a energia e, desses, as prioridades são as escolas rurais, assentamentos, poços de água comunitários entre outros. Estes números são particularmente importantes nas regiões N e NE como analisado no projeto BREA (*Biomass Residues as Energy Source to Improve Energy Access and Local Economy Activity in Low HDI Regions of Brazil and Colombia*), que visa a utilização de resíduos de biomassa como fonte de energia para melhorar o acesso à energia e atividade econômica em regiões com baixo IDH (COELHO e SANCHES-PEREIRA, 2015).

Tanto o relatório da Colômbia (GBEP Colômbia, 2014) quanto da Indonésia (GBEP Indonésia, 2014) consideram este indicador com pouca relevância, a ponto de não fazerem referência a ele. Estes países relatam que toda a produção de bioenergia, etanol e biodiesel, não aumenta o acesso aos serviços da moderna energia, pois o biodiesel produzido está misturado com diesel convencional e que a cogeração com o bagaço de cana não melhora o acesso das famílias mais pobres à energia, embora outros países da África aproveitem o excedente da bioenergia para fornecer energia para residências rurais (Coelho, Suani, comunicação pessoal).

O etanol de cana-de-açúcar foi considerado um combustível “avançado” nos EUA em 2010, podendo ser misturado à gasolina em maiores proporções do que as atuais, devido ao seu alto balanço energético que reduz as emissões de GEE. Diferente do etanol proveniente do milho (RFS, 2018) que é produzido quase exclusivamente para servir como catalisador à gasolina nos EUA (UNICA, 2018f), pois são raros os veículos movidos totalmente a etanol. Entretanto, os EUA são grandes exportadores de etanol, enviando seu produto para mais de 60 países em 2017, sendo que o principal comprador foi o Brasil, adquirindo 1,69 bilhões de litros (NOVACANA, 2018h).

Apesar da alta tributação do etanol brasileiro nos EUA, existe procura ocasionando demanda e a tendência é crescer, tanto a exportação quanto o uso.

4.4.7. Indicador 15. Alteração na mortalidade e taxas de doenças atribuíveis a fumaças em recintos fechados. Alteração decorrente do uso de combustíveis sólidos.

Como o indicador 13 este indicador não se aplica a este trabalho, apesar dos dados da Organização Mundial de Saúde (WHO, 2014) informar que quase três bilhões de pessoas pobres em todo o mundo ainda dependem de combustíveis sólidos, seja madeira, esterco animal, carvão vegetal ou dejetos, queimados em fogões ineficientes e altamente poluidores para cozinhar e se aquecer, resultando em quatro milhões de mortes prematuras todos os anos,

entre crianças e adultos, causados por doenças respiratórias, cardiovasculares e câncer, tanto que o GBEP incluiu este tema entre seus indicadores.

4.4.8. Indicador 16. Incidência de acidentes de trabalho, doenças laborais e fatalidades. Produção da bioenergia em relação a outros setores comparáveis. Medido em relação à quantidade de incidências por hectare, por MJ ou MW.

Relatórios da Colômbia (GBEP COLOMBIA, 2014) e da Indonésia (GBEP INDONESIA, 2014) reportam informações muito limitadas quanto a injúrias ocupacionais, doenças e fatalidades no setor da Bioenergia. O relatório colombiano reconhece que os trabalhadores estão expostos aos riscos inerentes à atividade como amputações decorrentes do uso do facão para o corte da cana, carregamento de cargas pesadas, altas temperaturas e trabalho extenuante, embora sem dados suficientes para responder satisfatoriamente a esse indicador, apontando quantidades, motivos e possíveis soluções.

A incidência de acidentes na colheita de cana reduziu bastante devido a mecanização, diminuindo muito o uso de ferramentas cortantes e a parafernália de vestimentas para se proteger de animais, da “serra” das folhas da cana e dos raios do sol. Ainda assim, as condições de trabalho no campo começam a garantir direitos básicos semelhantes ao das cidades como: acesso a aposentadoria, segurança social, eliminação de trabalho infantil, seguro desemprego entre outros, melhorando a qualidade dos empregos como relatam Moraes et al. (2015). Empregos protegidos pelas leis laborais que permitem acesso ao regime de trabalho legal são, tradicionalmente, referidos como emprego de qualidade, embora nada mais sejam que condições normais de contratos de trabalho.

Para Gilio (2015), a expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo nos primeiros anos do início do século XXI gerou efeitos positivos sobre a renda e os empregos, porém sem impactos positivos expressivos sobre a saúde e a educação. É comum descrever-se a precariedade dos empregos gerados, riscos ocasionados à saúde e as más condições de acolhimento do trabalhador migrante. Estes possuem baixa qualificação e pouca perspectiva no mercado de trabalho, atuando, principalmente, no corte manual da cana. Assim, enfrentavam jornadas de trabalho extensivas, condições degradantes de moradia e ambiente de trabalho, relatando dores no corpo e quadros patológicos.

Apesar da mecanização da colheita de cana ser uma tendência crescente no Estado de São Paulo, ainda existem muitos colhedores braçais, principalmente em pequenas propriedades e áreas com declive acentuado. Para Rego e Corrêa Filho (2011) ainda ocorrem, embora raras, mortes por cansaço, esgotamento de trabalho, sendo registradas 21 fatalidades na primeira década do século XXI. Acidentes e fatalidades podem ser causados ainda por artrópodes e outros animais peçonhentos, mas eram minimizados pela queima do canavial. No caso da colheita mecânica, os trabalhadores são protegidos por cabines isolantes, muitas vezes confortáveis. Ainda assim, a usina deve oferecer Equipamentos de Proteção Individual – EPI, consistindo de óculos, luvas e perneiras de couro, e botas de couro com pontas de ferro, embora haja relatos de equipamentos inadequados aos trabalhadores (tamanhos muito grandes ou muito pequenos) que tendem a ser usados mesmo que a vestimenta não tenha o tamanho ideal, provocando escoriações e coceiras. Os óculos protetores produzem dor de cabeça devido ao embaçamento pelo suor, forçando a vista.

O uso de EPI, bem como as folgas semanais e pausas durante o dia devem seguir as determinações da Convenção Coletiva de Trabalho e são exigidas insistentemente pelas usinas, não apenas para proteção pessoal, mas

também para evitar conflitos com os sindicatos, embora, para aumentar a produtividade da colheita de cana, muitos “boias frias” optam por não usar as proteções exigidas.

Conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE, 2013) o cultivo da cana-de-açúcar é uma das atividades que mais induz a acidentes de trabalho do grande grupo da Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura, tendo três vezes mais acidentes que a cultura da laranja e da soja, embora a quantidade de acidentes tenha se reduzido entre os anos de 2011 e 2013. A tabela 22 apresenta as culturas com maiores quantidades de acidente de trabalho e a quantidade total no Brasil relacionado com os demais setores de atividade.

Tabela 21. Quantidade de acidentes do trabalho segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), no Brasil - 2011/2013, por alguns tipos de cultura.

	2011	%	2012	%	2013	%
Cultivo de cana-de-açúcar	5.605	0,78	4.830	0,68	4.069	0,57
Cultivo de laranja	1.545	0,21	1.501	0,21	1.229	0,17
Cultivo de soja	1.288	0,18	1.383	0,19	1.385	0,19
Total Brasil	720.629	100	713.984	100	717.911	100

Fonte: CNAE (2013).

Na tabela 23, observa-se a quantidade de acidentes de trabalho no Estado de São Paulo, comparando com o total do Brasil, não levando em conta os acidentes sem carteira de trabalho que, para o ano de 2014, equivalia a 145.075 ocorrências.

Tabela 22. Quantidade de acidentes do trabalho segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), no Brasil - 2011/2014.

Ano	Típico	Trajetos	Doença do trabalho	Total	Brasil	% SP
2012	160.086	40.796	6.559	207.441	546.222	38,0
2013	163.694	44.201	6.560	214.725	563.704	38,1
2014	157.017	45.175	5.176	207.368	559.061	37,1

Fonte: AEPS, 2016.

Para o AEPS, acidentes típicos são aqueles decorrentes da característica da atividade profissional desempenhada pelo acidentado; acidentes de trajeto são os ocorridos no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado e vice-versa e; acidentes devidos à doença do trabalho são os acidentes ocasionados por qualquer tipo de doença profissional peculiar a determinado ramo de atividade constante na tabela da Previdência Social.

Com a alteração da colheita da cana-de-açúcar de manual para mecanizada, as mazelas corporais tenderão a se reduzir, podendo surgir complicações relacionadas aos motoristas, tanto de colhedoras como de outras máquinas pesadas, podendo ser resolvidas com a capacitação profissional e educacional em temas como hábitos de alimentação, higiene e comportamento laboral.

Até o momento não se obteve os dados de acidentes ocupacionais nas usinas. Embora relevante, o Estado de São Paulo disponibiliza acidentes nas diversas comunidades. De acordo com recomendações do GBEP (2011) verifica-se a quantidade de acidentes por área plantada de cana. Neste caso optou-se por cidades semelhantes em áreas, IDH e população. Campinas, na tabela 24, uma cidade com pouca cana plantada destoa das demais por ser uma metrópole com mais de um milhão de habitantes e infraestrutura médico-hospitalar que atrai pessoas das cidades circunvizinhas.

Tabela 23. Acidentes por hectares em algumas cidades do Estado de São Paulo no ano de 2014.

Municípios	Acidentes/ha - 2014
Campinas	2,788
Piracicaba	0,091
Sertãozinho	0,036
Capivari	0,019
Andradina	0,011

Fonte: AEAT (2015).

4.5. Pilar Econômico

O terceiro pilar que norteia os trabalhos do GBEP são os indicadores econômicos. Este pilar tende a guiar o desenvolvimento do setor, abrange a disponibilidade de recursos e o eficiente uso para a produção da bioenergia, conversão e distribuição e uso final. Desenvolvimento, viabilidade econômica e competitividade da bioenergia; acesso a tecnologia e capacidades tecnológicas; segurança energética e diversificação das fontes, suprimento energético e infraestrutura e logística para distribuição e uso. Na continuação dos dois pilares, dá-se sequência ao décimo sétimo indicador.

4.5.1. Indicador 17. Produtividade. Este indicador aborda a matéria prima geradora da bioenergia ou a cultura da cana-de-açúcar nas fazendas produtoras, bem como a eficiência do processamento pelo aumento de tecnologia e pelo aumento de produtividade da matéria prima. A quantidade de bioenergia final produzida por biomassa, por volume ou conteúdo de energia por ha/ano, e os custos de produção por unidade de bioenergia.

Diversos autores como Souza et al. (2015), Cortez (2010), GRANBIO (2015) entre outros, descrevem o aumento de produção de etanol no Brasil com o uso de leveduras especiais que degradam a lignocelulose, ou seja, etanol de segunda geração (2G). Grupos empresariais interessados na produção de etanol em solo brasileiro já visioam uma usina de etanol 2G ao lado de cada usina sucroalcooleira tradicional, usando as folhas e outros substratos que sobram do corte da cana e que seriam queimadas nas caldeiras para cogeração de energia elétrica. Uma porção dessas folhas, até 30%, conforme pesquisas de Sousa e Macedo (2010) e CGEE (2009), deve ser deixada no campo para manter considerável quantidade de matéria orgânica no solo, e outra parte seria conduzida para a produção de etanol 2G, apesar do preço de produção levemente mais elevado. Entretanto este assunto não é tema deste trabalho.

O Brasil tem o melhor programa integrado de produção de etanol de cana do mundo, com as melhores taxas de balanço de energia pelo uso intensivo da cana-de-açúcar, podendo chegar a 10 unidades de energia gerada para cada unidade gasta, segundo Coelho e Guardabassi (2014). Sorda *et al.* (2010) descrevem os avanços do governo brasileiro desde a década de 1970 com o Proálcool que, em acordos com as montadoras, definiram veículos modificados para uso exclusivo com etanol ou qualquer mistura deste com a gasolina. Este aprendizado levou o Brasil a vender mais de três milhões de automóveis *flexfuel* por ano até 2014 (reduzindo a quantidade produzida para 1,75

milhão em 2016) (ANFAVEA, 2017), e a ser autorizado a misturar até 27,5% de etanol anidro à gasolina de acordo com a Lei nº 13.033 (2018), aprovada em setembro de 2014 pelo Governo Federal, enquanto o limite anterior era de 25%. Os aumentos do preço da gasolina no mercado interno, como ocorrido em finais de 2014, possibilitam melhores perspectivas para os produtores de etanol podendo, inclusive, haver aumento no investimento financeiro e também aumento da produtividade.

Castro (2010) mostra que o Estado de São Paulo, por meio da Agência Paulista de Tecnologia do Agropênegócio – APTA, investe parte significativa de seus recursos no setor, com o Estado obtendo mais de 60% do etanol brasileiro e a energia gerada pela queima do bagaço da cana representando cerca de 30% da matriz energética do Estado, além da produtividade da cana em São Paulo ser maior que a média nacional, permitindo que, para cada Real investido em pesquisa agropecuária pública, retorne entre R\$ 10,00 a R\$ 15,00 em valor da produção agrícola, deste o ano de 1960 até o ano 2000.

Leal et al. (2013) afirmam, com base em estudos da Agência Internacional de Energia (IEA) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do governo brasileiro que o aumento do consumo de etanol dependerá, também, de legislações dos Estados Unidos (*Renewable Fuel Standards – RFS2*), da União Europeia (*Renewable Energy Directive – RED*) e do Brasil que, juntos, consomem 93% do etanol produzido em todo o mundo. Estes três grandes blocos estimam consumo de mais de 210 bilhões de litros de etanol em 2020, dos quais o Brasil consumiria mais de 63 bilhões de litros, mais do que o dobro do que produzem atualmente com suas 384 usinas sucroalcooleiras ativas (MAPA, 2018a). Apesar do setor de etanol estar passando por dificuldades desde o ano de 2014, grupos de investidores solicitaram sete autorizações de operação para a ANP (2018b), sendo quatro referentes a construção de novas plantas e três para ampliações.

Na safra de 2017/2018 foram colhidas 635 milhões de toneladas de cana, conforme tabela 25, sendo que 335 milhões foram para a produção de etanol (CONAB, 2017). Nesta safra a produção total de etanol foi de 27 bilhões de litros.

O ministério da agricultura (MAPA, 2018b), subsidiado com dados da CONAB, prevê que o aumento da área plantada com cana será maior que a área para a soja, até 2020. Embora a área plantada venha a ser maior futuramente conforme projeções (CNI, 2017), na safra de cana de 2018/2019 deve se manter estável devido à redução de crédito pelo governo e aos baixos investimentos no setor, inviabilizando novas aquisições de maquinário e retraindo renovações totais dos canaviais. Além disso, a UNICA (2018c) estima que a safra de 2018/2019 seja mais voltada à produção de etanol, como a safra anterior.

Tabela 24. Evolução da produtividade e da produção de cana-de-açúcar no Brasil por ano-safra.

Safr/ano	Área (mil hectares)			Produtividade (t/ha)			Produção (mil t)		
	Centro-Sul	Norte / Nordeste	Brasil	Centro-Sul	Norte / Nordeste	Brasil	Centro-Sul	Norte / Nordeste	Brasil
2005/2006	4.744	1.096	5.840	70,4	44,1	65,5	334.137	48.345	382.482
2006/2007	5.020	1.143	6.163	74,5	48,0	69,6	373.913	54.904	428.817
2007/2008	5.718	1.228	6.946	75,4	52,6	71,4	431.233	64.610	495.843
2008/2009	5.989	1.069	7.058	84,9	60,0	81,1	508.639	64.100	572.738
2009/2010	6.309	1.100	7.410	86,0	54,8	81,4	542.825	60.231	603.056
2010/2011	6.923	1.132	8.055	81,0	56,0	77,5	561.037	63.464	624.501
2011/2012	7.213	1.149	8.362	68,6	57,5	67,1	494.938	66.056	560.994
2012/2013	7.360	1.125	8.485	72,5	49,5	69,4	533.518	55.720	589.237
2013/2014	7.769	1.124	8.893	76,5	53,2	73,5	594.071	59.738	653.809
2014/2015	7.978	1.027	9.004	72,1	57,8	70,5	575.387	59.380	634.767
2015/2016	7.998	997	8.995	75,4	55,1	73,2	603.715	54.986	658.702
2016/2017	8.130	919	9.049	75,3	48,7	72,6	612.480	44.704	657.184
2017/2018	7.848	891	8.739	75,0	52,6	72,7	588.749	46.847	635.596

Fonte: MAPA (2018b); CONAB (2015); CONAB (2017).

Para o Estado de São Paulo, a CONAB (2017) informa que a produtividade encontra-se bastante alta, embora as novas áreas de produção como Tocantins, Mato Grosso do Sul e Goiás consigam índices elevados, como mostra a tabela 26, embora a participação de São Paulo na produção nacional de etanol na safra de 2017/2018 seja de 46,6%. O Estado da Bahia obteve alta produtividade na safra de 2017/2018, destoando dos demais, com aumento de 42,39% de uma safra para outra.

Tabela 25. Produtividade e produção de cana-de-açúcar e etanol no Brasil nas Safras de 2014/2015 e 2015/2016 de alguns Estados.

Estado	Produtividade (kg/ha)		Produção (mil t)		Etanol (mil litros)	
	2016/2017	2017/2018	2016/2017	2017/2018	2016/2017	2017/2018
Safra	2016/2017	2017/2018	2016/2017	2017/2018	2016/2017	2017/2018
Tocantins	65.227	71.118	2.086,6	2.187,6	162.184,0	175.896,0
Bahia	59.131	84.195	2.367,0	3.528,6	105.895,0	178.977,0
Mato G. Sul	81.251	74.835	50.292,0	49.794,3	2.709.300,0	2.811.797,0
Goiás	70.253	76.184	67.626,8	70.036,3	4.400.950,0	4.512.152,7
São Paulo	77.501	76.204	369.925,1	346.999,9	13.702.767,0	12.611.195,3
Paraná	68.348	63.518	42.216,7	37.938,8	1.401.270,0	1.282.125,5
Brasil	72.623	72.734	657.184,0	635.595,7	27.807.523,0	27.047.512,4

Fonte: CONAB (2017).

Carvalho (2010) comentam que o crescimento anual da produção de etanol no Estado de São Paulo, na primeira década do século 2000, foi de 4,2% para o etanol anidro e de 16% para o etanol hidratado e que, quando existe segurança econômica com preços estáveis e políticas públicas de longo prazo, o setor tende a crescer mais e de forma sustentável. Entre 2005 e 2008 somente em São Paulo foram instaladas 40 novas unidades industriais. A CONAB (2017) destaca que a área plantada com cana no ano de 2017 no Brasil foi de 8,74 milhões de hectares (apesar de já ter atingido mais de 9 milhões em safras passadas, ver tabela 25), embora considerasse todos os Estados brasileiros e nem todos produzem etanol para combustível. Parte dessa cana é usada na produção de bebidas e comidas artesanais e é um ponto a ser considerado, pois requer pequena e importante parte do canavial brasileiro, destoando levemente de outras fontes da pesquisa.

A EPE (2014) informa que os produtos da cana-de-açúcar foram responsáveis por 40.458 mil Toneladas Equivalente de Petróleo (TEP) da produção de energia primária brasileira em 2007, passando para 50.658 mil TEP em 2016, ou 17,19% do total, um crescimento de mais de 25% no período, mesmo com o setor atravessando diversos problemas financeiros. No período de 2007 a 2016, a geração de energia hidráulica se manteve relativamente constante, sempre produzindo menos energia que os produtos da cana-de-açúcar.

Kenney et al. (2013) discutem o aumento da produtividade quando se reduz a variabilidade da matéria-prima, principalmente da cana-de-açúcar. Esta variabilidade se manifesta nos diferentes padrões de clima (chuvoso, estação de seca que reduz o crescimento da cana, embora possa aumentar o teor de açúcar) na alteração da matéria-prima como o uso do sorgo ou mesmo com as diferenças de temperatura ao longo da safra, que pode alterar os teores de açúcar. Embora não aja uma solução fácil para o problema da variabilidade, os autores argumentam que melhores gerenciamentos da cultura é um bom começo, seguido do acompanhamento das previsões do tempo, tanto quanto possível. O acesso e uso da tecnologia no campo podem reduzir a variabilidade e os custos, melhorando a qualidade da terra e a reduzindo a presença de outros vegetais daninhos que poderão reduzir a produtividade. A qualidade da biomassa nas usinas é resultado de melhores práticas de gerenciamento, da qualificação dos produtores, de melhores máquinas no campo e redução do tempo de espera para moagem nos pátios. Melhores cultivares da cana e bom gerenciamento da fermentação são exemplos de boas práticas de processamento.

Landell et al. (2010) apresentam cenários até o ano de 2030 de crescimento da biomassa no campo que ocorrerá com o melhoramento genético e biotecnologia, tendo como meta o desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar visando aumentos na biomassa (produtividade), aumentos no teor de açúcar (Pol⁵%), reduções no teor de fibra, redução de custos e dos impactos ambientais, conforme tabela 27.

Tabela 26. Requisitos críticos no desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar.

Requisitos	2010	2015	2020	2030
Biomassa do colmo (t/ha)	81	83	89	98
Biomassa da palha (t/ha)	11,34	11,62	12,46	13,72
Biomassa total (t/ha)	92,34	94,62	101,46	111,72
Teor de açúcar (Pol%)	15	15	15,5	16,5
Teor de fibra	12	12	11,5	11
Energia primária Total (GJ)	580,1	594,4	636,6	708,3
Custo	100	96	80	69
Balanco energético	8	9	12	14
Impacto ambiental	Alto/médio	Médio/baixo	Médio/baixo	Baixo

Fonte: Landell et al. (2010).

Ainda segundo a tabela 27, nos próximos seis anos a produtividade, em t/ha, deverá crescer 10% e mais 10% até 2030, embora essa produtividade média ainda esteja abaixo do potencial biológico da cana-de-açúcar, que poderá melhorar com a seleção de clones e manejo varietal. Os custos apresentados referem-se à tonelagem de cana e também estão incluídos os teores de POL e o de fibra. Conforme as previsões, os custos podem atingir reduções de 31% nos próximos 15 anos. O balanço energético é referido como EROEI (*Energy returned on energy invested*), sendo a quantidade de energia obtida pela energia investida na produção. Atualmente, o etanol de cana-de-açúcar já possui um balanço de 9,3, tendendo a crescer até 14 em 2030, valores também defendidos por Seabra et al. (2010).

⁵POL é a porcentagem em massa de sacarose aparente contida em uma solução açucarada de peso normal determinada pelo desvio provocado pela solução no plano de vibração da luz polarizada.

O CGEE (2009) reconhece que o melhoramento genético permite aprimorar a produtividade da cana e que o Brasil conta com quatro programas de melhoramento, com mais de 500 variedades comerciais, e que, 20% dessas, ocupam 80% da área plantada com cana-de-açúcar. Ao selecionar uma variedade genética prioriza-se o potencial de adaptação às condições edafoclimáticas das novas regiões de expansão da cana, ao invés de melhorar apenas a eficiência fotossintética. Como a obtenção de uma nova variedade demora de 12 a 15 anos de estudos científicos até seu plantio comercial, é importante o contínuo desenvolvimento de tecnologia pelos programas brasileiros, mesmo quando a energia fóssil está barata a ponto de desestimular investimentos em energias renováveis.

Para o JornalCana (2018), é equivocado o abandono da política nacional do etanol, que permitiu o fechamento de 58 usinas desde 2007, tendo outras 12 indústrias em más condições financeiras com a consequente paralisação das atividades e a perda de mais de 300 mil postos de trabalho, inviabilizando a construção de outras 100 unidades sucroalcooleiras no curto prazo. O presidente do Sindicato da Indústria de Fabricação do Alcool no Estado de Minas Gerais (SIAMIG, 2018a), Mário Campos, menciona que, em 2009, para cada 100 litros de gasolina vendidos no Estado de Minas Gerais, vendiam-se 40 litros de etanol. Em 2014, para cada 100 litros de gasolina, saíam apenas 15 litros de etanol, fazendo com que haja pouco interesse dos usineiros em aumentos de produtividade e investimentos na usina.

A produtividade das usinas pesquisadas, com dados informados por estas, para a safra de 2012/2013 e 2013/2014 é apresentado na tabela 28.

Tabela 27. Produtividade das usinas.

Dados das usinas	U1 - 12/13	U1 - 13/14	U2 - 12/13	U2 - 13/14
Produtividade (t/ha)	79,24	79,42	83,02	84,6
Prod. Etanol (m ³)	305.587	343.944	91.103	89.679
Prod. Açúcar (t)	87.292	77.223	44.106	41.580
Energia elétrica (kWh t/cana)	15,7	16,78	10,63	11,42

Fonte: Dados das usinas.

Comparando a produtividade das usinas com as das tabelas 25 e 26, tem-se que as usinas estudadas possuem média maior que a alcançada pela do Brasil e da região Centro-Sul na safra respectiva, além de ser maior que a média da safra atual do Estado de São Paulo. Verifica-se que a U2, apesar de ter mais alta produtividade, gera menos energia por tonelada de cana que a U1, sugerindo que existe grupo gerador menos eficaz, certamente devido a pouca quantidade de cana processada, 30% menor que na U1.

4.5.2. Indicador 18. Balanço de energia líquida. Taxa de energia da cadeia de valor da bioenergia comparado com outras fontes de energia, incluindo taxas de energia da produção de matéria-prima, processamento de matéria prima transformada em bioenergia, uso de bioenergia e/ou análise do ciclo de vida.

O etanol pode ser produzido a partir de uma grande variedade de matérias-primas, desde fósseis, como o gás natural ou o petróleo, ou de renováveis como vegetais. Grande parte do etanol mundial é produzida por recursos

renováveis na forma de açúcares como cana-de-açúcar, beterraba, sorgo, frutas; amidos (açúcares compostos) como milho, trigo, mandioca (tabela 29) e ainda por materiais lignocelulósicos como a planta e/ou folhas da cana-de-açúcar ou folhas de pastagens; ou ainda de algas. Quando o etanol é produzido de açúcares ou amidos são chamadas de primeira geração; quando são usados materiais lignocelulósicos são conhecidos como de segunda geração (LEAL et al., 2010) e o etanol de algas é denominado de terceira geração. Estes dois últimos ainda não comprovaram sua viabilidade econômica, embora o etanol lignocelulósico já esteja sendo produzido comercialmente e use matéria-prima abundante e mais barata como a cana energia, que promete oferecer 221 toneladas por hectare, 26% de fibras, mas significativamente menor quantidade de ATR que a cana normal (NOVACANA, 2018c).

Tabela 28. Potencial médio das principais matérias-primas.

Cultura	Rendimento da lavoura (t/ha ano)	Rendimento industrial (litro etanol/t)	Produtividade etanol (l/ha ano)
Cana-de-açúcar	80	85	6.800
Mandioca	15	180	2.700
Milho*	10	420	4.200

Fonte: Baptista, 2014. * Produtividade média dos EUA.

Waclawovsky et al. (2010) afirmam que o máximo comercial da produtividade da cana-de-açúcar, média da Colômbia, África do Sul e Austrália, atinge 148 t/ha ano; que o máximo experimental seja de 212 t/ha ano e que o máximo teórico seja de 381 t/ha ano. Se o rendimento médio da cana-de-açúcar brasileira, receber investimentos em tecnologia e atingir o máximo comercial ou mesmo metade do máximo experimental encontrado por Waclawovsky et al. (2010), ter-se-á produtividades de 30 a 85% maiores do que as atuais nos próximos anos.

Para Ariedi Junior e Miranda (2013), a cana-de-açúcar possui um balanço de energia positivo, não apenas por possuir muito mais energia do que foi gasto para produzi-la, mas no sentido de fornecer energia elétrica para o Estado de São Paulo no período de estiagem, quando o nível dos reservatórios das hidrelétricas geralmente é baixo, além de que o sistema de cogeração de energia elétrica a partir da combustão do bagaço da cana é neutro em emissão de Gases de Efeito Estufa.

Seabra et al. (2010) determinaram, para o etanol anidro, que o input de energia fóssil necessário para sua produção é de 235 MJ/t cana no ano de 2006 e a quantidade de energia gerada renovável (*output*) é de 2.198 MJ/t cana, resultando num balanço energético de 9,4. Estimando aumentos de produtividade para o ano de 2020, o *input* seria de 268 MJ/t cana e seu *output* de 3.248 MJ/t cana, aumentando o balanço energético para 12,1. Neste cenário, considera-se que cerca de 40% da palha sejam coletadas do campo para geração de energia, em caldeiras, de preferência, acima de 80 bar ou, até mesmo, para o etanol 2G. A mitigação de emissões GEE, leva em conta o uso de etanol e o excedente de bagaço para cogeração, substituindo a gasolina, o óleo combustível e termoeletricidade.

Seabra et al. (2011) determinaram ainda que a energia fóssil consumida e os gases de efeito estufa gerados relacionados à produção de açúcar foram de 721 kJ/kg e 234 g CO₂eq/kg respectivamente, embora os valores para a produção de etanol anidro sejam bem inferiores, ficando em 80 kJ/MJ e 21,3 g CO₂eq/MJ, resultando em mitigações de 80% quando se compara o etanol anidro à gasolina convencional.

Como comentado anteriormente, Coelho e Guardabassi (2014) levantaram valores de 9,3 unidades de energia renovável para cada unidade de energia fóssil consumida. Quando comparado com outras matérias-primas, como o milho nos EUA ou o trigo ou beterraba na Europa, todos com rendimento abaixo de 2 por cada unidade de energia consumida, sendo que a matéria-prima que apresentou o rendimento mais baixo como relatado por Goldem-

berg et al. (2017) foi o milho. Nesta pesquisa, o etanol de cana proporcionou resultados bem mais positivos, chegando sua variação máxima, acima de 10 unidades de energia para cada unidade utilizada em sua produção.

Aplicando valores monetários às unidades de energia, tem-se que o litro de etanol hidratado para combustível custava, em 12/Fev. de 2018, R\$ 1,9032 (US\$ 0,4795) e o anidro R\$ 2,1068 (US\$ 0,5308) (CEPEA, 2018a). Em 2014, o Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas - PECEGE (2014) anunciava que os custos de produção do etanol para 17 usinas amostradas no Estado de São Paulo, não permitiam obter lucro com a venda de etanol. Ao computar os custos de matéria-prima, operação industrial, depreciação e custos do capital, a melhor margem foi de 7,5% negativo, com a venda de etanol anidro na região de Araçatuba e Assis. O prejuízo maior foi na comercialização de etanol hidratado, de 12,3%, na região de Catanduva, Jaú, Piracicaba e Sertãozinho.

Dados fornecidos pelas usinas estudadas, apresentados na tabela 30 mostram que a U2 produz menos de 5% da U1, não sendo capaz de vender energia (seguramente utiliza toda a energia produzida por cogeração), embora tenha vendido quantidades significativas de bagaço. Certamente estas usinas possuem toda energia necessária para o trabalho de fabricação do etanol e do açúcar, comprando energia elétrica para lugares distantes das caldeiras geradoras, como escritórios ou postos avançados.

Tabela 29. Balanço de energia das usinas estudadas

	Energia gerada (MWh)	Energia comprada (MWh)	Energia vendida (MWh)	Energia consumida (MWh)	Consumo específico (KWh)	Kg Vapor /t cana (kg/tc)	Venda de bagaço (t)
U1 12/13	252.409,00	1.485,12	197.259,29	56.634,83	15,70	557,71	34.518,98
U1 13/14	272.960,00	1.310,30	210.545,60	63.724,70	16,78	574,18	1.735,82
U2 12/13	11.286,95	835,94	---	12.122,89	10,63	532,13	10.526,65
U2 13/14	11.826,05	1.238,86	---	13.064,91	11,42	540,79	14.125,12

Fonte: Informação das usinas.

4.5.3. Indicador 19. Valor bruto acrescentado. Por unidade de etanol produzido e como percentagem do produto interno bruto.

O setor de cana-de-açúcar no Brasil é muito importante como complemento da matriz energética nacional. É o componente principal entre as energias renováveis, com valor maior que a energia hidrelétrica que perfaz 11,1% da energia primária nacional. Como a Oferta Interna Bruta no ano de 2016 foi de 294,7x10⁶ Tonelada Equivalente de Petróleo (IEP) a participação dos produtos da cana-de-açúcar na matriz corresponde a 17,2% do total (BEN, 2017).

O aumento na demanda por energia mais limpa e sustentável do que a fóssil, até 2010, tendeu a melhorar a perspectiva econômica para o etanol, refletindo em investimentos e em maior geração de renda e emprego no segmento industrial do setor sucroalcooleiro. Em 2014, as políticas públicas com intenções de manter a inflação controlada retiveram o preço da gasolina, impedindo o livre preço do etanol, pois este é adquirido como combustível automotivo, teoricamente, se seu preço estiver cotado abaixo de 70% do preço da gasolina, devido a seu valor energético em relação à gasolina. Como a concentração de etanol anidro na gasolina passou de 20 para 27% podendo aumentar ainda mais, a relação de 70% fica defasada, beneficiando o comprador de etanol.

Este argumento é defendido pelo presidente da SIAMIG (2018c) em que afirma que a vantagem do etanol no abastecimento de veículos pode superar a gasolina em mais de 70%, podendo chegar a 75%, dependendo do tipo de automóvel. A avaliação do custo benefício do Inmetro usa gasolina com 22% de etanol anidro, enquanto nos postos, à data de 2018, a mistura é de 27%.

Entretanto, Souza et al. (2015) argumentam que a mídia se concentra em temas como segurança alimentar e/ou desmatamento como empecilhos para o crescimento da produção de bioenergia, e o conhecimento do público, em geral, sobre bioenergia, é muito limitado, mesmo em países produtores como o Brasil, acarretando consumo de etanol abaixo do ideal. Mesmo com cenários de preços para o etanol de 70% do da gasolina ou ligeiramente superior, tem-se um combustível sustentável, bom (ele limpa o motor do automóvel); é considerado limpo, pois não polui o meio ambiente como os combustíveis fósseis e renováveis, além de quase 100% nacional (SIAMIG, 2018b), pois atualmente existe alguma importação.

A oferta de produtos energéticos no Brasil tende para uma matriz renovável, com aumentos anuais insistentes de produtos da cana embora com predominância para os combustíveis fósseis. A tabela 31 mostra que, em 2015, os produtos da cana ofertaram a segunda maior quantidade de energéticos, também pelo poder de compra da população.

A paridade do poder de compra (PPC) compara o quanto uma determinada moeda (Dólar, Real) pode comprar em seus respectivos países, relacionando o poder aquisitivo da pessoa com o custo de vida.

Tabela 30. Oferta Interna de Energéticos / PIB. TEP (TOE)/10³ US\$ ppc (2010).

Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Petróleo e derivados/PIB	0,034	0,034	0,036	0,036	0,038	0,038	0,039	0,038	0,037
Hidráulica e eletricidade/PIB	0,014	0,014	0,013	0,014	0,013	0,012	0,011	0,012	0,013
Carvão mineral e derivados/PIB	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006
Lenha e carvão vegetal/PIB	0,011	0,011	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008
Produtos da cana açúcar/PIB	0,014	0,015	0,017	0,015	0,015	0,016	0,016	0,017	0,018

Fonte: BEN (2017). Ppc = paridade do poder de compra.

Grosseiramente, os produtos energéticos relacionados com o setor sucroalcooleiro, que podem ser valorados, etanol anidro e hidratado e a cogeração de energia, à exceção do açúcar, para a safra de 2015/2016, são apresentados na tabela 32, em que os dados da cogeração foram obtidos da ANEEL (2018a) apresentando a capacidade instalada de 400 usinas usando bagaço de cana-de-açúcar, com capacidade instalada de 11.157.935 KW, pouco menos que a quantidade de MW produzidos pela usina hidrelétrica de Itaipu, a maior do mundo, embora se saiba que quase toda a energia elétrica gerada pela sucroalcooleira é destinada ao consumo próprio. A cogeração por bagaço de cana gera quase tanto quanto as 502 usinas eólicas possuindo 12.329.443 KW de capacidade instalada ou pelo gás natural fóssil que, com suas 166 unidades, possuem 12.980.311 KW de capacidade instalada.

O preço de venda do kWh varia bastante conforme as concessionárias e com o tipo de consumidor. Para este cálculo, optou-se pela tarifa residencial B1 baixa rendada companhia Eletropaulo, vigente até a data de 03/07/2016, uma tarifa considerada barata, pois existem companhias, como a CHESP ou a UHENPAL, cobrando acima de R\$ 0,58 o kWh (tabela 32).

Tabela 31. Valoração dos produtos bioenergéticos da cana. Safra 2017/2018.

	Etanol anidro (m³)	Etanol hidratado (m³)	Cogeração (kW)
Quantidade	11.175.914,0*	15.871.598,4*	10.936.941***
Preço litro (R\$)	2,1068**	1,9032 **	0,43611***
Total (R\$)	23.545.415,62	30.206.826,07	4.769.709,34

Fonte: *CONAB (2017); **CEPEA (2018a); ***ANEEL (2018a).

Em termos de energia, os produtos da cana-de-açúcar são responsáveis por 17,5% de toda a energia primária produzida no Brasil, são 50.31810³ TEP (TOE) para o ano de 2016 (BEN, 2017). O petróleo é responsável pela maior quantidade de energia primária produzida, perfazendo 44,2% ou 130.373 TEP (TOE).

Segundo a CONAB (2017), na safra de 2017/2018 a produção de açúcar, foi de 39.461,4 mil toneladas e a produção de etanol de 27.047.512m³, 2,7% menor que a safra anterior, embora a produção de açúcar tenha aumentado em 2,0% em relação à safra anterior. A cana destinada para a produção de açúcar foi de 300.708,3 mil toneladas e a cana para produção de etanol foi de 334.887,4 mil toneladas.

Se considerar que toda a cana fosse usada para a produção de etanol, tem-se que 635.595,7mil toneladas de cana poderiam, grosseiramente, produzir 51.334.515,2 m³ de etanol na safra de 2017/2018.

Como exercício acadêmico, tem-se que um metro cúbico de etanol hidratado é equivalente a 21,35 GJ. Considerando o total de etanol que o Brasil poderia ter produzido com toda a cana colhida na safra de 2017/2018, (os 51,3 bilhões de litros calculados anteriormente), o Brasil teria obtido 1.095.991.900 TJ (Tera Jaule).

Em 12 de fevereiro de 2018, o Indicador Semanal Etanol Hidratado CEPEA/ESALQ Combustível no Estado de São Paulo (CEPEA, 2018a) anunciava que o litro de etanol custava R\$ 1,9 ou 0,48 dólares.

Dessa forma, pode-se inferir que toda a cana-de-açúcar poderia produzir 51.334.515,2 m³ de etanol que custariam R\$ 97.535.578,88, pouco mais de 97 bilhões de Reais. Como o Produto Interno Bruto brasileiro de 2016 foi de 6,6 trilhões de reais (IBGE, 2018), tem-se, à grosso modo, que apenas o etanol rendeu cerca de 1,48 % do PIB. Cálculos simplistas que não levam em conta a energia gerada e consumida na própria usina, venda de bagaço e subprodutos da produção do açúcar e do álcool como leveduras e torta de filtro.

Como recomenda o relatório do GBEP, no Brasil o custo da energia está a R\$ 0,089/MJ ou US\$ 0,029/MJ.

Em 2015, o setor sucroenergético teve um dos maiores PIBs do agronegócio brasileiro. A cadeia produtiva da cana elevou seus ganhos de R\$ 107,87 bilhões para R\$ 113,27 bilhões, um crescimento de 5% em relação ao ano anterior. Mesmo em um cenário setorial bastante complicado, com muitas usinas em dificuldades financeiras e um quadro nacional agravado pela desaceleração econômica (UNICA, 2018d). Na safra de 2018/2019 espera-se uma tendência de alta na produção de etanol, com maior parte da cana seguindo para a produção de etanol do que de açúcar. Enquanto o preço do açúcar está baixo e o preço do barril de petróleo está aumentando, analistas acreditam que a produção de etanol deva chegar a 30 bilhões de litros na safra 2018/2019 (CANAL RURAL, 2018b), embora a quantidade de cana-de-açúcar colhida deva se reduzir, causada pela baixa renovação dos canaviais, bem como a diminuição dos tratos culturais (CEPEA, 2018b).

4.5.4. Indicador 20. Alteração no consumo de combustíveis fósseis e no uso tradicional de biomassa. Substituição de combustíveis fósseis por bioenergia nacional; economia anual de divisas convertíveis devido à redução de compras de combustíveis fósseis; substituição do uso tradicional de biomassa por bioenergia moderna nacional.

Desde 1931, quando do decreto federal Nº 19.717, em que o Brasil adotou a mistura de 5% de etanol à gasolina, houve muita variação do teor de etanol adicionado, com a promulgação de 37 leis, decretos e portarias nacionais e 24 portarias de âmbito local (cidade de São Paulo, por exemplo), regional (abrangendo Estados do nordeste ou sul, por exemplo) ou estadual. Logo após o decreto de 1931, em 1966 passou-se a adicionar 25% de etanol, de acordo com o decreto 59.190. Desde o ano de 2000 até 2015 a adição de etanol anidro à gasolina variou de 20 a 27%. Estas leis de alterações são decorrentes da oferta e demanda de etanol e gasolina no mercado interno e internacional.

Estas leis, porém, dificultam os cálculos da economia de combustíveis fósseis e das vantagens na balança comercial do setor ao longo dos anos. Entretanto, a UNICA (2018e) anunciou que a utilização de etanol na matriz energética brasileira, desde 1975, até a safra 2014/15, substituiu aproximadamente 2,5 bilhões de barris de gasolina (400 bilhões de litros). Considerando que o Brasil consumiu 44 bilhões de litros de gasolina em 2017, (ANP, 2018c) tem-se uma quantidade economizada referente a pouco mais de nove anos de consumo, considerando a demanda atual. Na tabela 33 apresentam-se as vendas de gasolina e etanol hidratado e o respectivo gráfico na figura 5, sem fazer menção ao etanol mistura à gasolina.

Tabela 32. Venda de Combustíveis pelas distribuidoras e a relação gasolina/etanol

Ano	Gasolina	Etanol	Relação
2007	24.325	9.367	2,60
2008	25.175	13.290	1,89
2009	25.409	16.471	1,54
2010	29.844	15.074	1,98
2011	35.491	10.899	3,26
2012	39.698	9.850	4,03
2013	41.426	11.755	3,52
2014	44.364	12.994	3,41
2015	41.137	17.863	2,30
2016	43.019	14.586	2,95
2017	44.150	13.642	3,24

Fonte. ANP (2017b); ANP (2018c)

Figura 5. Consumo de combustíveis Dados da tabela 33.

No gráfico da figura 5 se apresenta a relação mais próxima de venda de gasolina x etanol, atingida no ano de 2009, quando, para cada litro de etanol, foi vendido 1,5 litros de gasolina. Também se nota grandes disparidades nas vendas, devido às políticas de preços baixos da gasolina antes das eleições de 2014, em que o etanol perdeu competitividade.

Entretanto, este trabalho considera este indicador de pouca relevância, pois a tese não versa sobre o uso de biomassa tradicional.

4.5.5. Indicador 21. Formação e requalificação dos trabalhadores. Percentagem dos trabalhadores formados no setor de bioenergia pelo total da força de trabalho da bioenergia; percentagem dos trabalhadores requalificados pelo número total de empregos perdidos no setor da bioenergia, medido em percentagem por ano.

Neves e Trombin (2014) estimam que a cadeia sucroalcooleira, referente ao cultivo da cana e a produção de açúcar e etanol, empregue diretamente 613 mil trabalhadores, podendo alcançar quase um milhão, se considerar empregos sazonais gerados na colheita ou ainda a 3,5 milhões de vagas se se considerar os empregos informais, diretos e indiretos.

A CNI (2017) prevê que, para o ano de 2030, o setor sucroalcooleiro tenha uma arrecadação de impostos 126% maior que a de 2013, passando de US\$ 8,5 bilhões para US\$ 19,2 bilhões. Com o aumento da arrecadação o setor crescerá de dimensão, aumentando a quantidade de empregos que passaria de 182 mil diretos e 434 indiretos em 2013 para 261 mil postos de trabalho diretos e 624 mil indiretos em 2030. O salário médio mensal do trabalhador passará de R\$ 1.400 em 2013, para R\$ 1.882, crescendo em 34,5%.

O CAGED (2018) informou que o Brasil perdeu mais de um milhão e meio de postos de trabalho em 2015, dos 17.707.267 admitidos ocorreram 19.249.638 desligamentos e, do total existente, 6,05% pertencem ao setor

agrícola que teve “saldo” positivo, pois contratou mais 9.821 do que dispensou. São Paulo foi o Estado que mais dispensou mão de obra, foram 466.686 desligamentos, representando 30,3% do total.

Ao se comparar o setor sucroenergético com o principal setor correspondente em produção de energia, o petrolífero, tem-se 623.152 trabalhadores em mais de 380 usinas distribuídas no Brasil, abrangendo mais municípios e Estados que o setor do petróleo argumentam Neves e Trombin (2014), enquanto que o setor da energia fóssil líquida possui 67.283 trabalhadores, apenas 10,8% da cadeia da cana.

De acordo com Agronegócios (2018), uma colhedora de cana moderna chega a colher 600 toneladas de cana por dia, trabalhando 24 horas diárias. Apesar do alto preço do maquinário, cerca de um milhão de reais, colhe a cana sem necessidade de queima e esta é passada ao caminhão de transbordo já picada em toletes, pedaços de cana com 30 centímetros, evitando gastos extras com água.

Segundo Ripoli e Ripoli (2005) um colhedor de cana manual, em canaviais previamente queimados, chega a cortar de 6,9 a 10,6 t/dia. Em casos já mencionados neste trabalho, há cortadores que atingem 20 toneladas diárias, mas pode-se considerar, atualmente, uma média de 12 toneladas por dia. Assim, a tendência de mecanizar a cultura da cana torna-se evidente: quando uma colhedora é adquirida pela usina, cerca de 60 a 100 operários podem ser dispensados de trabalhos de boias-frias. A requalificação desses homens se faz necessária, embora a baixa escolaridade seja um fator dificultador de novos aprendizados.

Enquanto grande parte dos trabalhadores que colhem a cana-de-açúcar manual é dispensada da lavoura, a usina necessita, devido ao seu crescimento e modernização, cada vez mais mão-de-obra especializada nos trabalhos de produção de açúcar e álcool e para lidar com os diversos maquinários da usina, como colhedoras, pulverizadores, caminhões entre outros.

Em 2007, a UNICA (2010), antevendo demissões devido à legislação estadual que restringe a queima do canavial, instituiu o projeto RenovAção juntamente com a Federação dos Empregados Rurais de São Paulo (FERA-ESP) para treinamento especializado de trabalhadores das seis maiores regiões produtoras de cana de São Paulo. Até o ano de 2012, mais de 5.700 trabalhadores foram capacitados em 30 cursos diferentes dentro e fora do setor sucroenergético.

A UNICA (2015) informa que os profissionais foram formados nas unidades do SENAI, SP, em cursos diversos como: operações de processos sucroenergéticos, caldeireiro, eletricitas e mecânicos de máquinas, entre muitos outros. Entre as matrículas realizadas e a obtenção dos certificados houve um sucesso de cerca de 90%, apenas sendo possível pela dedicação integral dos trabalhadores aos cursos, sem deixar de receber o salário mensal.

Apesar da formação de mão-de-obra ser um indicador valioso para os problemas advindos da maciça dispensa de funcionários do setor no Estado de São Paulo, é necessário obter formas de mitigar este problema, pois existem usinas que se beneficiam da mão-de-obra barata ou da falta de estímulos como legislação rigorosa quanto às queimas, dificultando a modernização.

Os empregos no setor da bioenergia variam de acordo com a região e outros fatores da cadeia de suprimento. IRENA (2011) acredita que as informações sobre requalificação possam estar incompletas, estimando que os empregos nas energias renováveis possam chegar a 3,5 milhões, e destes, 1,5 milhões sejam atribuídos aos biocombustíveis.

Os valores adicionais da produção de etanol, conforme a GEA (2012), são substanciais e frequentemente excedem os custos econômicos da produção de energia. Em diversos casos, os benefícios são tão significativos e coincidem com outras agendas, tais como de melhora da segurança energética, criação de empregos, redução da pobreza e competitividade, provendo políticas de beneficiamento para o setor.

Existe pouca informação sobre treinamento e requalificação no setor da bioenergia na Indonésia (GBEP Indonésia, 2014). Neste país se considera que o setor da bioenergia ainda acolhe grande afluência de trabalhadores, praticamente sem dispensa, não necessitando, equivocadamente, de requalificações. No relatório colombiano (GBEP Colômbia, 2014) a requalificação também não parece relevante, pois o nível de mecanização é ainda baixo na colheita, e não há significativa dispensa de trabalhadores manuais. Certamente a qualificação nestes países está relacionada a investimentos financeiros, em vez de formação continuada e permanente, mesmo com o “pouco” advento de tecnologia no setor.

Com a mecanização da lavoura de cana-de-açúcar vem a dispensa de grande parte da força de trabalho manual. Como dificilmente uma usina trata deste assunto, é comum fazer acordos, principalmente com a organização maior da cana, a UNICA.

A UNICA (2015) assegura que, desde 2009 até 2015, com o projeto RenovAção, mais de 6.650 pessoas ligadas direta ou indiretamente ao setor sucroenergético paulista obtiveram requalificação, uma fração do total dispensado. Os participantes são indicados pelas próprias usinas pertencentes à UNICA ou pelos sindicatos locais. Estes se dedicam exclusivamente aos cursos e continuam recebendo seus salários normalmente, além de receberem transporte e alimentação pelas usinas que os indicou, fazendo com que quase não haja desistências. Geralmente as oportunidades recaem sobre aqueles trabalhadores da região, do Estado de São Paulo. Os trabalhadores migrantes voltam para seus Estados.

O projeto apresenta elevados índices de recolocação dos profissionais formados, alcançando 78% dos trabalhadores (UNICA, 2015).

4.5.6. Indicador 22. Diversidade energética. Alteração na diversidade do fornecimento total de energia primária devido à bioenergia.

As diferentes fontes de energia elétrica no Brasil estão apresentadas na figura 6, nas quais 74,5% são oriundas de energia limpas (hidráulica, biomassa e eólica). Quanto à oferta total de energia, figura 7, a energia fóssil se mostra dominante com 58,6%. Entretanto, o uso de recursos derivados da cana-de-açúcar como bagaço para cogeração e o etanol no setor dos transportes, conquista uma participação de 15,7%. Os derivados da cana, juntamente com a participação da energia hidráulica (11,5%), dos recursos de madeira (8,1%) e outras renováveis (4,1%), fazem da matriz brasileira uma das mais limpas e sustentáveis do mundo, no que se refere à mitigação de Gases de Efeito Estufa.

Figura 6. Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte. Fonte: BEN, 2017.

Figura 7. Oferta Interna de Energia. Fonte: BEN, 2017.

A produção de energia do Brasil no ano de 2016 foi de 294,7 10⁶ TEP (BEN, 2017), um aumento de 2,95% em relação ao ano de 2015. O biodiesel teve uma redução de 3,5% em relação ao ano anterior, produzindo 3.801.339 m³ e o etanol hidratado registrou uma redução de 11,4%, embora o anidro tenha aumentado 1,4%.

Como pouco mais de um quarto de etanol anidro é misturada à gasolina em todo o Brasil, pode-se considerar que esta percentagem de bioenergia é ganha quando se usa, pois a tendência é não adquirir externamente o combustível fóssil, evitando a importação. O mesmo se pode considerar dos 7% de biodiesel adicionado ao diesel em quase todo o Brasil. A cogeração usando bagaço, como já mencionado anteriormente, possui quase 11 mil MW (ANEEL, 2018a) de capacidade instalada que possui ligação com a rede distribuidora (havendo diversas usinas que não são computadas pela ANEEL pela falta de conexão com a rede), e toda energia não utilizada pela usina é vendida para a concessionária distribuidora, uma alternativa complementar à geração hidroelétrica que, se for usada com caldeiras eficientes, de 80 ou mais bar, pode gerar excedentes em relativamente pouco tempo após a implantação. Dessas, 201 estão no Estado de São Paulo, gerando 5.673.564 kW (ANEEL, 2018a).

Os produtos da cana-de-açúcar englobam a cogeração de energia, etanol e açúcar, e na rubrica “outras renováveis” estão o biodiesel e a energia eólica. A energia solar praticamente não pontuou no Balanço Energético Nacional de 2017 (Tabela 34 e 35).

Tabela 33. Produção de energia primária. 10³ TEP (TOE).

FONTES	2016	%
NÃO RENOVÁVEIS	172.540	58,5
Petróleo	130.373	44,2
Gás natural	37.610	12,8
Carvão vapor	2.636	0,9
Carvão metalúrgico	0	0,0
Urânio (U3O8)	0	0,0
Outras não renováveis	1.921	0,7
RENOVÁVEIS	122.180	41,5
Energia hidráulica	32.758	11,1
Lenha	23.095	7,8
Produtos da cana-de-açúcar	50.658	17,2
Outras renováveis	15.668	5,3
Total	294.720	100,0

Fonte: BEN, 2017.

Tabela 34. Fontes utilizadas no Brasil - Fase: Operação. 2018.

Fonte	Qdade	Potência Outorgada (kW)	%
Licor Negro	18	2.542.616	17,7
Resíduos de Madeira	54	410.897	2,86
Capim Elefante	2	31.700	0,22
Biogás	19	128.851	0,9
Bagaço de Cana de Açúcar	400	11.157.935	77,68
Óleo de Palma	2	4.350	0,03
Carvão Vegetal	8	43.197	0,3
Casca de Arroz	12	45.333	0,32
Total	515	14.364.879	100

Fonte: ANEEL, 2018b.

As usinas que usam bagaço de cana de açúcar, biogás, capim elefante e casca de arroz são consideradas agroindustriais, correspondendo a 433 empreendimentos (tabela 35), e responde por 79,12% da potência outorgada, embora a ENEEL (2018a) entenda que os combustíveis provenientes da biomassa são: Agroindustriais (como descritos); Biocombustíveis líquidos (etanol e óleos vegetais); Florestal (carvão vegetal, gás de alto forno – biomassa, lenha, licor negro, resíduos florestais); Resíduos Animais (biogás); Resíduos Sólidos Urbanos (biogás e carvão).

As usinas estudadas produzem toda a energia elétrica necessária no fabrico do etanol e do açúcar e uma delas ainda vende grandes quantidades para a concessionária de energia. A venda de bagaço também é um ativo financeiro importante nas usinas, como mencionado na tabela 30.

4.5.7. Indicador 23. Infraestrutura e logística para distribuição da bioenergia. Quantidade e capacidade de rotas para os sistemas críticos de distribuição, relacionado com uma avaliação da proporção de bioenergia associada com cada um deles.

Embora 22 Estados brasileiros produzam etanol combustível, na tabela 36 estão listados apenas os Estados com maiores produção de cana-de-açúcar e, conseqüentemente, de etanol. Estes Estados necessitam encontrar formas de escoar sua produção para os centros distribuidores e portos exportadores aos mais baixos custos.

Tabela 35. Produção de cana-de-açúcar e etanol dos maiores Estados produtores para a safra de 2017/2018.

	Cana-de-açúcar (mil t)	%	Etanol (mil l)	%
Mato grosso do Sul	49.794,30	7,83%	2.811.797,00	10,40%
Goiás	70.036,30	11,02%	4.512.152,70	16,68%
Minas Gerais	64.634,60	10,17%	2.707.716,30	10,01%
São Paulo	346.999,90	54,59%	12.611.195,30	46,63%
Total dos 4 Estados	531.465,10	83,62%	22.642.861,30	83,72%
Brasil	635.595,70	100%	27.047.512,40	100%

Fonte: CONAB, 2017.

De acordo com a CONAB (2011), o consumo esperado de combustível para veículos tipo *flexfuel* para o ano de 2020 será de 49,9 milhões de m³ de etanol, sem mencionar quantias usadas para exportação ou para outros fins. A quantidade de biodiesel produzida no ano de 2015 foi de 3.937.269 m³, 15% acima do ano anterior. Estes produtos devem ser encaminhados para o mercado consumidor, interno ou externo.

O etanol anidro é misturado à gasolina A, produzida nas refinarias e nas centrais petroquímicas, para formulação da gasolina C automotiva. A ANP (2017) relata que foram comercializados 11,6 milhões de m³ em 2016. Já para o etanol hidratado, a quantidade comercializada totalizou 14,6 milhões de m³ em 2016. Todas as regiões do Brasil apresentaram decréscimo nas vendas, sendo que o Brasil apresentou redução de 18,34% de 2015 para 2016. O Sudeste respondeu por 70,8% do mercado nacional em 2016, com vendas de 10.325,86 mil m³, registrando redução de 13,76% frente ao ano de 2015. Das 130 distribuidoras de etanol no Brasil, apenas três respondem por 52,74%: BR, Ipiranga e Raízen.

Em 2016, foram comercializados 43.019 mil m³ de gasolina C, 4,57% a mais do que no ano anterior; embora o óleo diesel tenha sofrido uma redução de 5,13% nas vendas em relação ao ano de 2015, comercializado 54.279 mil m³.

A ANP (2017) informa ainda que, 45,8% da revenda de combustíveis se dividiram entre três das 94 bandeiras atuantes: BR, com 33,5% de participação, Ipiranga com 21,9% e Raízen com 16,8%. Postos revendedores que operam com “bandeira branca”, que podem ser abastecidos por qualquer distribuidora, tiveram participação de 40,9% em 2016.

Em relação à produção de energia elétrica, a ANEEL (2018b) relata que o país possui pouco mais de 11 GW de potência instalada para ser movimentada com biomassa. São caldeiras, em sua maioria de baixa potência, até 21 bar (UNICA, 2011), embora as usinas que possuem caldeiras mais modernas, chegando a 99 bar, vendam seu excedente de energia para a concessionária estadual que possui redes interligadas em todo o Brasil.

Para o PECEGE (2014), é um fato que a cogeração de energia usando o bagaço da cana faz com que as usinas sucroalcooleiras brasileiras sejam autossuficientes em energia elétrica. Apesar disso, existem grandes diferenças entre a geração de kWh por tonelada de cana entre as usinas, fazendo com que seja possível separá-las em classes. Algumas usinas utilizam tecnologias pouco adequadas para geração, produzindo até 40 kWh/t de bagaço de cana-de-açúcar, impossibilitando a venda para as concessionárias. Outras, conhecidas como *retrofit*, produzem de 40 a 80 kWh/t enquanto as mais modernas produzem mais de 80 kWh/ton. Este diferencial tecnológico permite maiores receitas média por tonelada de cana processada, situando-se em R\$ 3,23 por tonelada nas *retrofit* e R\$ 4,34 t nas consideradas modernas, para a safra de 2013/2014, um aumento médio de 34%.

As usinas que adquiriram mais cana-de-açúcar na safra de 2013/2014 utilizaram mais eficientemente sua capacidade instalada, bem como aquelas que comercializaram eletricidade nas safras de 2012/2013 e 2013/2014, obtendo receitas adicionais que permitiram reduzir seus passivos financeiros, contrabalançando com os resultados negativos, naquelas cujos custos foram maiores que os obtidos com a venda de açúcar e etanol, diz o PECEGE (2014).

Assim, ao readaptar suas caldeiras para produzir mais energia com a mesma quantidade de bagaço queimado, as usinas tornam-se mais lucrativas e o Estado pode aproveitar a energia excedente, evitando construir mais unidades geradoras. Entretanto, há outros exemplos de desperdício pelo Brasil: alguns parques eólicos em três Estados no nordeste, Ceará, Bahia e Rio Grande do Norte ainda não possuem rede de transmissão para enviar energia às residências e empresas, embora os moinhos geradores já estejam funcionando, diz a ABE (2018).

Para a interligação da usina cogeneradora à rede da concessionária, com finalidade de venda de energia, complementação ou reserva de capacidade, a sucroalcooleira deverá observar a viabilidade técnica, econômica e legal. A maioria das cogeneradoras usa a energia produzida internamente, na própria usina, sem excessos para comercializar. A venda ou consumo remoto do excedente da energia elétrica produzida por uma usina cogeneradora exige que esta se conecte aos sistemas de transmissão da concessionária, obedecendo às normas estabelecidas pela ANEEL, obrigando aos usuários a termos contratuais de conexão e de uso dos sistemas de transmissão ou de distribuição, bem como a efetuarem estudos, projetos e a execução das instalações de uso exclusivo e de conexão com o sistema elétrico da concessionária (BARJA, 2006).

Se os cenários do Ministério da Agricultura (MAPA, 2018a) para a produção de etanol no Brasil para 2025 se concretizarem, serão 45 milhões de m³. Mesmo que este montante não se concretize, é praticamente certa a tendência de crescimento da produção. Parte desse produto deve ser exportada e o etanol deve chegar aos portos brasileiros de forma rápida e com os menores custos. As grandes distâncias das usinas para os terminais de exportação são motivos de custos maiores. Dos transportes de carga no Brasil, 62% são feitos por rodovias e os custos são mais altos quando comparados com ferrovias (24% do total transportado) e com hidrovias (14% do total). Estes modais apresentavam custos de frete de 34, 21 e 12 dólares por tonelada por mil km rodados, respectivamente.

No entanto, o CGEE (2009) afirma que 90% do transporte de combustíveis renovável em 2007 eram feitos por rodovias, método incompatível para o país continental que pretende comercializar 54 bilhões de m³ em 2030 (MAPA, 2018a). Para melhorar o escoamento do etanol, um duto foi construído nas áreas que concentram, logisticamente, maior produção de etanol.

A figura 8 mostra a logística de captação do etanol desde o Estado de Goiás, fronteira do Mato Grosso do Sul e Minas Gerais por um etanolduto. Das usinas, o etanol segue por caminhões-tanque até os diversos terminais. Em Mato Grosso do Sul o biocombustível segue de Presidente Epitácio e Aparecida do Taboado até a cidade paulista de Araçatuba e depois para Anhembi por hidrovias e até Paulínia por dutos. Em seguida, para os terminais

portuários de São Sebastião, SP e Ilha d'Água, RJ. São 1.300 km de dutos, 700 km de hidrovias e 15 terminais de coleta e capacidade para transportar 20 milhões de m³ por ano, com benefícios ambientais, econômicos e de segurança.

A LOGÍSTICA INTEGRADA

Figura 8. Sistema logístico multimodal de etanol. Fonte: Transpetro (2018).

Algumas grandes usinas produtoras de etanol como a Copersucar, Cosan, Petrobrás, ETH bioenergia e outras menores formaram a Empresa Logum Logística (GOLDEMBERG et al., 2014) para construir e operar um grande duto com capacidade para 21,8 bilhões de litros por ano, quando estiver totalmente em operação.

De acordo com a Logum Logística (2018), empresa responsável pelas obras, os dutos em operação são os trechos entre Uberaba e Ribeirão Preto e deste até Paulínia, bem como de Paulínia a Barueri e de Paulínia a Guararema e deste até Guarulhos. De Guararema até o porto de Ilha D'Água, no Rio de Janeiro, também se encontra pronto para operação. O custo de transporte é estimado em um oitavo do custo do transporte por caminhões.

O relatório do GBEP Indonésia (2014) apresenta casos curiosos devido à produção do óleo de palma em ilhas distantes das usinas beneficiadoras e a necessidade de escoamento da produção. Existem dificuldades em conseguir transportes no meio das ilhas para levar o produto até o porto, os caminhões são velhos, em más condições, poluidores. As estradas geralmente são de terra e há portos relativamente rasos, dificultando as cargas em determinados níveis de maré. Isso tudo encarece a produção de biodiesel, embora a mão de obra seja relativamente barata.

As usinas estudadas afirmam que 100% do escoamento do etanol é por modal rodoviário.

A energia elétrica gerada na usina por cogeração é distribuída pela rede da concessionária.

4.5.8. Indicador 24. Capacidade e flexibilidade do uso da bioenergia. Taxa de capacidade para o uso de bioenergia em comparação com o uso por cada rota significativa de utilização; taxa de capacidade flexível a qual pode ser usada a bioenergia ou outras fontes energéticas frente à capacidade total.

O crescimento do potencial de oferta de energia elétrica (MW médio) para o Estado de São Paulo, desde 2015, numa perspectiva até o ano de 2035 e seu respectivo aumento, é apresentado na tabela 37. Apesar de as considerações de crescimento para a cogeração pela queima do bagaço serem boas, os valores triplicam em menos de 20 anos. Embora os aumentos da cogeração por bagaço sejam menores que os aumentos da geração por energia eólica, gás natural e pelos resíduos sólidos urbanos, considera-se que esta oferta será a principal de São Paulo, com o dobro da oferta da energia hidráulica. Os derivados da cana, já são responsáveis por 25% de toda a energia consumida no Estado de São Paulo (SEM, 2017).

Tabela 36. Evolução da oferta de energia elétrica (MW) para os anos especificados. São Paulo.

	2015	2020	2025	2030	2035	Cresc/to
Bioeletricidade - cana	5.823	8.661	11.191	14.307	17.232	195,93%
Resíduos florestais	723	881	1.045	1.227	1.431	97,93%
Resíduos Sólidos urbanos	14	74	154	259	391	2.692,86%
Biogás de aterro	72	86	110	133	157	118,06%
Cogeração a gás natural	608	961	1.259	1.564	1.895	211,68%
Termelétricas a Gás Nat.	1.268	2.048	2.548	2.548	2.548	100,95%
Eólica	76	152	274	381	457	501,32%
Hidráulica	7.753	8.000	8.214	8.344	8.344	7,62%

Fonte: SEM (2011). – Cresc/to = Crescimento de 2035 em relação a 2015.

O Estado de São Paulo possui grande capacidade instalada de geração de energia como apresentado na tabela 38. Nem sempre estas geradoras estão aptas a funcionar, seja por falta de matéria-prima (água), seja por custos altos (derivados de petróleo), mesmo que possam poluir pouco mais que as demais geradoras.

Tabela 37. Capacidade Nominal Instalada no Estado de São Paulo. 2016.

	São Paulo		Brasil	
	Unidades	MW	Unidades	MW
Hidroelétrica	125	14.869	1.244	98.017
Termelétrica	884	8.192	2.924	41.046
Fotovoltaica	6	1,1	42	23
Eólica	1	0,002	414	10.440
Nuclear	0	0	2	1.990
Total	1.016	23.062,1	4.626	151.516

Fonte: SEM (2017).

Apesar de a capacidade instalada ser 15,2% do total da Brasil, o Estado de São Paulo gerou, em 2016, 67.414 GWh, tendo recebido de outros Estados 78.101 GWh. No ano de 2016, o Brasil enfrentou uma crise econômica que se refletiu grandemente no setor produtivo do Estado, reduzindo seus requerimentos energéticos: o petró-

leo apresentou decréscimo de 10,1%, o carvão metalúrgico 98,6%, lenha com 5%, o uso do bagaço de cana apresentou redução de 1,9% e o caldo de cana de 13%. Ainda assim, a oferta de energias renováveis na oferta Interna Bruta de Energia foi de 60,8% com ênfase para os derivados de cana e hidráulica. Apenas a energia da queima do bagaço representa 52% das energias primárias renováveis e 45,2% da produção de energia primária do Estado de São Paulo (SEM, 2017).

A tendência do uso de biocombustíveis, nomeadamente etanol, é grande no Brasil, como a aprovação do Renovabio no congresso faz crer. Praticamente todos os países possuem interesse em misturar etanol em sua gasolina para melhorar o rendimento do combustível nos motores e para substituir os aditivos fósseis e poluidores como o chumbo e o Éter Metil Terc-butilico (MTBE) como explanado por Coelho e Guardabassi (2014).

Como já comentado, mais de 89% dos automóveis leves vendidos no Brasil são *flexfuel* (ANFAVEA, 2017), permitindo o consumo direto de etanol nos tanques. A gasolina comum e aditivada no Brasil é misturada com etanol anidro. A tendência é que carros *flex* continuem a ser vendidos cada vez em maior quantidade no Brasil e que a demanda de etanol, anidro e hidratado, aumente.

O biodiesel produzido no Brasil é proveniente, principalmente, da soja (69,2%) e do sebo bovino (17%) e sua produção se reduziu em 3,45% de 2016 em relação ao ano de 2015. O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de biodiesel, com 1,1 milhão de m³ (28,3% do total nacional), seguido pelo Estado de Mato Grosso, com 818,7 mil m³ (21,5% do total) (ANP, 2017). Atualmente, a quantidade de biodiesel misturada no diesel convencional é de 7%, com tendência a aumentar. A capacidade produtiva das usinas de biodiesel em funcionamento no Brasil está ociosa em 40% e, segundo a ANP (2016), existem novas plantas autorizadas para construção e ampliação, significando que o Brasil pode dobrar sua capacidade sem incorrer em grandes investimentos, seja em tecnologia ou infraestrutura.

Embora a produção do biodiesel ainda seja mais caro que o diesel de petróleo, há incentivos em sua produção objetivando o desenvolvimento da pequena agricultura e para evitar emissões de GEE. Entretanto, aumentos do consumo dos biocombustíveis não estão apenas relacionados com os custos ao consumidor, mas a melhores informações e publicidade a um combustível 100% nacional que promove empregos e desenvolve a agricultura, bem como mitigador de emissões de GEE.

Tanto o relatório do GBEP Indonésia (GBEP, 2014) quanto o do GBEP Colômbia (GBEPCOLÔMBIA, 2014) anunciam que não existem veículos *flexfuel* nestes países, usando, assim, o etanol e o biodiesel como aditivos aos combustíveis convencionais. Estes países podem duplicar a produção de biodiesel (Colômbia) ou, no caso da Indonésia, triplicar a produção, sem maiores investimentos no setor.

Em 2016, os produtos da cana foram responsáveis por 17,5% da oferta interna bruta de energia, atrás apenas do petróleo e derivados com 36,5%. O gás natural foi responsável por 12,3% e a hidráulica e eletricidade com 12,6% (BEN, 2017).

Segundo a ANEEL (2018c) existem 116 usinas termelétricas com capacidade de produção de 9.226 MW de energia elétrica ligadas a rede nacional, dos quais 6.850,6 são movimentadas com combustíveis fósseis e 2.375,4 MW com biomassa. As usinas de biomassa por bagaço de cana são acionadas sempre que existe o combustível disponível, nas safras de cana. As demais usinas de etanol produzem, pelo menos, a própria energia. As demais usinas “movidas” a bagaço tem sua energia comprometida com autoprodução ou no ambiente de contratação livre, ou ainda não possuem compromisso firmado para a energia do empreendimento e estão em busca de viabilidade, negociando a energia em leilões.

Segundo o BEN (2017) o Brasil exportou 1.789 mil m³ de etanol em 2016, embora tenha comprado (importação) 835 mil m³, tendência que se repetirá neste ano de 2018. Em 2017 esperam-se importações de 1,8 bilhão de litros e em 2018 projeta-se a mesma quantidade. Grande parte deste etanol importado deve ficar nos Estados do norte e nordeste, já que as usinas do centro-sul possuem pouco aumento da capacidade de produção e o consumo dos Estados do Centro-sul tem aumentado devido à vantagem competitiva do etanol frente a gasolina (NOVACANA, 2018f).

4.6. Algumas conclusões dos indicadores das usinas

Apesar de este trabalho ser um epítome dos aspectos mais importantes dos indicadores de sustentabilidade do GBEP/FAO, na tabela 39, oferece-se um apanhado gráfico destes indicadores.

Tabela 38. Aceitação dos indicadores, indicando sua sustentabilidade.

Indicadores GBEP (Resumo)	Usina 1		Usina 2	
	12/13	13/14	12/13	13/14
Safra				
Indicadores Ambientais				
1. Ciclo das emissões dos GEE				
2. Qualidade do solo				
3. Colheita de recursos de madeira	-----	-----	-----	-----
4. Emissão de poluentes não GEE				
5. Uso da água e eficiência				
6. Qualidade da água				
7. Diversidade biológica				
8. Uso da terra e mudança do uso da terra				
Indicadores Sociais				
9. Posse da terra para bioenergia				
10. Fornecimento da cesta básica nacional				
11. Alteração na renda pela bioenergia				
12. Empregos no setor de bioenergia				
13. Tempo gasto na coleta de biomassa	-----	-----	-----	-----
14. Acesso a serviços modernos de energia				
15. Doenças por fumaça em ambiente fechado	-----	-----	-----	-----
16. Incidência de acidentes ocupacionais	Sem inf.	Sem inf.	Sem inf.	Sem inf.
Indicadores Econômicos				
17. Produtividade				
18. Balanço líquido de energia				
19. Valor bruto acrescentado por bioenergia				
20. Consumo de combustíveis fósseis	-----	-----	-----	-----
21. Requalificação da força de trabalho				
22. Diversidade energética				
23. Infraestrutura de distribuição de bioenergia				
24. Capacidade de uso da bioenergia				

Fonte: Informação das usinas.

Legenda: --- Sem relevância Sustentáveis Insustentáveis Em transição
Sem inf. = Sem informação das usinas

Como usinas possuidoras de selo de certificação, é patente sua excelência e boas práticas em quase todos os indicadores de sustentabilidade. O único parâmetro considerado insustentável é passível de falta de informações. As duas usinas estudadas não repassaram informações a respeito dos estudos e dos tratamentos dados à fauna e flora das proximidades das usinas. Não se obteve informações sobre peixes, aves ou qualquer tipo de mamífero ou réptil das fazendas, bem como da flora. Certamente as usinas mitigam sua pequena e insuficiente área de reserva legal, em outras áreas autorizadas. Caso contrário, estariam ferindo a legislação ambiental e teriam seus EIA-RIMA recusados, bem como teriam dificuldade em obter os certificados de sustentabilidade para melhor exportar seu produto.

Segundo Neves (2018), a sustentabilidade pode auxiliar investimentos no setor sucroenergético por ser estratégico para o mundo no que se refere ao equilíbrio climático e à redução de poluentes. Para Coelho e Goldemberg (2013) as usinas do Estado de São Paulo, principalmente, têm adotado políticas que garantem a sustentabilidade do etanol, nos aspectos econômico, ambiental e social. O pilar Ambiental tem papel importante na arrecadação de capitais no exterior, pois é vitrine brasileira de boas práticas do agronegócio promovendo a consolidação da sustentabilidade. O pilar Social é o mais importante para o Brasil, pois diz respeito às populações diretamente afetadas pela bioenergia e os diversos *stakeholders*. Baseando-se nos três pilares, podem-se propor algumas conclusões:

4.6.1. Pilar Ambiental

Ao reduzir as emissões de GEE e de outros poluentes em todo o mundo com o uso de etanol e a quase total extinção das queimadas, principalmente dos canaviais, o Brasil se torna interessante como um país que cumpre as metas ambientais mundiais propostas como o acordo de Paris, melhorando sua aceitação como um bom local para se investir;

As grandes áreas com plantações de cana-de-açúcar indicam uma cultura única, uso de fertilizantes e defensivos agrícolas. Mas o fato de existir usinas de açúcar e álcool há mais de 200 anos no Estado de São Paulo é um indicativo de que o solo deve ainda estar em estado adequado para manter as lavouras de cana e foi bem cuidado, mantendo níveis bons/ótimos de matéria orgânica e nutrientes, bem como as boas práticas para o uso da água nas redondezas;

De acordo com as informações das Usinas estudadas e dos seis EIAs-RIMA que se teve acesso, a biodiversidade é um parâmetro que deve ser dado mais importância pelas demais usinas, bem como as áreas de preservação ambiental. As áreas de monocultura são grandes, com média de 46 mil hectares por fazenda (ver tabela 4), fazendo com que diversos exemplares de aves, répteis, mamíferos entre outros tenham dificuldade de adaptação, abandonando o local;

Para sanar o único indicador que o trabalho considera problemático, é importante a manutenção de áreas terceiras, de preferência no mesmo Estado de São Paulo, de posse da usina ou sob sua tutela, que conserve a diversidade, como aprovado por lei específica.

4.6.2. Pilar Social

Embora países como os EUA tenha o preço do milho aumentado devido ao uso desse grão na produção de etanol, isso não se verificou no Brasil, nem na Argentina ou Colômbia (COELHO e GOLDEMBERG, 2013), relacionando que o aumento nas áreas da plantação de cana-de-açúcar não impacta nos preços dos alimentos;

A inflação brasileira, de 2003 até 2016, foi de 134% (BANCO CENTRAL, 2017), inferior aos aumentos da cesta básica de alimentos (168%) no mesmo período e semelhante aos aumentos do etanol (155%), embora os aumentos no salário mínimo, 368%, tenham aparentemente compensado, justificando que os aumentos dos alimentos não são decorrentes da tomada de áreas improdutivas para o plantio da cana-de-açúcar;

Quando uma usina sucroenergética se instala no município a região se desenvolve (NEVES e CASTRO, 2013; CNI, 2017), melhorando as relações dos proprietários de terra com seus interesses e aumentando a renda e a geração direta de empregos locais, além de desenvolver diversos novos comércios, concluindo que a qualidade e a quantidade dos empregos aumentam;

Por estarem localizadas em zonas rurais, as usinas contribuem para melhorar o acesso à energia elétrica;

Os impostos adicionais podem promover o desenvolvimento social, do empreendedorismo, distribuição de renda e melhorar a inserção social nas cidades associadas às usinas.

4.6.3. Pilar econômico

A cana-de-açúcar possui o melhor balanço energético das culturas usadas (milho, beterraba, cereais, mandioca entre outros) para a produção de biocombustíveis, praticamente “cria”, através da cogeração, a própria energia— eletricidade, calor e combustível líquido e é considerada a cultura com menores custos de produção (COELHO e GOLDEMBERG, 2013);

Os resultados das pesquisas no setor sucroalcooleiro, pelas universidades e instituições correlatas, indicam aumentos da produtividade e, conseqüentemente, aumenta o valor bruto acrescentado por bioenergia e o balanço líquido de energia;

A alteração da mão de obra de colhedores manuais boias-frias para trabalho com maquinarias (colheitadeiras, tratores, caminhões etc.) entre outras melhoras do setor, exige a requalificação do trabalhador, mesmo que seja para dispensá-lo, pois quando entra uma colheitadeira na usina, cerca de 80 trabalhadores boias-frias, principalmente colhedores manuais de cana, são dispensados, dando lugar a trabalhadores com mais anos de estudo;

A geração de valores, no que tange ao desenvolvimento da indústria ligada ao setor sucroalcooleiro e outras secundárias, setor imobiliário, setor agrícola (pesquisa de mudas e variedades de cana, melhores fertilizantes, defensivos biológicos entre outros) aumentam o PIB brasileiro;

Ao agregar valores às exportações de etanol e açúcar e reduzir importações nacionais de petróleo, gasolina e eletricidade, as usinas favorecem a balança comercial;

Com o desenvolvimento das usinas e o aumento de seu número, a arrecadação de impostos (municipal, estadual e federal) aumenta o que propicia o desenvolvendo do meio rural e a manutenção do homem no campo;

A produção de etanol do Estado de São Paulo, na safra de 2017/2018 foi de 12,6 bilhões de litros (CONAB, 2017), 46,6% da produção brasileira. No Estado paulista, o transporte desse combustível para os pontos de distribuição e para os portos exportadores é feito, em grande parte, por dutos. Por exemplo, a Copersucar (2018), usina produtora de açúcar e álcool, transportou 41% de sua produção (quase 500 mil m³) por dutos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um número crescente de países desenvolve sua produção de combustíveis renováveis, inclusive os bio-combustíveis, oriundos de matérias-primas plantadas para esta finalidade. São mais áreas de terra plantada, com variedades especialmente desenvolvidas e adaptadas para determinado tipo de região, para climas e tipos de solos específicos, principalmente no Brasil. São mais usinas com grande quantidade de tecnologia de produção associada, são mais maquinários que necessitam de pessoal especializado e, infelizmente, muitas vezes, ocorre alguma degradação ambiental e alteração da biodiversidade.

Os 24 indicadores do GBEP permitem monitorar estes e outros parâmetros de sustentabilidade em todo o mundo, informando aos tomadores de decisões as condições sociais, ambientais e econômicas do setor da bioenergia, nem que seja apenas regionalmente e momentaneamente, para que discutam e implementem políticas de sustentabilidade de âmbito geral.

Os objetivos desse trabalho foram discutir o tema da sustentabilidade e a sustentabilidade das usinas sucroalcooleiras no Estado de São Paulo; aplicar os indicadores do GBEP/FAO as usinas do Estado de São Paulo e oferecer um diagnóstico sobre o estado da sustentabilidade à luz dos indicadores de GBEP/FAO.

A dificuldade na obtenção de respostas aos pedidos de cooperação das usinas fez com que se optasse por trabalhar apenas com duas dessas.

A relevância e originalidade desse trabalho estão na contribuição de aplicar os indicadores do GBEP/FAO pela primeira vez no Brasil, apresentando dados preliminares que contribuem para avaliar a capacidade dos países ou de governos regionais de medir a sustentabilidade da bioenergia e sugerir medidas de incentivo e fiscalização. A grande abrangência do tema e sua complexidade fazem com que cada indicador possa ser ampliado e estudado separadamente. Após algum tempo de vigência, os indicadores podem ser reavaliados, verificando sua relevância, como já vem sendo feito pela Alemanha e Holanda, no âmbito do GBEP.

Como um negócio altamente rentável pelas dimensões, mas arriscado por ser uma questão estratégica para o país e, dessa forma, sujeito a ingerências governamentais, a cogeração e os combustíveis líquidos são parte importante da matriz energética brasileira. A necessidade de ser sustentável é imperiosa, abrangendo, sempre, os três pilares.

Conforme a região, diferentes logísticas são usadas para escoar a produção: barcas, trens e/ou caminhões. Em locais com mais condições e possibilidades de investimentos ou mais modernos, há etanodutos, reduzindo bastante os custos de transporte.

Na região estudada (no entorno de Ribeirão Preto e Sertãozinho especificamente, mas também no Estado de São Paulo e também em grande parte do país), o Brasil apresentou dados de profissionalismo na produção da matéria-prima do etanol e em sua produtividade. A tecnologia associada oferece variedades de cana adaptada às regiões, até mesmo em termos de determinados períodos mensais de máxima produção de ATR, para que toda a cana não “amadureça” ao mesmo tempo e possa ser colhida ao longo de toda a safra; o setor também disponibiliza maquinário específico para corte, transporte, transbordo e separação do caldo da cana, bem como na produção e concentração de etanol.

Como empresas responsáveis, as usinas estudadas ofereceram seus dados para estudos detalhados neste trabalho. Poucas usinas resolveram correr este risco. Em todo caso não se recebeu informações sobre acidentes laborais nem sobre a biodiversidade associada à plantação de cana. Não seria correto fazer associações com as outras

161 usinas do Estado de São Paulo, pois a quantidade de empresas estudada foi pequena. Em todo caso, destaca-se a falta de dados sobre as áreas de reserva legal das usinas estudadas, que, em pelo menos uma delas, se considera reduzida em relação à legislação vigente, levando este trabalho a considerar que a área informada para abrigar a mata ciliar de rios, riachos e nascentes e a biodiversidade é insuficiente, fazendo acreditar que o indicador é insustentável ou que está em transição, em fase de adequação pela usina.

Países que já realizaram o teste piloto com os indicadores relatam as dificuldades de avaliar o indicador 7, sobre a biodiversidade. A Argentina (GBEP ARGENTINA, 2015) reconhece que durante as últimas décadas perdeu partes importantes de ecossistemas relacionados à produção de matéria-prima para a fabricação de biocombustíveis, principalmente no norte do país, embora não possua dados confiáveis para aferir o indicador, como propõe a metodologia do GBEP/FAO. A Colômbia (GBEP COLOMBIA, 2014) acusa falta de dados, embora reconheça a importância do indicador e a Indonésia (GBEP INDONÉSIA, 2014) informa que áreas de alto valor de biodiversidade (áreas de alto valor para conservação), convivem e se sobrepõem em mais de 90% com plantação de palma. A cultura de palma necessita de pesticidas e fertilizantes e estes são usados em grande quantidade neste país. Carreados pelas chuvas, são encontrados em rios perto das plantações, principalmente o fosfato fertilizante que é localizado nas águas em quantidades que excedem as recomendadas pela lei nacional vigente. Os nitratos também são usados pelos pequenos proprietários e amostras encontradas em veios hídricos indicam quantidades três vezes maiores que o máximo permitido.

Pelos dados fornecidos pelas duas usinas, como observado anteriormente, tanto o material particulado como os óxidos de nitrogênio estão abaixo da quantidade máxima aceitável.

Conclui-se que os problemas com a biodiversidade não se resumem às usinas produtoras de biocombustíveis brasileiras, é um problema de vários países. Embora não exista informação específica na literatura, sente-se que os problemas do pilar econômico estão em primeiro lugar no interesse dos dirigentes, seguidos pelo pilar social e o ambiental, embora haja muita inter-relação entre eles.

Dificuldades no setor ocorrem, naturalmente, quando existe má gestão, embora todas as empresas dos demais setores sofram com isso. As ingerências governamentais no setor deixam os empresários preocupados em aumentar futuros investimentos. Ou quando o Governo Federal insiste em manipular mercados e subsidiar a gasolina como em finais de 2014, meses antes das eleições presidenciais, em que o preço do etanol ficou “achatado”. Devido ao seu poder calórico é compensador abastecer o veículo quando o preço do álcool é 70% do valor da gasolina ou menor. Com o preço da gasolina estacionado o preço do etanol não poderia sofrer reajustes para cima, embora o valor do álcool variasse conforme o andamento da safra, e a Petrobrás, principal empresa responsável pela produção e distribuição da gasolina amargasse prejuízos devido aos baixos preços dos combustíveis fósseis.

O etanol de cana-de-açúcar é o que proporciona o mais alto balanço energético das matérias-primas usadas para tal. O etanol de milho apresenta balanços energéticos tão baixos que alguns autores questionam sua viabilidade (SEARCHINGER et al., 2008; GIAMPIETRO e MAYUMI, 2009), bem como o etanol oriundo de beterraba e do trigo, com balanços pouco mais altos que o milho e bem menores que o da cana-de-açúcar. Além do balanço energético, é importante comentar as emissões de GEE por parte das diferentes matérias-primas. Com a redução drástica ou término da queima da cana antes da colheita, esta cultura se mostra a melhor na produção de biocombustíveis para a mitigação de GEE.

Apesar de problemas sociais que ocorrem em outros Estados brasileiros como os do nordeste com seus trabalhadores migrantes, pode-se argumentar que a produção de etanol nos Estados do sudeste, principalmente em São Paulo, possui diversas práticas condizentes com os indicadores de sustentabilidade do GBEP:

- a. O reduzido consumo de água por tonelada de cana processada, próximo de meio metro cúbico, atingindo-se a meta proposta pela UNICA e pelo Estado de São Paulo;
- b. Falta de necessidade de irrigação da plantação na região centro oeste (COELHO e GUARDA-BASSI, 2014), as novas áreas de plantio de cana são tomadas de pastos de gado, virtualmente sem desmatamento;
- c. A mitigação das emissões de GEE devido à captação desses gases pela fotossíntese quando do crescimento da planta;
- d. A substituição de parte dos combustíveis fósseis;
- e. Não há relação direta entre os preços altos dos alimentos e a produção dos biocombustíveis, como defendido por Moraes e Zilberman (2014).

Zuurbier e Vooren (2008) questionam se existe especulação nos preços, se os recursos naturais e os preços básicos dos alimentos estão vinculados ou se o governo limitou os investimentos na produção dos alimentos, na estocagem dos grãos ou infraestrutura de transportes, embora isso não se verificasse enquanto do período desse trabalho. Pode-se concluir que o etanol é bom para o ambiente, bom para as áreas rurais, permite melhorar a base tecnológica agrícola e é bom para a economia do Brasil, reduzindo a dependência de petróleo importado.

Um dos pontos fracos da produção de biocombustíveis é que, se o mundo duplicar ou triplicar sua produção, usando as boas práticas agrícolas e de industrialização, com todos os recursos de sustentabilidade conhecidos, ainda necessitaria de duplicar a quantidade de terras usadas na produção da matéria-prima, certamente usando matérias-primas outras que não apenas a cana-de-açúcar, ainda assim seria pouco em relação às necessidades mundiais. Goldemberg et al. (2017) dizem que a produção mundial de etanol precisa crescer em cerca de 58% até 2022 para substituir 10% da gasolina.

Na tabela 40, compara-se a quantidade de energia consumida por alguns países incluindo as renováveis, que aparecem agrupadas, mostrando a pequena parcela que estas representam. A Alemanha, apesar de sua vontade em consumir biocombustíveis e energias sustentáveis como eólica, consegue que a participação das renováveis atinja 10% do total, ou 11,7% se se considerar a hidroeletricidade. A percentagem de renováveis em todo o mundo está em torno de 2,45% ou 9,25% se se adicionar a hidroeletricidade (tabela 40), apesar da REN21 (2017) considerar que o total de renováveis consumidos em 2015 foi de 19,3 %, sendo 9,1% de biomassa tradicional e 10,2% de modernas energias renováveis que correspondem a hidroeletricidade, energia das ondas, geotérmica, solar e eólica.

O Brasil, sem computar a hidroeletricidade, consegue participação de 5,2%. Ainda assim, o consumo de energia no Brasil deve crescer bastante, acompanhando o suposto crescimento econômico dos próximos anos. Com quase 210 milhões de habitantes, praticamente dois terços da população norte-americana, o Brasil consome menos de 13% da energia consumida nos EUA, e menos do que a Alemanha, com seus 85 milhões de habitantes.

Tabela 39. Consumo de energia de alguns países em milhões de TEP. Para o ano de 2014.

	Petróleo	Gás Natural	Carvão	Energia Nuclear	Hidroeletricidade	Renováveis	% Renováveis	Total
USA	836,1	695,3	453,4	189,8	59,1	65,0	2,8	2.298,7
Alemanha	111,5	63,8	77,4	22,0	4,6	31,7	10,2	311,0
Indonésia	73,9	34,5	60,8	—	3,4	2,2	1,3	174,8
Colômbia	14,5	9,8	4,2	—	10,1	0,2	0,5	38,8
Brasil	142,5	35,7	15,3	3,5	83,6	15,4	5,2	296,0
Mundo	4.211,1	3.065,5	3.881,8	574,0	879,0	316,9	2,4	12.928,4

Fonte: BP, 2015.

As energias renováveis tem grande potencial de crescimento e, conforme o preço do petróleo sobe, mais investimentos recebem. Devem, portanto, aumentar nos próximos anos em todo o mundo.

De acordo com o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar – ZAEcana, Manzatto et al. (2009), descrevem que o Brasil pode chegar a usar 64 milhões de hectares, cerca de 7,5% do território nacional, sem promover desmatamentos, bem além dos 9 milhões de ha usados para a produção de etanol e açúcar.

O futuro para os biocombustíveis produzidos de forma sustentável parece promissor e espera-se que a área da cultura da cana-de-açúcar cresça no Brasil mais de sete vezes nos próximos 22 anos, mas, como um trabalho que aborda a sustentabilidade, deve-se questionar se este grande aumento será suficiente, pois na ocasião que isso ocorrer, certamente haverá mais interesse em biocombustíveis e áreas menos nobres poderão ser avaliadas como adequadas para aumentar o cultivo da cana ou outra cultura como o milho, que já possui fábricas de produção de etanol desse grão no Brasil. Assim, se faz necessário pensar em limites para o crescimento, mesmo que seja para os biocombustíveis.

Os demais estudos que tiverem interesse em usar este trabalho como ponto de apoio ou aprofundá-lo, podem dedicar-se a um ou a vários dos tópicos mencionados a seguir, pois dizem respeito a inquietudes e cuidados pelo futuro do planeta e do Brasil:

Usar apenas um pilar da sustentabilidade do GBEP/FAO e aprofundá-lo, questionando possibilidades de aumentar as boas práticas do indicador e como a empresa poderia executá-lo com excelência;

Promover estudos (entrevistas) comparativos com o setor gerencial (econômico) das usinas sobre as práticas do pilar ambiental e social e observar o que ocorre na prática e os porquês;

Até que ponto os responsáveis pelas usinas estão dispostos a levar a sustentabilidade dos biocombustíveis para evitar os GEE e mitigar problemas sociais, em relação aos avanços econômicos de sua empresa ou de seu grupo empresarial no desbravamento de novas áreas para o cultivo da cana ou do uso de agrotóxicos, disposição de vinhaça ou de práticas ambientais pouco corretas, mas economicamente eficazes;

Como no teorema de Pareto, o princípio do 80/20 é uma possibilidade de estudo, tem-se que 20% dos indicadores são mais usados e/ou mais importantes e/ou dentro do escopo ou área do pesquisador, os mais relevantes. Determiná-los e aprofundá-los para o caso do Brasil, pois os indicadores do GBEP/FAO são reconhecidos e usados por dezenas de países;

Esta tese não estuda as inclinações do GBEP/FAO de como os indicadores foram desenvolvidos. Entretanto, muitos países nos quais se questionam os indicadores são pobres e sofrem com problemas de coleta de biomassa para aquecimento e cocção, além de problemas de saúde causados por fumaça dentro de casa. A determinação de se considerar indicadores mais específicos e indicados para determinados locais de estudos e faz interessante.

REFERÊNCIAS

- ABE. Associação Brasileira de Energia Eólica. Disponível em <<<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/559-energia-e-%C3%B3lica-%C3%A9-desperdi%C3%A7ada-por-falta-de-linhas-de-transmiss%C3%A3o-no-ne.html>>>. Acesso em: 08 jan. 2018.
- AEAT. Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho. **AEAT 2015**. Ministério da Fazenda. vol. 1 Brasília: MF, 2015.
- AEPS. **Anuário Estatístico da Previdência Social/Ministério do Trabalho e Previdência Social**, Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social. Brasília: MTPS/DATAPREV, 2016.
- AGRONEGÓCIOS. **Os desafios das colhedoras de cana**. Disponível em <<<http://www.agron.com.br/publicacoes/noticias/veiculos-e-maquinas/2014/02/21/038436/os-desafios-das-colhedoras-de-cana.html>>>. Acesso em: 07 jan. 2018.
- ALMEIDA, E. F. de; BOMTEMPO, J. V.; SOUZA e SILVA, C. M. de. **The performance of Brazilian biofuels: an economic, environmental and social analysis**. Biofuels OECD/ITF, 2008. p. 151–188.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. Brasília: ANA, 2012.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em <<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>>. Acesso em: 22 mar. 2018a.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em <<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelPorClasse.cfm?Classe=Biomassa.>>>>>. Acesso em: 22 mar. 2018b.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **São 116 usinas produzindo 9.226 MW, dos quais 6.850,6 são movimentadas com combustíveis fósseis e 2.375,4 MW com biomassa**. Disponível em <<<http://www.aneel.gov.br/documents/655816/0/Relat%C3%B3rio+de+Acompanhamento+da+Implanta%C3%A7%C3%A3o+de+Empreendimentos+de+Gera%C3%A7%C3%A3o+N+08+Agosto+2016/66db2a31-f7a0-47cd-81cc-d0bb6b93e08b?version=1.0>>>. Acesso em: 22 jan. 2018c.
- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2017**. São Paulo: ANFAVEA, 2017.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em <<www.anp.gov.br>>. Acesso em: 08 jan. 2018a.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim do Etanol N°01/2014. Fev.** Superintendência de Refino, Processamento de Gás Natural e Produção de Biocombustíveis, SRP. 2014.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim do Etanol N°09/2017. Fev.** Superintendência de Refino, Processamento de Gás Natural e Produção de Biocombustíveis, SRP. 2017a.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2017**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: ANP, 2017b.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim do Etanol N°05/2015 Outubro**. Disponível em <<<http://www.anp.gov.br/?pg=77899&m=etanol&t1=&t2=etanol&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1445116271032>>>. Acesso em: 13 jan. 2018b.

- ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Consumo de combustíveis no Brasil subiu 0,4% na comparação entre 2017 e 2016**. Disponível em << <http://www.anp.gov.br/wwwanp/noticias/4334-consumo-de-combustiveis-no-brasil-subiu-0-4-na-comparacao-entre-2017-e-2016>>>. Acesso em: 09 mar. 2018c.
- ARIEDI JUNIOR, Vagner Roberto; MIRANDA, José Roberto. **Combustão do bagaço da cana-de-açúcar, autossuficiência energética e carbono neutro**. VII Workshop de Agroenergia. Ribeirão Preto, SP. 05 e 06 de junho de 2013.
- BANCO CENTRAL brasileiro. Disponível em <<<https://www.bcb.gov.br/Pec/metase/TabelaMetaseResultados.pdf>>>. Acesso em: 06 dez. 2017.
- BANCO MUNDIAL. Disponível em << <http://databank.worldbank.org/>>>. Acesso em: 13 jan. 2018.
- BANERJEE, Onil; MACPHERSON, Alexander J.; ALAVALAPATI Janaki. **Toward a Policy of Sustainable Forest Management in Brazil: A Historical Analysis**. The Journal of Environment & Development. May 12, 2009.
- BARBOSA, Valmir. Ciclos biogeoquímicos como subsídio para a sustentabilidade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2007.
- BARJA, Gabriel de Jesus Azevedo. **A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Mecânica. Brasília, 2006.
- BEATTIE, Alan. **Falsa economia: uma surpreendente história econômica do mundo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010.
- BEN. **Balanco Energético Nacional 2017: Ano base 2016 / Empresa de Pesquisa Energética**. – Rio de Janeiro: EPE, 2017.
- BENTO, Camila Bolfarini; FILOSO, Solange; PITOMBO, Leonardo Machado; CANTARELLA, Heitor; ROSSETTO, Raffaella; MARTINELLI, Luiz Antonio; CARMO, Janaina Bragado. **Impacts of sugarcane agriculture expansion over low-intensity cattle ranch pasture in Brazil on greenhouse gases**. Journal of Environmental Management. Volume 206, 15 January 2018, Pages 980-988.
- BERNARDES, Marco Aurélio dos Santos. (Ed.) **Economic effects of biofuel production**. Rijeka, Croatia: InTech, 2011.
- BEZERRA, Sandro Augusto; CANTALICE, José Ramon Barros. **Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 30, 2006.p. 565-573.
- BIOCANA. Associação de produtores de açúcar, etanol e energia. **Estão acabando com o fornecedor de cana**. Disponível em: <<<http://www.biocana.com.br/index.php/noticia/visualizar/estao-acabando-com-o-fornecedor-de-cana-diz-tomaz-pereira-da-assoave>>>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- BIOFUEL DIGEST. **Biofuels Mandates Around the World 2018**. Disponível em: <<<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/01/01/biofuels-mandates-around-the-world-2018/5/>>>. Acesso em: 22 fev. 2018.
- BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Taxa de Juros de Longo Prazo – TJLP**. Disponível em: <<<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/custos-financeiros/taxa-juros-longo-prazo-tjlp>>>. Acesso em: 17 mar. 2018.
- BONSUCRO. Disponível em <<<http://cert-id.com.br/certification/bsi-better-sugar-cane-initiative/>>>. Acesso em: 13 abr. 2018a.

- BONSUCRO. **Padrão de Produção Bonsucro**, Bonsucro UE - Versão 3.0 Março 2011. Disponível em <<www.bonsucro.com>>. Acesso em: 13 jan. 2018b.
- BP. **Statistical Review of World Energy**. June 2015. Disponível em <<<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>>>. Acesso em: 13 jan. 2018.
- BRASIL. **Aumento do etanol na gasolina foi precedido por estudo**. Disponível em <<<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/03/aumento-do-etanol-na-gasolina-foi-precedido-por-um-estudo-entenda>>>. Acesso em: 30 jan. 2018.
- CAGED. Cadastro Geral de Empregados e Desempregados. **Tabela Brasil: Evolução do Emprego por Setor de Atividade Econômica**. 2016. Disponível em <<<http://portal.mte.gov.br/portal-pdet>>>. Acesso em: 28 mar. 2018.
- CALFUCOY, Paulina. **The Brazilian experience in building a sustainable and competitive biofuel industry**. Wisconsin International Law Journal. Vol. 30, N° 3. 2013. p. 558-594.
- CANAL RURAL. **Pequenos produtores têm dificuldades em aderir à mecanização da colheita de cana**. Disponível em <<<http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/pequenos-produtores-tem-dificuldades-aderir-mecanizacao-colheita-cana-26367>>>. Acesso em: 04 jan. 2018a.
- CANAL RURAL. **Produção de etanol deve bater recorde na safra 2018/2019**. Disponível em <<<http://www.canalrural.com.br/noticias/rural-noticias/producao-etanol-deve-bater-recorde-safra-2018-2019-71676>>>. Acesso em: 08 mar. 2018b.
- CANAVIEIROS, Revista. **Gestão ainda explica boa parte dos problemas do segmento**. Disponível em <<<http://www.revistacanaieveiros.com.br/conteudo/gestao-ainda-explica-boa-parte-dos-problemas-do-segmento>>>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- CAPITANI, Daniel Henrique Dario; GOMES, Marcel de Souza; WALTER, Arnaldo Cesar da Silva; LEAL, Manoel Regis Lima Verde. **Condições de trabalho na atividade canavieira brasileira**. Revista de Política Agrícola. Ano XXIV – N° 2 – Abr./Maio/Jun. 2015. P. 64-77.
- CARVALHO, Luiz Carlos Corrêa de. Evolution of the sugarcane industry in the São Paulo State. IN CORTEZ, Luís A. B. (Coord.), **Bioetanol de Cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blücher, 2010. P. 53 – 62.
- CASTRO, Orlando Melo de. O papel dos centros de pesquisas estaduais de São Paulo na inovação tecnológica em bioenergia. In: CORTEZ, Luís A. B. (Coord.). **Bioetanol de Cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**, São Paulo: Blücher, 2010. p. 63–71.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Açúcar/perspec. 2018: maior produção em 2017/18 deve reverter cenário de déficit global**. Disponível em <<<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/acucar-perspec-2018-maior-producao-em-2017-18-deve-reverter-cenario-de-deficit-global.aspx>>> Acesso em: 04 mar. 2018b.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Indicador Semanal Etanol Hidratado CEPEA/ESALQ: Combustível - Estado de São Paulo**. Disponível em <<<http://cepea.esalq.usp.br/etanol/>>> Acesso em: 12 fev. 2018a.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em <<<http://cetesb.sp.gov.br>>> Acesso em: 19 jan. 2018.

- CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília, DF: CGEE, 2009.
- CHERUBIN, Roberto Maurício. **Soil quality response to land-use change for sugarcane expansion in Brazil**. Tese. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2016.
- CMMAD. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. 2º ed. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Getúlio Vargas. 1991.
- CNAE. Classificação Nacional de Atividades Econômicas. **Quantidade de acidentes do trabalho, por situação do registro e motivo**. Ministério da Previdência Social. Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho. Brasília: MPS, 2013.
- CNI, Confederação Nacional da Indústria. **O setor sucroenergético em 2030: dimensões, investimentos e uma agenda estratégica** / Marcos Fava Neves; Felipe Gerardi; Rafael Bordonal Kalaki; Renata Gali. – Brasília: CNI, 2017.
- COCHET, Yves. **Pétrole apocalypse**. Paris, France: Fayard, 2005.
- COELHO, Suani Teixeira. **Application of sustainability indicators of the Global Bioenergy Partnership (GBEP) in ethanol mills in the State of São Paulo, Brazil**. Disponível em <<
<http://www.iee.usp.br/gbio/?q=application-sustainability-indicators-global-bioenergy-partnership-gbep-ethanol-mills-state-s%C3%A3o>>> Acesso em: 23 mar. 2018.
- COELHO, Suani Teixeira; GOLDEMBERG, J. Global Energy Policy: A view from Brazil. Cap. 18. In **The Handbook of Global Energy Policy**, 1º ed. Andreas Goldthau. John Wiley & Sons, 2013. p. 457-476.
- COELHO, Suani Teixeira; GUARDABASSI, Patrícia. Brazil: Ethanol. Chap. 3. In **Sustainable Development of Biofuels in Latin America and the Caribbean**. Ed. Barry D. Solomon, Robert Bailis. New York, USA: Springer, 2014.
- COELHO, Suani Teixeira; SANCHES-PEREIRA, Alessandro. Utilização de resíduos de biomassa como fonte de energia para melhorar o acesso à energia e atividade econômica em regiões com baixo IDH do Brasil e Colômbia: o projeto BREA. BIOMASSA BR. Revista brasileira de biomassa e energia, n. 21, p.18-20, 2015.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. – v. 1, Safra 2013/2014 N.2. Segundo levantamento – Intenção de plantio. Brasília: Conab, Nov., 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. – v. 3, Safra 2015/2016 N.7. Sétimo Levantamento. Brasília: Conab, Abr., 2016.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – V.4. Safra 2017/18, N.3, Terceiro levantamento. Dez, 2017. Brasília, 2017.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – V.2. Safra 2015/16, N.3, Terceiro levantamento. Dez, 2015. Brasília, 2015.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – V.3. Safra 2016/17, N.2, Segundo levantamento. Ago., 2016. Brasília, 2016.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – V.1. Safra 2014/15, N.2, Segundo levantamento. Ago., 2014. Brasília, 2014.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. – Safra 2013/14, primeiro levantamento. Abr., 2013. Brasília, 2013a.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Geração Termoeletrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-açúcar no Brasil: Análise do Desempenho da Safra 2009-2010**. Brasília: Conab, 2011.

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Os fundamentos da crise do setor sucroalcooleiro no Brasil:** Superintendência de Informações do Agronegócio. 2º ed. Abr. Brasília: Conab, 2010.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil.** V. 5 Safra 2011/2012. Brasília: Conab, 2013b.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 315, de 29 out. 2002. DOU Nº 224, de 20 nov. 2002, Seção 1, p. 90-92.
- COPERSUCAR. Comercialização e logística. Disponível em << <http://www.copersucar.com.br/comercializacao-e-logistica/> <http://cepea.esalq.usp.br/etanol/>>> Acesso em: 27 jan. 2018.
- CORTEZ, Luís A. B. (Coord.), **Bioetanol de Cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blücher, 2010.
- DALE, Virginia H.; EFROYMSON, Rebecca A.; KLINE, Keith L.; DAVITT, Marcia S. **A framework for selecting indicators of bioenergy sustainability.** Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons, Ltd. Biofuels, Bioproducts & Biorefining, 2015.
- DALE, Virginia H.; EFROYMSON, Rebecca A.; KLINE, Keith L.; LANGHOLTZ, Matthew H.; LEIBY, Paul N.; OLADOSUA, Gbadebo A.; DAVISA, Maggie R.; DOWNING, Mark E.; HILLIARD, Michael R. **Indicators for assessing socioeconomic sustainability of bioenergy systems:** A short list of practical measures. Ecological Indicators 26. 2013. p. 87–102.
- DALY, Herman E.; COBB J. B. **For the Common Good.** Boston, Massachusetts: Beacon Press, 1989.
- DALY, Herman E.; TOWNSEND, Kenneth N. **Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics.** Massachusetts Institute of Technology. MIT Press: 1993.
- DEUSS, Annelies. **The Economic Growth Impacts of Sugarcane Expansion in Brazil: An Inter-regional Analysis.** Journal of Agricultural Economics. Volume 63, Issue 3. September 2012. p. 528–551.
- DIAZ-CHAVEZ, Rocio; MORESE, Maria Michela; COLANGELI, Marco; FALLOT, Abigail; MORAES, Marcia Azanha F.D. de; OLÉNYI, Sebastian; OSSEWEIJERE Patricia; SIBANDA, Lindiwe Majele; and MAPAKO, Maxwell. Social Considerations. Cap. 15. In SOUZA, Glaucia Mendes; VICTORIA, Reynaldo L.; JOLY, Carlos A.; VERDADE, Luciano M. (ed.). **Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps.** Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). São Paulo, 2015. Pp. 528-553.
- DIEESE. Cesta Básica. **Cesta Básica de Alimentos.** Disponível em: <<<https://www.dieese.org.br/analisecestabasica/2017/201712cestabasica.pdf>>>. Acesso em: 14 jan. 2018a.
- DIEESE. **Metodologia.** Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/metodologia/metodologiaCestaBasica.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2018b.
- DIEESE. **Salário mínimo nominal e necessário.** Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/analisecestabasica/salarioMinimo.html>>. Acesso em: 14 jan. 2018c.
- DIRECTIVA. DIRECTIVA 2009/28/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 Abr. de 2009. Disponível em: <<http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/pt/eu/eu212pt.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- DRUCKER, Peter. **A gestão numa época de grande mudança.** Difusão Cultural: Lisboa, 1995.
- EIA COSAN. Estudo de Impacto Ambiental. **Cosan S.A. açúcar e álcool:** Filial Ipaussu. Arcadis Tetraplan S/A. Estudo apresentado ao Consema, Secretária de Estado de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Ipaussu, SP, 2011.

- EIA GUARANI. Estudo de Impacto Ambiental. **Açúcar Guarani S.A.** Unidade Industrial Cruz Alta. Olímpia, SP. TN Ambiental Engenharia Química S/S Ltda. Piracicaba, SP, 2011.
- EIA IPIRANGA. Estudo de Impacto Ambiental. **Ipiranga Agroindustrial S.A.** Unidade Mococa/SP. TN Ambiental Engenharia Química S/S Ltda. Piracicaba, SP, 2015.
- EIA RAÍZEN. Estudo de Impacto Ambiental. **Raízen Paraguaçu S.A.** Unidade Paraguaçu Paulista/SP. Conam – Consultoria Agrícola e Ambiental LTDA. Piracicaba, SP, 2012.
- EIA SÃO MANOEL. Estudo de Impacto Ambiental. **Usina Açucareira São Manoel S.A.** TN Ambiental Engenharia Química S/S Ltda. Estudo apresentado ao Consema, Secretária de Estado de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Piracicaba, SP, 2010.
- EIA TONON. Estudo de Impacto Ambiental. **Tonon bioenergia S.A.**: Filial Santa Cândida. Bocaina, SP. PRO-AMB – Ambiental. Projetos Ambientais, 2010.
- EM. Jornal Estado de Minas. **Usinas de álcool aproveitam bagaço para ampliar produção de eletricidade.** Disponível em: <<http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2014/05/12/internas_economia,527706/usinas-de-alcool-aproveitam-bagaco-para-ampliar-producao-de-eletricidade.shtml/>>. Acesso em: 14 jan. 2018.
- EMBRAPA. **Controle biológico da broca da cana-de-açúcar.** (Folder). Disponível em: <<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/903788/1/brocacana.pdf/>>>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- EMBRAPA. **Sugarcane Agroecological Zoning:** To expand production, preserve life, and ensure a future. Disponível em: <<<https://www.iea.org/media/technology/platform/workshops/brazilnov2014/AgroecologicalZoningofAgroenergeticCultures.pdf/>>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Brasil. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030:** Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: EPE, 2007.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Brasil. **RenovaBio:** Biocombustíveis 2030. Nota Técnica: Papel dos biocombustíveis na matriz. Rio de Janeiro: EPE, 2017.
- ESALQ. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. **Ciência do solo.** Disponível em: <<<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lso/coleta.htm> />>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- FAO. Food and Agriculture Organization. **Suport to Countries.** Disponível em: <<http://www.fao.org/energy/81497/en/>> Acesso em: 09 de jan. 2018.
- FAOSTAT. **Fao Statistics Division.** Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>> Acesso em: 14 jan. 2018.
- FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Um futuro com energia sustentável: Iluminando o caminho. São Paulo: FAPESP; Amsterdam: InterAcademy Council; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. 2010.
- FERNANDES, Daniela. Disponível em: <<<http://www.bbc.com/portuguese/internacional-42046977> >>. Acesso em: 21 fev. 2018.
- FERRACIOLI, Karina Guimarães. **O papel das certificações ambientais no setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo.** Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - ESALQ. Piracicaba: ESALQ, 2013.

- FERRACIOLI, Karina Guimarães; JACOMINI, Rafael Lopes; MARQUES, Pedro Valentim. **Certificados ambientais e o setor sucroalcooleiro paulista**. Revista da política agrícola. Ano XXII. N° 3. Jul./Ago./Set. 2013. 2013. p 96-109.
- FOUST, Thomas D.; ARENT, Doug; MACEDO, Isaias de Carvalho; GOLDEMBERG, José; HOYSALAD, Chanakya; FILHO, Rubens Maciel; NIGRO, Francisco E. B.; RICARDE, Tom L.; SADDLERF, Jack; SAMSETHG Jon; and SOMERVILLEH, Chris R. Energy Security. In SOUZA, Glauca Mendes; VICTORIA, Reynaldo L.; JOLY, Carlos A.; VERDADE, Luciano M. (ed.). **Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps**. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). São Paulo, 2015.
- FREITAS, Silene Maria de. RAMOS, Rejane Cecília. **RenovaBio: pros e contras**. Instituto de Economia Agrícola. Análises e Indicadores do Agronegócio V. 12, N° 12, dezembro 2017.
- GARCIA, Juan Carlos Claros. **Emissão de gases de efeito estufa na obtenção do etanol de cana-de-açúcar: uma avaliação considerando diferentes cenários tecnológicos em Minas Gerais**. Tese. Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 2011.
- GBEP Argentina. **Estudio Piloto: Indicadores GBEP de sustentabilidad de la bioenergia en Argentina**. Centro Ideas. Universidad Nacional de San Martín: 2015 (?).
- GBEP Colombia. **Pilot Testing of GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy in Colombia**. Climate, Energy and Tenure Division (NRC) 59.FAO, 2014.
- GBEP Indonesia. **Pilot Testing of GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy in Indonesia**. Climate, Energy and Tenure Division (NRC) 60.FAO, 2014.
- GBEP. Global Bioenergy Partnership. **Indicators for Bioenergy**. 1st Ed. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) Climate, Energy and Tenure Division. 2011.
- GEA. Global Energy Assessment. **Toward a sustainable future**. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2012.
- GIAMPIETRO, Mario; MAYUMI, Kozo. **The biofuel delusion: The fallacy of large-scale agro-biofuel production**. 1st ed. London, UK: Earthscan, 2009.
- GILIO, Leandro. **Análise dos impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós. Piracicaba, 2015.
- GILIO, Leandro; MORAES, Márcia Azanha F.D. **Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: A spatial dynamic panel approach**. Energy Economics Volume 58, August 2016, P. 27-37.
- GIRARDI, Eduardo Paulon. **Proposição teórico-metodológica de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia Presidente Prudente, SP, 2008.
- GO. Goiás. **Redução gradativa da queima da palha de cana**. Disponível em: <<
http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/2006/lei_15834.htm>>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- GOLDEMBERG José; COELHO, Suani Teixeira; GUARDABASSI, Patrícia. **The sustainability of ethanol production from sugarcane**. Energy Policy 36. 2008. p. 2086–2097.
- GOLDEMBERG, José. **Ethanol Summit 2011: Brasil pode dominar mercado de etanol até 2020, diz ex-ministro**. Disponível em: <<<http://m.g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2011/06/brasil-pode-dominar-mercado-de-etanol-ate-2020-diz-ex-ministro.html?menu=5eb31164aba62b7>>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

- GOLDEMBERG, José; COELHO Suani Teixeira; GUARDABASSI, Patrícia; NASTARI, Plínio Mário. **Bioethanol from Sugar: The Brazilian Experience**. In Meyers, R.A. (ed.) Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer Science+Business Media New York, 2017.
- GOLDEMBERG, José; COELHO, Suani T.; NASTARI, Plínio M.; and GUARDABASSI, Patrícia. Production and Supply Logistics of Sugarcane as an Energy Feedstock. In: **Sustainable Bioenergy Production**. Lijun Wang ed. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton Fl. USA. 2014.
- GRANBIO. Disponível em: <<http://www.granbio.com.br/>>. Acesso em: 14 jan. 2018.
- GRFA. Global Renewable Fuels Alliance. Disponível em: <<http://globalrfa.org/news-media/>>. Acesso em: 29 jan. 2018.
- GURUNG, Anup; EUN OH, Sang. **Conversion of traditional biomass into modern bioenergy systems: A review in context to improve the energy situation in Nepal**. Renewable Energy. Elsevier. Volume 50, February, P. 206-213. 2013.
- HARTMANN, Thom. The last hours of ancient sunlight: The fate of the world and what we can do before it's too late. Three Rivers Press, New York, New York, USA. 2004.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PIB avança 1,0% em 2017 e fecha ano em R\$ 6,6 trilhões**. Disponível em: <<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/20166-pib-avanca-1-0-em-2017-e-fecha-ano-em-r-6-6-trilhoes.html>>> Acesso em: 30 mar. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Síntese de Indicadores Sociais: Uma análise das condições de vida da população brasileira**. Rio de Janeiro, 2016.
- IEA. International Energy Agency. Technology Roadmap. Delivering Sustainable Bioenergy. OECD/IEA. 2017.
- IEASP. Instituto de Economia Agrícola. **Estatísticas da Produção Paulista**. Disponível em: <<http://ciagri.ica.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>> Acesso em: 18 jan. 2018.
- IMAFLORA - Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola. **Evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (1970-2013): setor agropecuário**. São Paulo: Observatório do Clima, 2015.
- INDEXMUNDI. Disponível em: <<<https://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de-mercado/?mercadoria=petr%C3%B3leo-bruto-brent&meses=60>>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC, Cambridge, U.K. and New York, NY: Cambridge University Press, 2014.
- IRENA. International Renewable Energy Agency. **IRENA Working Paper: Renewable Energy Jobs: Status, Prospects & Policies**. Biofuels and grid-connected electricity generati, 2011.
- JACKSON, Tim. **Prosperity without growth: Economics for finite planet**. Washington, DC: Earthscan, 2009.
- JORNALCANA. **Descaso com etanol extingue 300 mil vagas**. Disponível em: <<<http://www.jornalcana.com.br/descaso-com-etanol-extingue-300-mil-vagas-diz-consultor/>>>. Acesso em: 14 abr. 2018.
- KENNEY, Kevin L.; SMITH, William A.; GRESHAM, Garold L. & WESTOVER, Tyler L. **Understanding biomass feedstock variability**, Biofuels, 4:1, 2013. p. 111-127.

- LANDELL, Marcos G. A.; PINTO, Luciana R.; CRESTE, Silvana; CHABREGAS Sabrina M.; BURNQUIST, Wilian L. Roadmap tecnológico para o etanol: Componente melhoramento genético e biotecnologia. In: CORTEZ, Luís A.B. (Coord.), **Sugarcane bioethanol: R&D for productivity and sustainability**, São Paulo: Blücher, 2010. p. 883-907.
- LEAL, Manoel Regis L.V.; NOGUEIRA, Luiz A. Horta; CORTEZ, Luís A.B. **Land demand for ethanol production**. Applied Energy 102, 2013. p. 266–271.
- LEAL, Manoel Regis L.V.; VALLE, Teresa L.; FELTAN, José C.; CARVALHO, Cássia R. L. Outras Matérias-primas para a produção de etanol. In: CORTEZ, Luís A.B. (Coord.). **Bioetanol de Cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**, São Paulo: Blücher, 2010. p. 519–539.
- LEI nº 13.033. **Adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm#art4>>. Acesso em: 07 abr. 2018.
- LOGUM. Sistema Logístico Multimodal de Etanol. Disponível em: <<http://www.logum.com.br/php/o-sistema-logum.php>>> Acesso em: 14 jan. 2018.
- LOPES, Celso J. R. **Comparando as emissões de gases de efeito estufa nas etapas da cadeia produtiva do etanol brasileiro**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de transportes. São Paulo, 2012.
- LSPA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. **Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, v.29 n.10. IBGE: Out. 2015. p.1-79.
- MACEDO, Isaías C.; SEABRA, Joaquim E. A. **Mitigation of GHG emissions using sugarcane bioethanol**. In ZUURBIER, Peter; VOOREN, Jos van de (ed.). **Sugarcane ethanol: Contributions to climate change mitigation and the environment**. Netherlands: Wageningen Academic, 2008.
- MANZATTO, Celso Vainer; ASSAD, E. D.; BACA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M.(Org.). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/agroenergia/estatistica>>. Acesso em: 14 jan. 2018a.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas e Dados Básicos de Economia Agrícola**. Secretaria de Política Agrícola Departamento de Economia Agrícola. Coordenação Geral de Análises Econômicas. OUT./2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Pasta%20de%20Outubro%20-%202015.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2018b.
- MARTINELLI, Luiz A.; GARRETT, Rachael; FERRAZ, Silvio; NAYLOR, Rosamond. **Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: Evidence from the state of São Paulo**. Agricultural Systems 104. Elsevier: 2011. p. 419–428.
- MAZUR, Laura; MILES, Louella. **Conversas com os mestres da sustentabilidade**. São Paulo: Gente Ed., 2010.
- MCBRIDE, Allen C.; DALE, Virginia H.; BASKARAN, Latha M.; DOWNING, Mark E.; EATON, Laurence M.; EFROYMSON, Rebecca A.; GARTEN Jr., Charles T.; KLINE, Keith L.; JAGER, Henriette I.; MULHOLLAND, Patrick J.; PARISH, Esther S.; SCHWEIZER, Peter E.; STOREY, John M. **Indicators to support environmental sustainability of bioenergy systems**. Ecological Indicators 11, 2011. p. 1.277–1.289.

- MEADOWS, Donella; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. **Limites do crescimento**: a atualização de 30 anos. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.
- MELLO, Francisco F. C.; CERRI, Carlos E. P.; DAVIES, Christian A.; HOLBROOK, N. Michele; PAUSTIAN, Keith; MAIA, Stoécio M. F.; GALDOS, Marcelo V.; BERNOUX, Martial; and CERRI, Carlos C. **Payback time for soil carbon and sugar-cane ethanol**. Nature Climate Change, Macmillan Publishers Limited. Vol. 4, July 2014. P. 606-609.
- MIT. Massachusetts Institute of Technology. Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Food, Water, Energy and Climate Outlook. Cambridge, MA. USA. 2016.
- MME. Ministério de Minas e Energia. **Luz para Todos**. Disponível em: <<https://www.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp>>. Acesso em: 24 jan. 2018a.
- MME. Ministério de Minas e Energia. **Renovabio**. Disponível em: <<<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>>>. Acesso em: 05 mar. 2018b.
- MORAES, Márcia Azanha F. D. **O mercado de trabalho da agroindústria canavieira**: desafios e oportunidades. Economia Aplicada, São Paulo, v. 11, n. 4, Out-Dez. 2007. p. 605-619.
- MORAES, Márcia Azanha F. D.; COSTA, Cinthia Cabral; GUILHOTO, Joaquim J. M.; SOUZA, Luiz Gustavo A.; Oliveira, Fabíola C. R. Externalidades sociais dos combustíveis. In SOUZA, Eduardo e MACEDO, Isaías. **Eta-nol e Bioeletricidade**: A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. São Paulo: Luc proj. de Comunicação, 2010.
- MORAES, Márcia Azanha F. D.; ZILBERMAN, David. **Production of Ethanol from Sugarcane in Brazil**: From State Intervention to a Free Market. Fapesp/Springer. Vol. 43. 2014.
- MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias; OLIVEIRA, Fabíola Cristina Ribeiro; DIAZ-CHAVEZ, Rocio A. **Socio-economic impacts of Brazilian sugarcane industry**. Environmental Development. 16. 2015. p. 31-43.
- MS. Mato Grosso do Sul. Lei nº 3.357 de 09/01/2007. **Redução gradual da queima da palha da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=138274>>>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- MT. Mato Grosso. **Eliminação gradativa da queima da palha da cana**. Disponível em: <<<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/7295811/pg-30-diario-oficial-do-estado-do-mato-grosso-doemt-de-15-01-2008>>>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- NARDY, Vanessa; GURGEL, Angelo Costa. **Impactos da liberalização do comércio de etanol entre Brasil e Estados Unidos sobre o uso da terra e emissão de CO₂**. Nova Economia. Belo Horizonte 23 (3), 2013.
- NETO, André Elia. **Gestão dos Recursos Hídricos na Agroindústria Canavieira**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwicq_SLjqfjAhVFL5AKHbCzD4QQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unica.com.br%2Fdownload.php%3FidSecao%3D17%26id%3D36411019&usq=AFQjCNE6JCbiYf3PxetmvUjSktjYreAm8Q&sig2=bvYKDmRKgYdNCANeLSrkXg>>. Acesso em: 14 jan. 2018.
- NETTO, Antonio Delfin. In ARNT, Ricardo. (Org.) **O que os economistas pensam sobre sustentabilidade**. Ed. 34. São Paulo: 2010. Pp. 11-31.
- NEVES, Marcos Fava. **Caminhos da Cana**. Sertãozinho, SP: Canaoeste, 2014.
- NEVES, Marcos Fava. **Sector de Cana em 2030 – RenovaBio**. Disponível em: <<<https://www.youtube.com/watch?v=D9sKGi9ArRs&t=818s>>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

- NEVES, Marcos Fava; CASTRO, Rogerio. A. O. **Indústria da cana**: Vetor de desenvolvimento. Agroanalysis, Julho de 2013.
- NEVES, Marcos Fava; TROMBIN, Vinicius Gustavo (Coord.). **A dimensão do setor Sucroenergético**: mapeamento e quantificação da safra 2013/14. Ribeirão Preto: Markestrat, Fundace, FEA-RP/USP, 2014.
- NOTICIASAGRICOLAS. **Milho: USDA confirma redução na área plantada nos EUA e mercado sobe mais de 2% nesta 5ª na CBOT**. Disponível em: <<<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/milho/210860-milho-usda-confirma-reducao-na-area-plantada-nos-eua-e-mercado-sobe-mais-de-2-nesta-5-na-cbot.html#.Wr1lnS7wYe4>>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- NOVACANA, Jornal. **ANP revela que 7 novas usinas de etanol podem ser construídas no Brasil**. Disponível em: <<<http://www.novacana.com/n/industria/usinas/anp-revela-7-novas-usinas-etanol-construidas-brasil-090914/>>>. Acesso em: 17 jan. 2018a.
- NOVACANA, Jornal. **As 13 usinas que inauguraram potência nova de cogeração em 2015**. Disponível em: <<<http://www.novacana.com/n/cogeracao/mercado/13-usinas-inauguraram-potencia-nova-cogeracao-261115/>>>. Acesso em: 17 jan. 2018b.
- NOVACANA, Jornal. **Brasil continua sendo principal destino do etanol dos EUA: exportações batem recorde em 2017**. Disponível em: <<<https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/importacao/brasil-principal-destino-etanol-eua-exportacoes-recorde-2017-050318/>>>. Acesso em: 29 mar. 2018h.
- NOVACANA, Jornal. **Cana-energia, a revolução sucroenergética está começando**. Disponível em: <<<http://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-201015/>>>. Acesso em: 17 jan. 2018c.
- NOVACANA, Jornal. Disponível em: <<<https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/importacao/eua-exportar-grande-volume-etanol-brasil-2018-taxa-platts-091117/>>>. Acesso em: 23 jan. 2018f.
- NOVACANA, Jornal. **Governo da Califórnia confirma etanol celulósico da GranBio como o mais limpo do mundo**. Disponível em: <<<https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/governo-california-confirma-etanol-celulosico-granbio-limpo-mundo-281014/>>>. Acesso em: 17 jan. 2018d.
- NOVACANA, Jornal. **Pequenos produtores têm dificuldades em aderir à mecanização da colheita de cana**. Disponível em: <<<https://www.novacana.com/n/cana/colheita/pequenos-produtores-dificuldades-aderir-mecanizacao-colheita-cana-211013/>>>. Acesso em: 17 jan. 2018e.
- NOVACANA, Jornal. **Safra de cana 18/19 no centro-sul será “certamente” menor que 17/18, diz Canaplan**. Disponível em: <<<https://www.novacana.com/n/cana/safra/safra-cana-18-19-centro-sul-menor-canaplan-140318/>>>. Acesso em: 28 mar. 2018g.
- NOVACANA, Jornal. **Setor sucroenergético mostra avanços tecnológico e ambiental, diz presidente da Siamig**. Disponível em: <<<https://www.novacana.com/n/cana/mercado/setor-sucroenergetico-avancos-tecnologico-ambiental-presidente-siamig-050617/>>>. Acesso em: 06 mar. 2018f.
- OLIVEIRA, Ariovaldo Umbelino de. **Atlas da Terra Brasil 2015**, CNPq/USP. São Paulo, 2015.
- OLIVEIRA, Marli Dias Mascarenhas; NACHILUK, Katia. **Custo de produção de cana-de-açúcar nos diferentes sistemas de produção nas regiões do estado de São Paulo**. Informações Econômicas, SP, v.41, n.1, Jan. 2011.
- OMETTO, Aldo Roberto. Environmental analyses on biofuels: the case of the Brazilian fuel ethanol. In **Agroenergy and sustainability**. REGITANO D'ARCE, M. A. B. VIEIRA, Thais M. F. S. ROMANELLI, Thiago L. São Paulo: Edusp, 2010. p. 129-151.

- OPEC. Organization of the Petroleum Exporting Countries. **Monthly Oil Market Report**. Vienna, Austria: OPEC, Jan. 2018.
- OPEC. Organization of the Petroleum Exporting Countries. **World Oil Outlook 2040**. Vienna, Áustria: OPEC. 2017.
- PECEGE. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade no Brasil**: fechamento da safra 2013/2014. Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Piracicaba: USP, ESALQ, 2014.
- PÉREZ, Mario Alejandro; PEÑA, Miguel Ricardo; ALVAREZ, Paula. **Agro-industria cañera y uso del agua: análisis crítico en el contexto de la política de agrocombustibles en colombia**. Ambiente & Sociedade. Campinas V. XIV, n° 2 p. 153 -178. jul.-dez. 2011.
- PETROBRÁS, Petróleo Brasileiro S.A. **Saiba o que produzimos com cada barril de petróleo**. Disponível em: << <http://fatosedados.blogspotpetrobras.com.br/2014/01/27/saiba-o-que-produzimos-com-cada-barril-de-petroleo/>>> Acesso em: 09 jan. 2018.
- PIACENTE, Fabrício José. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental**: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Dissertação. Instituto de Economia, Campinas, SP: UNICAMP, 2005.
- PIMENTEL, David; PIMENTEL, Marcia H. **Food, Energy and society**. 3° ed. Boca Raton, Fl. USA. CRC: Press, 2008.
- POPP, J.; LAKNER, Z.; HARANGI-RÁKOS, M.; FÁRI, M. **The effect of bioenergy expansion**: Food, energy, and environment. Renewable and Sustainable Energy Reviews 32, 2014. p. 559–578.
- POVEDA, Manuel Moreno Ruiz. **Análise econômica e ambiental do processamento da vinhaça com aproveitamento energético**. Dissertação. Instituto de Energia e Ambiente. USP. São Paulo: USP, 2014.
- PREVITALI, Noemi Rafaela. **Uso de vinhaça para fertirrigação**. TCC. Curso de Tecnologia em Biocombustíveis. Araçatuba, SP: Faculdade de Tecnologia de Araçatuba - Fatec, 2011.
- QUIMICA. **Tecnologia Ambiental**: Usinas recuperam CO₂. Disponível em: <<<https://www.quimica.com.br/tecnologia-ambiental-usinas-recuperam-CO2/>>> Acesso em: 06 mar. 2018.
- REBUÁ, Mariângela. **Ethanol Summit 2013**. Disponível em: <<<http://ethanolsummit.mediatown.com.br/player/index.php?p=PThXWmtsbWQ&ev=25>>> Acesso em: 21 fev. 2018.
- REGO, Eduardo Figueiredo de Moraes; CORRÊA FILHO, Heleno Rodrigues. **A estratégia da carteira de saúde do trabalhador da cana-de-açúcar**. Revista da Rede de Estudos do Trabalho - RET. Ano V. Nº 9. 2011.
- REN21. Renewables 2017. Global Status Report. Paris, France. 2017.
- RFS. Renewable Fuel Standard – 2010. Disponível em: << <http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics#A>>>. Acesso em: 19 jan. 2018.
- RIPOLI, Tomás C. C.; RIPOLI, Marco, L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Ed. dos autores, 2005.
- ROBERTS, Paul. **O fim dos alimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- RODRIGUES, R. **Bagago e Alcool**. Revista Agroanalysis, Associação Brasileira de Agribusiness (ABAG), São Paulo, SP, dez. 2015. p. 23-25.

- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Economia ou Economia Política da Sustentabilidade**. In: MAY, Peter; LUSTOSA, Maria Cecília; VINHA, Valéria. (Org.) *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro. Elsevier: 2003.
- ROSILLO-CALLE, Frank; BAJAY, Sergio; HOTHMAN, Harry (Org.) *Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira*. Campinas, SP: Ed. Unicamp, 2005.
- ROTHKOPF, Garten. **A Blueprint for Green Energy in the Americas**. Strategic Analysis of Opportunities for Brazil and the Hemisphere. Featuring: The Global Biofuels Outlook 2007. Inter-American Development Bank, 2007.
- RSB. Roundtable on Sustainable Biomaterials. **MemberList**. Disponível em: <<
<http://rsb.org/membership/membership-list/> / >>. Acesso em: 19 jan. 2018a.
- RSB. Roundtable on Sustainable Biomaterials.RSB-STD-01-001 (version 1.0) RSB Principles and Criteria 12/11/09. Disponível em: <<www.rsb.org>>. Acesso em: 19 jan. 2018b.
- RUIZ-MERCADO, Ilse; CANUZ, Eduardo; WALKER, Joan L.; SMITH, Kirk R. **Quantitative metrics of stove adoption using Stove Use Monitors (SUMs)**. Biomass and Bioenergy 57, p. 136 -148. 2013.
- SANTOS, Ana Michelle Ferreira Tadeu dos; SOUZA, Francilane Eulália de. **Cana doce, trabalho amargo: a super exploração do trabalhador canavieiro no município de Itaberai-go**. Revista Pegada – Vol. 13 Nº 2. Dez./2012. P. 102-127.
- SATOLO, Luiz; BACCHI, Mirian. **Impacts of the Recent Expansion of the Sugarcane Sector on Municipal per Capita Income in São Paulo State**. Hindawi Publishing Corporation. ISRN Economics. Volume 2013, Article ID 828169. 2013.
- SAVITZ, A. W. **A empresa sustentável: o verdadeiro sucesso é o lucro com responsabilidade social e ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- SEABRA, Joaquim E. A.; MACEDO, Isaías C.; CHUM, Helena L.; FARONI, Carlos E.; SARTO, Celso A. **Life cycle assessment of Brazilian sugarcane products: GHG emissions and energy use**. Biofuels, Bioprod. Bio-ref. 5. John Wiley & Sons, 2011. p. 519–532.
- SEABRA, Joaquim E. A.; MACEDO, Isaías Carvalho; LEAL, Manoel R. L. V. Emissões de gases de efeito estufa relacionadas ao etanol de cana-de-açúcar. In: CORTEZ, Luís A.B. (Coord.). **Bioetanol de Cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**, São Paulo: Blücher, 2010. p. 291–299.
- SEARCHINGER, Timothy; HEIMLICH, Ralph; HOUGHTON, R. A.; DONG, Fengxia; ELOBEID, Amani; FABIOSA, Jacinto; TOKGOZ, Simla; HAYES, Dermot; YU, Tun-Hsiang. **Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change**. Science 319, Feb. 29, 2008. p. 1238–1240.
- SEM. Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo. **Balanco energético do Estado de São Paulo 2016**. Ano base 2016. São Paulo, 2017.
- SEM. Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo. **Matriz energética do Estado de São Paulo 2035**. São Paulo, 2011.
- SIAMIG – Associação das indústrias sucroenergéticas de Minas Gerais. **Dados econômicos**. Disponível em: <<http://www.siamig.com.br/>>. Acesso em: 14 jan. 2018a.
- SIAMIG – Associação das indústrias sucroenergéticas de Minas Gerais. **Descubra quando é mais vantajoso abastecer com etanol ao invés de gasolina**. Disponível em: <<http://www.siamig.com.br/noticias/descubra-quando-e-mais-vantajoso-abastecer-com-etanol-ao-inves-de-gasolina/>>. Acesso em: 11 jan. 2018b.

- SIAMIG – Associação das indústrias sucroenergéticas de Minas Gerais. **Vantagem do álcool em relação à gasolina pode superar 70%.** Disponível em: < <http://www.siamig.com.br/noticias/vantagem-do-alcool-em-relacao-a-gasolina-pode-superar-70> //>. Acesso em: 14 jan. 2018c.
- SIAMIG – Associação das indústrias sucroenergéticas de Minas Gerais. **O continente do etanol.** Disponível em: < <http://www.siamig.com.br/noticias/o-continente-do-etanol>>. Acesso em: 23 jan. 2018d.
- SILVA, Fábio César da; PATROCÍNIO, A. B. do. **Analysis of water consumption in the sugar and alcohol mills in Brazil.** Conference on Sugar Processing Research, 2014, Ribeirão Preto. Sustainability in the future sweetener industry: importance of research and innovation. Sugar Processing Research Institute, 2014.
- SINDAÇÚCAR. Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas. **Salário canavieiro de Alagoas é maior do NE.** Disponível em: <<http://www.sindacucar-al.com.br/2014/12/salario-canavieiro-de-alagoas-e-maior-do-ne/>>. Acesso em: 14 jan. 2018.
- SINGH, Bharat P. (Ed.) **Biofuel Crop Sustainability.** New Delhi, India: John Wiley & Sons, 2013.
- SMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista:** Dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14. Disponível em: <<<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/2015/02/Protocolo-Agroambiental-do-Setor-Sucroenerg%C3%A9tico-Relat%C3%B3rio-consolidado-RV.pdf>>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- SMEETS, Edward; JUNGINGER, Martin; FAAIJ, André; WALTER, Arnaldo; DOLZAN, Paulo; TURKENBURG, Wim. **The sustainability of Brazilian ethanol — An assessment of the possibilities of certified production.** Biomass and Bioenergy 32. Elsevier. 2008. P. 781 – 813.
- SMITH, Kirk R.; FRUMKIN, Howard; BALAKRISHNAN, Kalpana; BUTLER, Colin D.; CHAFE, Zoe A.; FAIRLIE, Ian; KINNEY, Patrick; KJELLSTROM, Tord; MAUZERALL, Denise L.; McKONE, Thomas E.; McMICHAEL, Anthony J.; and SCHNEIDER, Mycle. **Energy and Human Health.** Annual Review of Public Health. P. 34:159–188. 2013.
- SOLOMON, Barry D.; BAILIS, Robert. Chap. 1. Introduction. In **Sustainable Development of Biofuels in Latin America and the Caribbean.** Eds. Barry D. Solomon, Robert Bailis. New York: Springer, 2014.
- SORDA, Giovanni; BANSE, Martin; KEMFERT, Claudia. **An overview of biofuel policies across the world.** Energy Policy 38, 2010. p. 6977–6988.
- SOUSA, Eduardo Leão; MACEDO, Isaias Carvalho (Coord.). **Etanol e Bioeletricidade:** A cana de açúcar no futuro da matriz energética. São Paulo: Luc Proj. de Com, 2010.
- SOUZA, Glaucia Mendes; VICTORIA, Reynaldo L.; JOLY, Carlos A.; VERDADE, Luciano M. (ed.). **Bioenergy & Sustainability:** bridging the gaps. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). São Paulo, 2015.
- SP. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/protocolo-agroambiental-reduz-em-90-area-de-queima-de-cana-em-sp/>>. Acesso em: 05 mar. 2018.
- SPÍNDOLA, Fagner Diego; LIMA, João Policarpo Rodrigues; FERNANDES, Ana Cristina. **Interação Universidade-Empresa:** o caso do setor sucroalcooleiro de Pernambuco. Economia e Sociedade. Vol. 24, Nº.1 Campinas, Jan./Apr. 2015.
- TOMES, Dwight; LAKSHMANAN, Prakash; SONGSTAD, David (Ed.) **Biofuels:** Global Impact on Renewable Energy, Production Agriculture, and Technological Advancements. New York, USA: Springer, 2011.
- TRANSPETRO. Petrobras Transporte S.A. Disponível em: <http://www.transpetro.com.br/pt_br/areas-de-negocios/terminais-e-oleodutos/oleodutos.html>. Acesso em: 07 jan. 2018.

- UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. **Datagro: 83 usinas de cana encerraram atividades nos últimos 6 anos.** Disponível em: <<<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1121871> />>. Acesso em: 08 mar. 2018a.
- UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. **Por que Gestão Lean no Agronegócio?** Disponível em: <<<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1155678> />>. Acesso em: 06 mar. 2018b.
- UNEP. United Nations Environment Programme. **Project Brief - 'Cogeneration for Africa' Project.** Disponível em: < <http://cogen.unep.org/home> >. Acesso em: 07 mar. 2018.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **Cooperação Brasil-EUA é estratégica para garantir crescimento do mercado de etanol avançado.** Disponível em: <<<http://www.unica.com.br/noticia/41597945920341693540/cooperacao-brasil-eua-e-estrategica-para-garantir-crescimento-do-mercado-de-etanol-avancado/> >>. Acesso em: 12 mar. 2018f.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. Disponível em: << <http://www.unica.com.br/> >>. Acesso em: 28 mar. 2018.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **Em 40 anos, etanol substituiu 2,5 bilhões de barris de gasolina.** Disponível em: << <http://www.unica.com.br/na-midia/4146132920313548097/em-40-anos-por-cento2C-etanol-substituiu-2-por-cento2C5-bilhoes-de-barris-de-gasolina/> >>. Acesso em: 09 mar. 2018e.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **Final report of 2013/2014:** harvest season. South-Central region. 2014.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **Financiamento do BNDES para o PRORENOVA limitará programa de renovação dos canaviais.** Disponível em: <<<http://www.unica.com.br/noticia/571047892035297016/financiamento-do-bndes-para-o-prorenova-limitara-programa-de-renovacao-dos-canaviais/> >>. Acesso em: 06 mar. 2018c.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **PIB do setor sucroenergético gerou mais de R\$ 113 bilhões em 2015.** Disponível em: << <http://www.unica.com.br/noticia/705197392033158412/pib-do-%20setor-sucroenergetico-%20gerou-mais-%20de-r-%20por-cento24-%20113-bilhoes-%20em-2015/> />>. Acesso em: 08 mar. 2018d.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **Projeto Renovação:** Qualificação transformando vidas. UNICA. Set, 2015.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **Relatório de sustentabilidade 2010.** São Paulo: UNICA, 2011.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **Sustentável e inovador, novo trecho do etanolduto entre ribeirão preto e Uberaba deve ser inaugurado ainda em 2014.** Disponível em: <<<http://www.unica.com.br/noticia/1762967392035374661/sustentavel-e-inovador-por-cento2C-novo-trecho-do-etanolduto-entre-ribeirao-preto-e-uberaba-deve-ser-inaugurado-ainda-em-2014/> >>. Acesso em: 08 jan. 2018a.
- UNICA. União da Indústria da cana de açúcar. **Uma solução para o etanol brasileiro.** Disponível em: <<<http://www.unica.com.br/documentos/documentos/> >>. Acesso em: 14 jan. 2018b.
- UNIVERSIDADECANAVIEIRA. **Produção de CO₂ a partir da fermentação é solução para usinas.** Disponível em: << <http://www.universidadecanavieira.com.br/informativos/producao-de-CO2-a-partir-da-fermentacao-e-solucao-para-usinas/> >>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- VEIGA, José Eli da. In ARNT, Ricardo. (Org.) **O que os economistas pensam sobre sustentabilidade.** Ed. 34. São Paulo: 2010a. Pp. 135-153.

- VEIGA, José Eli da. **Indicadores de Sustentabilidade**. Estudos Avançados. n° 68, Jan./Abr. 2010b.
- VILELA, Rodolfo Andrade de Gouveia; De LAAT, Erivelton Fontana; GRONAU LUZ, Verônica; Da SILVA, Alessandro José Nunes; TAKAHASHI, Mara Alice Conti. **Pressão por produção e produção de riscos: a “maratona” perigosa do corte manual da cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional. São Paulo: 40 (131), 2015. p. 30-48.
- VITOUSEK, Peter. M., EHRLICH, Paul. R., EHRLICH, Anne. H., MATSON, Pamela. A. **Human Appropriation of the Products of Photosynthesis**. BioScience Vol. 36 (6), jun, 1986. p. 363-373.
- WACKEMAGEL, Mathis; REES, William E. **Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective**. Elsevier Science. Ecological Economics 20, 1997. p. 3-24.
- WACLAWOVSKY, A. J., SATO, P. M., LEMBKE, C. G., MOORE, P. H and SOUZA, G. M. **Sugarcane for Bio-energy Production: an assessment of yield and regulation of sucrose content**. Plant Biotechnology Journal 8, doi: 10.1111/j.1467-7652.2009.00491. 2010. p. 1-14.
- WALTER, Arnaldo; DOLZAN, Paulo; QUILODRÁN, Oscar; GARCIA, Janaína; SILVA, Cinthia; PIACENTE, Fabrício; SEGERSTEDT, Anna. **A Sustainability Analysis of the Brazilian Bio-ethanol**. Campinas, SP: UniCamp, 2008.
- WEC. World Energy Council. **World Energy Resources**. London: WEC, 2013.
- WHO. World Health Organization. **WHO indoor air quality guidelines: household fuel combustion**. Geneva, Switzerland: WHO, 2014.
- WIKIPEDIA. **MTBE**. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%89ter_metil-terc-but%C3%ADlico>>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- WILKINSON, John; HERRERA, Selena. **Biofuels in Brazil: debates and impacts**. The Journal of Peasant Studies. Vol. 37, No. 4, Oct. 2010. p. 749–768.
- ZEZZA, Annalisa. **Sustainability Certification on the Biofuel Sector**. Environment and Natural Resources Program. Harvard Kennedy Scholl. Belfer Center for Science and International Affairs. Cambridge MA, 2013.
- ZUURBIER, Peter; VOOREN, Jos van de. (Ed.). **Sugarcane Etanol: Contribution to climate change mitigation and the environment**. Netherlands: Wageningen Academic, 2008.

ANEXOS

Anexo A. Custo da Cesta Básica no Estado de São Paulo, desde Jan/2000 até 2017.

Gasto Mensal - São Paulo														
	Total Cesta	Carne	Leite	Feijão	Arroz	Farinha	Batata	Tomate	Pão	Café	Banana	Açúcar	Óleo	Manteiga
jan/00	112,22	37,26	6	7,38	2,58	1,54	4,86	10,17	15,54	5,03	9,68	2,01	1,2	8,96
jan/01	123,36	37,68	7,95	7,65	2,49	1,5	7,68	13,14	17,22	4,23	11,48	2,73	1,07	8,54
jan/02	129,21	41,88	8,02	9,04	3,33	1,9	6,42	11,79	20,58	3,76	10,28	2,55	1,54	8,09
jan/03	162,79	47,04	8,77	14,26	4,59	3,15	7,98	13,23	29,16	4,95	10,88	4,17	2,66	11,92
jan/04	171,03	52,08	9,52	11,25	5,94	2,39	6,06	19,62	27,9	5,42	13,12	3,21	2,54	11,96
jan/05	172,87	52,68	10,42	12,42	4,29	2,44	9,72	15,48	28,32	5,94	13,65	3,69	2,18	11,62
jan/06	177,45	52,32	10,88	11,97	3,99	2,31	13,08	14,76	29,04	7,1	14,02	4,29	1,83	11,85
jan/07	184,72	55,02	10,88	11,48	4,41	2,5	7,02	22,95	30,12	6,95	15	4,47	2,19	11,72
jan/08	229,09	66,12	13,58	32,4	4,56	2,91	10,98	21,6	32,16	7,51	17,78	3,45	2,73	13,3
jan/09	241,53	80,28	14,1	18,81	6	3,18	11,52	23,94	37,74	7,78	17,7	3,81	2,5	14,17
jan/10	225,02	75,6	15,3	10,58	6,06	2,61	14,88	20,61	36,6	6,33	15,37	5,88	2,38	12,81
jan/11	261,25	98,1	16,8	13,72	5,97	3,18	10,74	24,66	40,62	6,62	17,78	6,99	2,72	13,34
jan/12	285,54	102,6	18,3	19,62	5,76	3,15	11,34	30,87	43,08	8,02	18,9	6,87	2,78	14,25
jan/13	318,4	101,76	19,72	23,49	7,74	3,42	18,18	40,14	48,96	9,07	20,48	6,9	3,53	15
jan/14	323,47	111,36	22,65	16,96	7,44	4,41	16,26	31,77	55,98	8,23	23,47	5,55	2,79	16,58
jan/15	371,22	130,62	22,72	21,02	8,01	4,52	26,34	38,88	58,92	8,78	26,25	5,49	2,71	16,95
jan/16	448,31	148,68	25,05	24,71	8,67	5,02	28,44	65,79	63,48	10,25	39,38	7,80	3,29	17,74
jan/17	435,89	144,06	27,45	26,68	9,33	5,12	17,16	35,28	67,08	11,92	54,08	9,15	3,93	24,64

Fonte: Dieese (2018a)

Anexo B

Questões enviadas às usinas

Favor enviar as seguintes informações, pertinentes às boas práticas da usina, em quantidades, nas respectivas unidades:

Quantidade de cana moída por safras (ton cana)
 Quantidade de Cana própria (ton de cana)
 Quantidade de Cana de fornecedores (ton de cana)
 Produção de açúcar (toneladas)
 Produção de Alcool (litros)
 Área total da usina (plantação cana, preservação, usina)
 Área plantada (hectares)
 Área de cana própria (hectares)
 Área de fornecedores (hectares)
 Quantidade de fornecedores
 Área (ha) processada de cana/dia
 Localização da usina (coordenadas geográficas)
 Teor médio de sacarose (pol)
 Diesel usado (litros/safra) caminhões, colheitadeiras, tratores
 Fertilizantes: nome (por safra)
 Fertilizantes (quantidade toneladas por safra)
 Vinhaça na fertirrigação (m³/ha)
 Bagaço para caldeiras total (t/ano)
 Bagaço para caldeiras (ton/hora)
 Bagaço vendido para terceiros (t/safra)
 Vapor de processo - "vapor vivo" (ton/hora)
 Energia mecânica usada (kWh por ton/cana)
 Energia elétrica (kWh ton/cana)
 Excedente de eletricidade (kWh médio vendido p/ rede por mês e por safra)
 Quantidade de dias da safra 2013/2014
 Potência instalada - produção de eletricidade (MW)

Indicadores ambientais

Emissão de GEE

Consumo de óleo diesel nas operações agrícolas (tratores, caminhões, colheitadeiras) (litros/safra)
 Fertilizantes: tipo (nome ou características)
 Fertilizantes: consumo total (toneladas)
 Fertilizantes: consumo (ton/ha)
 Consumo indireto (material dos equipamentos-tipo e quantidade)
 Quantidade de vinhaça usada na fertirrigação (m³)
 Qualidade do solo
 Área total plantada de cana (ha)
 Carbono orgânico no solo (mg/g)
 Quantidade área com inclinação maior que 5% (ha)
 Quantidade área compactada (c/maquinários, usina etc.)
 Quantidade área sujeita a erosão (ha)
 Área sujeita a degradação (salinização, erosão, compactação)
 Poluentes não GEE
 Quantidade de área desmatada - ha
 Quantidade de área queimada - ha
 Emissão CO - mg/MJ
 Emissão NOx, SOx - mg/MJ
 Para as 2 respostas anteriores: Considerar Máquinas, colheitadeiras, caminhões - idade, distância percorrida, tipo combustível, etc.)
 Consumo de água
 Consumo específico de água (m³ por ton cana)
 Consumo de água na parte agrícola (m³ por safra)
 Consumo de água na parte industrial (m³ por safra)
 % água usada/total
 Quantidade etanol produzida (m³/safra)
 Quantidade bioeletricidade produzida (kWh/safra)

Origem da água captada (rio, lençol freático etc.)
 Quantidade água reciclada retornada ao corpo hídrico - m³/safra
 Total retirada água m³/safra
 Qualidade da água
 Pesticidas (defensivos) Utilizados (nome) (se forem usados)
 Quantidade de pesticidas utilizados (kg/ano)
 Fertilizantes utilizados Quím. ou orgânicos (nome)
 Quantidade fertilizantes usados (kg/safra)
 Quantidade total vinhaça produzida - m³/safra
 Quantidade usada para a fertirrigação - m³
 Área usada para fertirrigação (hectares)
 Área imprópria p/ agricultura - ha (poluída, erodida, etc.)
 Área com crescimento da cana anormal - ha
 Biodiversidade
 Área com ou para a Biodiversidade - ha
 Áreas com conservação permanente - ha
 Mudança de uso da terra
 Área total da cana
 Área preservada (reserva legal, APP, etc.)
 % aumento etanol por área
 % Aumento na produção de etanol
 % Aumento na área plantada
 % Aumento na produtividade agrícola e industrial
 % bioenergia produzida pelo bagaço
 Geração de energia térmica (ton / vapor por hora)
 Geração de energia mecânica (kWh por safra ou kW instalado)
 Geração de energia elétrica (kWh por safra ou kW instalado)
 % bioenergia por litro de vinhaça produzida
 Produção de vinhaça em cada safra (M³)
 Produção de biogás (m³) se existir
 Geração de energia com biogás (kWh/safra)
 % bioenergia por área degradada
 Área degradada convertida para cana (hectares)
 Quantidade total de bioenergia produzida (etanol + energia elétrica) em MJ
 % anual de conversão da pastagem em Cana
 Aumento da área de cana em substituição de pastagens (hectares)
 Aumento da área de cana em substituição de áreas degradadas (hectares)
 Aumento da área de cana em substituição de outras culturas (hectares)

Indicadores Sociais

Quantidade de funcionários
 Quantidade de cortadores manuais da cana
 Quantidade de funcionários na área industrial
 Quantidade de acidentes de trabalho por safra
 Quantidade de funcionários mulheres
 Quantidade de funcionários desligados da usina participantes do RenovAção

Indicadores econômicos

Produtividade (ton/ha/ano)
 Produtividade industrial (m³ etanol/ton cana/ano)
 Eficiência do processamento (MJ/ton)
 Produtividade do Etanol (m³/ha/ano)
 Custo de produção R\$/m³
 Balanço de energia
 Consumo de energia na produção Cana MJ/Ton cana
 Consumo de diesel nas operações agrícolas (litros/safra)
 Consumo indireto (material dos equipamentos-tipo e quantidade) (material e quantidade)
 Consumo de fertilizantes nas operações agrícolas - m³
 Consumo de energia processamento industrial MJ
 Consumo de diesel na parte industrial MJ
 Consumo indireto (material dos equipamentos-tipo e quantidade)
 Uso de etanol (não se aplica para as usinas - será calculado em termos nacionais)