



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
***CAMPUS* ALTO PARAÓPEBA**
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

CENÁRIO ATUAL DA PRODUÇÃO DE ETANOL NO BRASIL

Ingrid Cristine da Rocha Santos

Orientador: Boutros Sarrouh

Ouro Branco/MG

Julho, 2017

CENÁRIO ATUAL DA PRODUÇÃO DE ETANOL NO BRASIL

Ingrid Cristine da Rocha Santos

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado em cumprimento às exigências
do Curso de Bacharelado em Engenharia de
Bioprocessos da Universidade Federal de
São João del Rei

Orientador: Boutros Sarrouh

Ouro Branco/MG

Julho, 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Elizabete e Joselir, pelo apoio incondicional em todos esses anos de faculdade, sem eles o caminho teria sido extremamente mais árduo. Ao meu irmão Herson e meu companheiro Josimar, que passou comigo por todos os mementos difíceis. Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar e o segundo maior produtor de etanol no mundo. Há quase quarenta anos, o etanol se estabeleceu no mercado brasileiro, na época o impulsionador foi o Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Porém apesar desse status observa-se uma recessão nesse setor. A produção de cana-de-açúcar está estagnada na casa das 600 milhões toneladas desde 2010 e a produtividade por hectare também sofre uma involução. Outros fatores vêm influenciando para a retração da produção de etanol como os elevados preços da commodity açúcar, que inclusive tem perspectivas de continuar elevado para a safra 2017/2018, assim como as políticas econômicas que priorizam o consumo de gasolina. Sendo assim a inovação no setor com outras matérias-primas será de extrema importância para afastar esse cenário de instabilidade. Para alcançar as perspectivas traçadas para o setor, será fundamental a ampliação e incorporação da produção de etanol de segunda geração e a expectativa da disseminação do etanol de milho no País. Portanto, o presente trabalho foca-se em avaliar a situação atual do cenário de produção de etanol no Brasil, e relacionar a discussão do tema com as variáveis que influenciam o mercado do mesmo. Espera-se que através de uma revisão recente sobre o uso e produção do etanol no Brasil, seja possível discutir e analisar a produção, destacando as possíveis dificuldades e perspectivas do setor. As informações utilizadas foram obtidas por intermédio de revisão da literatura científica em fontes como livros, teses, dissertações, relatórios de agências especializadas, artigos publicados em periódicos, revistas e sites especializados. O tema abordado justifica-se pela sua atualidade e pretende possibilitar ao leitor uma visão direcionada e sintética sobre o assunto em questão. Para embasamento da pesquisa, foram utilizados dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB); União da Indústria de Cana-De-Açúcar (UNICA); Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e relatórios oficiais. A análise do cenário atual no setor sucroenergético mostra uma situação de instabilidade agravada por vários fatores levantados neste trabalho como: a estagnação na produtividade dos canaviais, juntamente com a relação de prioridades entre açúcar e etanol, e a prática de políticas governamentais que favoreçam bons preços de venda do etanol.

Palavras-chave: Biocombustível, etanol no Brasil, políticas públicas, fontes alternativas, cana-de-açúcar, milho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Fluxo histórico de fechamento, reativação e implantação de unidades produtoras, entre o período de 2005-2016.....	17
Figura 2-Produção de etanol total, hidratado e anidro no período entre 1997-2016. Na figura pode-se observar a recuperação da produção de etanol a partir de 2003 devido a inserção dos carros Flex Fuel. Logo em seguida, pode observar a queda da produção, afetado pela crise de 2008 levou ao fechamento de usinas.	18
Figura 3-Produção nacional de cana-de-açúcar em milhões de toneladas, no período entre 2007 e 2017.	23
Figura 4-Produtividade e ATR médio, safras 2005/06 a 2015/16. No lado esquerdo o eixo representa a produtividade em Kg por hectare do lado direito ART médio em Kg por tonelada de cana.	25
Figura 5-Porcentagem da produção de cana-de-açúcar por estado.	26
Figura 6- Levantamento da produção açúcar em mil toneladas e etanol total (anidro e hidratado) mil m ³	28
Figura 7-Preço do etanol hidratado e açúcar, no estado de São Paulo, no período entre janeiro de 2008 a abril de 2017.O preço do açúcar foi baseado na saca de 50 Kg.....	29
Figura 8-Parte aérea de uma planta de cana-de-açúcar, as raízes são localizadas no subsolo.	30
Figura 9-Porcentagem da produção mundial de etanol no ano de 2015, por países produtores.	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Produção mundial de milho (milhões de toneladas).	35
Quadro 2- Panorama geral das biomassas para a produção do etanol.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Número de plantas e capacidade de produção autorizada por região, em m ³ por dia.	18
Tabela 2- Repartição da oferta interna de energia brasileira.	20
Tabela 3- Vendas Internas de Combustíveis, em milhões m ³ , e variação do volume de venda entre os anos de 2015-2016.	22
Tabela 4- Valores da produção nacional de cana-de-açúcar, em mil toneladas, desde a safra 2007/2008 até 2016/2017.	24
Tabela 5- Composição de biomassas lignocelulósicas com potencial para produção de etanol de segunda geração	32
Tabela 6- Matérias- primas utilizadas para a produção de etanol pelo mundo.	34
Tabela 7- Variação da produção de etanol no período entre 2016 a 2024.	39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ART	Açúcares Totais Recuperáveis
BEM	Balanço Energético Nacional
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EAC	Etanol anidro combustível
E2G	Etanol de segunda geração
EHC	Etanol hidratado combustível
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IAA	Instituto do Açúcar e do Alcool
ms	Matéria seca
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
ÚNICA	União da Indústria de Cana-De-Açúcar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Breve histórico recente do desenvolvimento produção de etanol no Brasil.....	12
4 METODOLOGIA.....	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
5.1 Etanol brasileiro: principais fatores que influenciam o mercado	15
5.2 Consumo de combustíveis no Brasil	19
5.3 Produção nacional de cana-de-açúcar.....	22
5.4 Influência da commodity açúcar na produção de etanol	27
5.5 Utilização da biomassa da cana: produção do etanol de segunda geração (E2G) e bioeletricidade.	29
5.6- Etanol de cana-de-açúcar ou milho?	34
5.7- Perspectivas	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
7 REFERENCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Há aproximadamente 40 anos atrás, o Brasil encontrou no etanol uma alternativa ao petróleo. Para a época a inovação utilizando como matéria-prima a cana de açúcar foi de extrema valia para dissuadir o País dos altos preços de combustíveis e garantir certa autossuficiência de combustíveis. Na época o impulsionador do etanol foi o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) que perdurou até por volta da década de 80 (GILIO, 2017).

Especialmente desde a década de 90, se iniciou uma emergência por energias renováveis, fato que também coincidiu com o período de expansão do etanol no Brasil, devido ao lançamento dos veículos movidos a bicomcombustíveis que mobilizou a expansão nas vendas do biocombustível. Apesar do etanol ser uma vantagem brasileira, a indústria petrolífera enraizou-se na economia mundial, empregando o petróleo como combustível mais consumido (IPEA, 2016). Com o passar dos anos a indústria sucroalcooleira, que produzia açúcar e etanol, inovou para otimizar sua eficiência e começou a gerar energia, se tornando autossuficiente e passando a ser denominada sucroenergética (ÚNICA, 2009).

A produção de etanol no Brasil chama atenção pela posição de vanguarda tecnológica e produtiva, adquirida pelo País na experiência ímpar do uso de etanol combustível em larga escala. Dessa forma, nos dias atuais, o Brasil ocupa o segundo lugar como produtor mundial de etanol, no ano de 2016 produziu 27,81 bilhões de litros e as expectativas para 2017 são de 26,45 bilhões de litros, um déficit de 4,9% (CONAB, 2017b).

Analisando o cenário atual verifica-se que a desde a crise econômica 2008 o setor foi abalado, e dessa forma, instaurando um ciclo de grave crise no setor. Como consequência, nos anos seguintes vários fatores foram prejudicados como: fechamento de usinas devido à dificuldades financeiras, diminuição da produtividade e não renovação dos canaviais tal como os tratos culturais adequados.

Assim, após tantos anos de produção de etanol proveniente de uma mesma fonte, a necessidade de inovar e acompanhar o desenvolvimento tecnológico, faz com que progressivamente novas matérias-primas sejam empregadas para produção. Acompanhando essa oportunidade vem sido empregado milho e material lignocelulósico, principalmente a biomassa da cana-de-açúcar. Essa iniciativa será fundamental para que a expansão da produção ocorra, entretanto para que essas alternativas vigorem é imprescindível que tenham o apoio necessário.

2 OBJETIVO

O presente trabalho visa em avaliar a situação atual do cenário de produção de etanol no Brasil, e relacionar a discussão do tema com os fatores sociais, políticos e econômicos que influenciam a disponibilidade desse biocombustível no mercado nacional.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Breve histórico sobre o desenvolvimento da produção de etanol no Brasil

A cultura canavieira tem grande relevância no desenvolvimento histórico da economia brasileira e em sua consolidação com mercado global, tendo sido o açúcar primeiro produto de origem agrícola a ser exportado e comercializado no mercado europeu (SCHECHTMAN, 2003). Para que ocorra o desenvolvimento da produção de etanol em larga escala, cabe ressaltar como alguns aspectos institucionais auxiliaram nessa experiência.

Entre as décadas de 1930 e 1980, o ambiente institucional, foi criado pela intervenção do Estado brasileiro na cadeia de produção do etanol de cana-de-açúcar, que constituiu as condições para a organização, aumento da produtividade e a competitividade do setor (GILIO, 2017). O primeiro registro que impôs a mistura de etanol à gasolina, na época importada, foi em 1931 através do Decreto-Lei nº19.717. Na época havia um grande interesse em impulsionar a produção de etanol, no momento o propósito era: utilizá-lo como combustível, mas também tornar possível a transformação dos excedentes na produção de açúcar. Assim, para que as metas e diretrizes passem a ser definidas pelo governo, em 1933 surgiu o Instituto do Açúcar e Alcool (IAA). A partir desse momento iniciou-se a intervenção efetiva sobre a cadeia produtiva. Com a criação do IAA o governo passou a estabelecer cotas de produção de açúcar e etanol, quantidades comercializadas e preços recebidos (PISSINATO, 2014).

No entanto, o incentivo para tornar o etanol um combustível alternativo para substituir parcialmente a gasolina, foi através do programa Proálcool (Programa Nacional do Alcool) promovido pelo governo em 1975. A criação do programa foi estimulado pelos elevados preços do petróleo ocorridos em 1973/1974 e 1978/1979 (GILIO, 2017). O projeto foi adotado pelo governo, na época militar. A intenção era estratégica com a finalidade de reduzir as importações do produto e diminuir os efeitos de sua volatilidade de preços na economia brasileira. O Brasil, em 1973, importava a maior parte de suas necessidades de petróleo e o principal destino era o setor de transportes rodoviários, fazendo uso de 42% do total, o que se tornou o principal argumento para o incentivo à substituição do combustível para veículos automotores (CORREIA, 2007). Dessa forma, o etanol obteve destaque e deixou de ser um subproduto da fabricação de açúcar, sendo consolidado principalmente com a introdução dos carros movidos a etanol hidratado (E100), em 1978 (PISSINATO, 2014).

Juntamente com a institucionalização do Proálcool, o governo programou linhas de crédito subsidiadas para incentivar a ampliação da área agrícola e das capacidades industriais.

Além dessas medidas o governo estimulou pesquisas científicas para melhoramento dos rendimentos agrícolas da cana, das tecnologias dos motores e processos produtivos. Este período de intervenção estabeleceu regras claras e estáveis, e isso proporcionou às empresas a execução de investimentos de longo prazo, que foram imprescindíveis para o alcance dos objetivos da iniciativa privada em combinação com o projeto governamental (FLEXOR, 2007).

No entanto, apesar do programa ter atingido seus objetivos, durante a década de 80, o Proálcool inicia um período de estagnação e declínio. A partir de 1986, o petróleo começa a passar por quedas significativas de preço, fazendo com que as medidas de incentivos para o uso do etanol se tornasse menos atrativas. Diante dessa situação, para sustentar o programa era necessário subsídios cada vez maiores, fato que começou a tornar sua manutenção insustentável. Ao final dos anos 80, a demanda de etanol tornou-se maior que a oferta, gerando adversidades no abastecimento, que colocaram a credibilidade e a importância do programa em dúvida (PISSINATO, 2014).

Com o desestímulo do Proálcool, as medidas que eram tomadas pelo IAA, através da fixação de quotas anuais de produção e o controle dos preços, se tornaram insatisfatórias, uma vez que era mais vantajoso para os produtores aumentar a produção de açúcar, cujos preços haviam se recuperado no mercado internacional à época. A falta do etanol no mercado diminuiu as vendas de veículos monocombustíveis, movidos a totalmente a etanol hidratado, saindo do patamar de 19% de participação no mercado brasileiro em 1990 para quase a zero em 1996. Dessa forma, o ciclo de carros movidos totalmente a etanol no País havia chegado ao fim (SCHECHTMAN, 2003).

Ao longo da década de 80, a produção nacional de petróleo ampliou sua escala com a exploração da bacia de Campos, na costa dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Durante a década de 80, a produção passou de 200 mil barris/dia para mais de 500 mil barris/dia e, ao final da década de 90, ultrapassou a marca de 1 milhão de barris/dia. Desse modo, amenizou-se a pressão sobre o balanço de petróleo, culminado na inviabilidade de manter o etanol como um produto estratégico (SCHECHTMAN, 2003).

Com a instituição da constituição brasileira de 1988 e a transição do regime de governo ditatorial militar para o democrático, redefiniram as regras e o estabelecimento de parâmetros legais para a atuação do governo. Por consequência, a partir do início da década de 1990, levando ao afastamento do Estado setor, que insere-se dentro de um processo mais amplo de liberação da economia brasileira (BARROS; MORAES, 2002).

Após um período de recessão, com o lançamento dos veículos bicomcombustíveis no Brasil em 2003, iniciou um novo ciclo, com o ressurgimento da forte demanda interna por etanol combustível. A tecnologia dos veículos bicomcombustíveis permitiu o consumidor escolher o combustível no momento do abastecimento na bomba. Para popularizar os veículos com a tecnologia, no ano de 2002 ocorreu um estímulo financeiro, via tributo, que encaixou os bicomcombustíveis na categoria de carros movidos a etanol (sobre os quais se insidiou menos impostos). Na atualidade, o Brasil é o maior usuário deste tipo de veículo e, em 2014 correspondiam por mais de 50% da frota nacional e por mais de 90% das vendas totais de carros novos, segundo os dados da ANFAVEA (2016).

Conquanto, a cana-de-açúcar há mais de cinco séculos, proporcionou ao Brasil destaque como produtor e exportador de açúcar. Também através da cana-de-açúcar há mais de três décadas, com o lançamento do Proálcool, o País iniciou a produção de biocombustível, o que tituló o setor como sucroalcooleiro, pois nele se produzia açúcar e álcool. Entretanto, com o alto nível de investimento tecnológico e a diversificação crescente dos últimos anos, a cana, tradicional matéria-prima usada na fabricação de açúcar, teve seu aproveitamento ampliado para a produção do etanol e, por último, para geração de bioeletricidade. A produção de bioeletricidade colocou o setor também no campo da energia, que tornou necessário uma nova terminologia que melhor define as características da atividade canavieira no Brasil. Assim o setor antes sucroalcooleiro passou a ser denominado sucroenergético (ÚNICA,2009).

4 METODOLOGIA

O presente trabalho realizou uma discussão baseada na revisão narrativa da literatura científica, que envolveu uma pesquisa documental desenvolvida através da coleta de dados de diferentes publicações especializadas na área. As informações utilizadas foram obtidas por intermédio de revisão da literatura científica em fontes como livros, teses, dissertações, relatórios de agências especializadas, artigos publicados em periódicos e sites especializados. O tema abordado justifica-se pela sua atualidade e pretende possibilitar ao leitor uma visão direcionada e sintética sobre o assunto em questão.

Para embasamento da pesquisa, foram utilizados dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Companhia Nacional de Abastecimento

(CONAB); União da Indústria de Cana-De-Açúcar (UNICA); Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e relatórios oficiais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Etanol brasileiro: principais fatores que influenciam o mercado

A expansão e a inserção do etanol hidratado no mercado brasileiro ocorreu por meio do Proálcool. Entretanto o cenário em que ocorreu essa disseminação foi influenciado por alguns fatores como: i) Em 1973 deu-se a primeira crise mundial do petróleo, chegando a quadruplicar os preços dos combustíveis derivados do petróleo, levando à balança comercial brasileira um cenário de prejuízo e crise. Tendo em vista que na época 80% do petróleo consumido no Brasil era importado; ii) Necessidades por combustíveis alternativos através de uma visão socioambiental; iii) Na mesma época à crise do petróleo, em 1974, também ocorreu a crise de exportação de açúcar. Essa crise surgiu devido à resquícios da segunda guerra mundial, o mundo passava por dificuldades financeiras, que provocou a diminuição de investimentos estrangeiros no Brasil. Principalmente na exportação de açúcar, que culminou em um excesso de produção de cana-de-açúcar sem o devido escoamento produtivo. Cenário que levaria a superprodução de açúcar (LIMA, 2015).

Nesse primeiro momento de crise, a produção de etanol se deu como saída para centralizar os insumos da cana-de-açúcar, diminuindo os prejuízos e encontrando um combustível alternativo aos preços do petróleo. Na etapa de maior ascensão do etanol houve a criação de veículos abastecidos exclusivamente de etanol, que inicialmente com 4.614 unidades em 1979, saltou para 254.001 em 1980 e no ano de 1985 atingiu 697.731 unidades. A aceitação foi tão favorável que, entre 1985 e 1986, a produção atingiu 90% de todos os veículos novos comercializados no País, dado a credibilidade do consumidor pela tecnologia do motor movido a etanol e ao baixo preço do combustível pago na revenda (LIMA, 2015).

Por outro lado, o biênio 1985-1986 destacou-se como o início do declínio do Proálcool, provocado por um desequilíbrio entre a oferta do combustível e a demanda, cada vez maior, motivada pela produção de carros à etanol, implicando em uma superdemanda. Ou seja, a demanda por etanol hidratado crescia continuamente, mas a oferta do etanol hidratado

parou de crescer a partir de 1985-1986. Essa mesma época foi marcada pela estabilização do mercado mundial do petróleo por consequência a queda do preço da gasolina (LIMA, 2015).

Depois desse declínio e com o encerramento da fase Proálcool, devido às pressões tecnológicas, socioambientais e econômicas a demanda por etanol hidratado voltou a ser impulsionada no País com implementação dos veículos *Flex Fuel*. A tecnologia teve introdução efetiva no mercado brasileiro a partir de 2003 atendendo à necessidade de empregar ambos os combustíveis, etanol e gasolina (NEVES,2009).

Devido ao crescimento da demanda de etanol pelos veículos *Flex Fuel* e também pelo crescimento da demanda de açúcar, novas unidades foram implantadas a cada ano entre 2006 e 2010 (média de 24 unidades por ano). O mercado do etanol se recuperou aumentando a demanda durante os anos após a inserção dos veículos *Flex Fuel*, porém o setor foi seriamente impactado devido à crise econômica de 2008, passando por uma conjuntura de sérias restrições ao crédito, interno e externo. O acúmulo das dívidas levou as unidades industriais a adiar a expansão dos canaviais, não renovar e não realizar adequadamente os tratamentos culturais nos canaviais. Na mesma época ocorreram chuvas excessivas em 2009, e secas no final de 2010 e 2011, contribuindo para agravar a situação. Por consequência houve a redução da produtividade (toneladas/hectare) e a quantidade de cana produzida (toneladas) nas safras seguintes, provocando ociosidade no processamento das unidades industriais. A situação se agravou levando ao fechamento brusco de unidades produtoras no período de 2011 a 2012, como pode ser notado na Figura 1. Ademais, é possível observar que o número de unidades fechadas por ano também tem diminuído (EPE,2017).

Nesse contexto, de acordo com Lima (2015): “[...] é possível compreender que o mercado brasileiro do etanol sempre se apresentou sensível às mudanças que ocorrem dentro dos diversos cenários: mercadológico, socioambiental, político e econômico”.

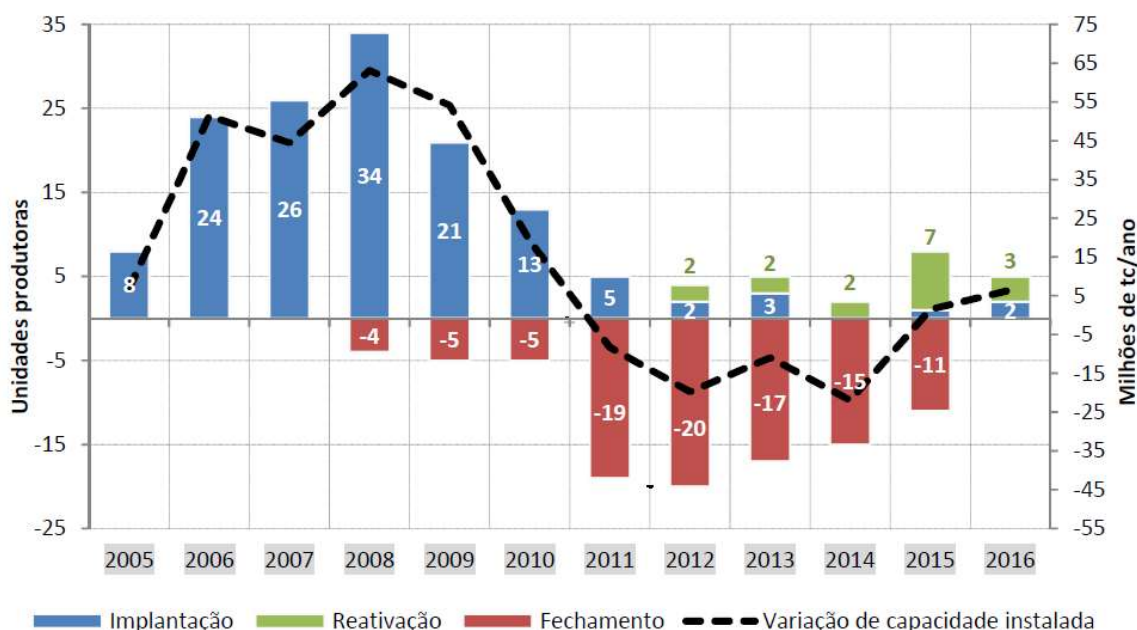


Figura 1-Fluxo histórico de fechamento, reativação e implantação de unidades produtoras, entre o período de 2005-2016. Fonte: EPE (2017).

Na atualidade, de acordo com o boletim do etanol nº09, publicado em fevereiro de 2017 (ANP,2017b):

Atualmente existem 349 plantas produtoras de etanol ratificadas pela ANP para operação no País, correspondendo a uma capacidade total autorizada de 186.176 m³ /dia de produção de etanol hidratado e 99.848 m³ /dia de produção de etanol anidro. Adicionalmente, 35 plantas de etanol já receberam a autorização para operação definitiva, totalizando uma capacidade de 30.707 m³ /dia de produção de etanol hidratado e 17.188 m³ /dia de produção de etanol anidro. A capacidade total das 384 plantas produtoras de etanol autorizadas é de 216.883 m³ /dia de produção de etanol hidratado e 117.036 m³ /dia de produção de etanol anidro. A cana-de-açúcar é a matéria-prima utilizada em 97,1% das plantas de etanol autorizadas.

A Figura 2, explica a tendência da produção nacional de etanol total, hidratado e anidro, no período entre 1997-2016. Nota-se que a partir de 2003 a produção de etanol total apresenta um grande aumento no anos de 2008 a 2010, seguido de uma queda brusca no período de 2011 a 2012. Outra questão interessante, que a produção de etanol anidro não passa por modificações consideráveis e em um momento chega a ultrapassar a produção de etanol hidratado. Isso se deve porque o anidro segue a tendência do consumo de gasolina, uma vez que o mesmo tem utilidade em sua adição na gasolina.

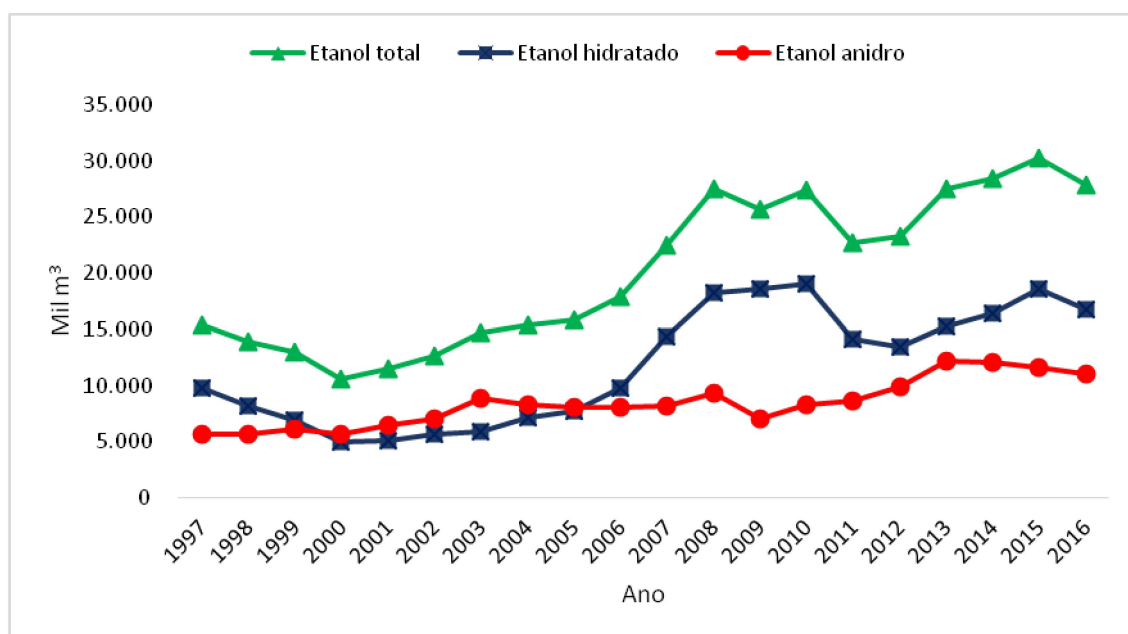


Figura 2-Produção de etanol total, hidratado e anidro no período entre 1997-2016. Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados de ÚNICA (2017) e CONAB (2017a).

Quanto à localização e a capacidade de produção das plantas produtoras de etanol autorizadas, que incluem as plantas com ratificação de titularidade e autorizadas para operação, verifica-se que a maior parte delas está localizada na região sudeste, como pode ser notado na Tabela 1.

Tabela 1- Número de plantas e capacidade de produção autorizada por região, em m³ por dia.

Região	Etanol Anidro (m³/dia)	Etanol Hidratado (m³/dia)	Número de Plantas
Norte	1.310	2.380	5
Sul	7.420	13.342	33
Nordeste	11.850	18.091	65
Centro-Oeste	29.036	58.693	70
Sudeste	67.420	124.377	211
TOTAL	117.036	216.883	384

Fonte: ANP (2017b).

Para analisar o cenário da produção de etanol no Brasil serão discutidos, nos itens seguintes, pontos que se relacionam com a produção de etanol. Os pontos discutidos foram selecionados baseados na literatura e no contexto histórico onde o biocombustível se encontra inserido. Os pontos discutidos foram considerados relevantes, pois a cadeia produtiva do etanol é complexa e engloba questões energéticas, agroindustriais, políticas, econômicas e

inovações tecnológicas. Assim através dos tópicos tenta-se demonstrar as dificuldades, oportunidades e perspectivas. Os tópicos abordam os temas: i) O consumo de combustíveis no Brasil; ii) Situação que se encontra a produtividade de cana-de-açúcar; iii) A interferência da produção de açúcar em detrimento do etanol; iv) Aplicação da biomassa da cana-de-açúcar; v) Produção de etanol a partir de milho; vi) As perspectivas para o biocombustível.

5.2 Consumo de combustíveis no Brasil

A matriz energética brasileira conta com fontes renováveis e não renováveis, como pode ser notado na Tabela 2. Segundo Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE,2016) no ano de 2015 a geração de energia a partir de fontes renováveis representaram 41,2% da oferta interna de energia, enquanto as fontes não renováveis equivaleram a 58,8%. Entre as fontes renováveis estão, hídrica, lixo (licor negro), biomassa vegetal, bagaço de cana, serragem, lenha e carvão vegetal. As fontes não renováveis incluem petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e urânio. A energia produzida é consumida principalmente pelas indústrias: alimentícia, química, agropecuária, setor energético, transportes e residências. O etanol entra na matriz energética como fonte destinada a transportes, ou seja, um combustível. Desta forma tem sido empregado como um produto estratégico para o País, como alternativa à dependência do petróleo, por consequência minimizando a necessidade de importação de gasolina.

O etanol combustível, também chamado de etanol carburante, pode ser comercializado de duas formas no Brasil, como etanol anidro combustível (EAC) e o etanol hidratado combustível (EHC). O etanol hidratado é o álcool misturado com água, vendido nos postos. Enquanto o etanol anidro é comercializado misturado à gasolina, com intuito de melhorar o rendimento e diminuir os índices de poluição. Algumas especificações são próprias para o EHC, outras para o EAC, além das especificações comuns para ambos. As normas de especificação são, atualmente, estipuladas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) através do Regulamento Técnico ANP nº3/2011, anexo da Resolução ANP Nº7 de 9 de fevereiro de 2011 (ANP,2011). Nesse regulamento, estão contidas as características que o etanol precisa ter em relação a seu aspecto, cor, massa específica, teor alcoólico, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e outros quesitos.

Tabela 2-Repatrição da oferta interna de energia brasileira.

Fonte de energia	Participação (%)
Petróleo e derivados	37,30
Biomassa da cana	16,9
Gás natural	13,7
Hidráulica	11,3
Lenha e carvão vegetal	8,2
Carvão mineral	5,9
Lixívia e outras renováveis	4,7
Urânio	1,3
Outras não renováveis	0,6

Fonte: Elaboração do próprio autor com dados de EPE (2016).

Segundo a regulamentação o etanol hidratado combustível deve apresentar seu teor alcoólico (% volume) em sua composição entre 95,1% e 96% de etanol e teor de água, máximo equivalente a 4,9%. Enquanto o etanol anidro deve possuir pelo menos 99,6% de teor alcoólico (% volume) com máximo de água igual a 0,4% (ANP,2011).

Segundo publicação da ANP (ANP,2016), as gasolinas comercializadas no País são: gasolina A, sem etanol, vendida pelos produtores e importadores de gasolina e gasolina C, com adição de etanol anidro, vendida aos postos revendedores e em seguida ao consumidor final. No posto revendedor, o consumidor pode escolher entre a gasolina comum e a gasolina Premium. Essa última é mais cara e, em geral, destinada a veículos de alto desempenho, pois possui um maior número de octano, permitindo que sejam submetidas a maiores taxas de compressão no motor.

Dessa forma, desde 16 de março de 2015, o percentual obrigatório de etanol anidro combustível na gasolina comum (gasolina C) é de 27% e da gasolina Premium é de 25%, conforme Portaria Nº 75, de 5 de março de 2015, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Resolução Nº 1, de 4 de março de 2015, do Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool (CIMA) (BRASIL,2015).

Conforme dados divulgados pela ANP, as vendas de combustíveis no mercado brasileiro em 2016 totalizaram 135,436 milhões de m³, em analogia, durante o ano de 2015 foram 141,811 milhões de m³ registrados. A comparação de um ano para outro representa uma redução de 4,5% no consumo de combustíveis em 2016. Desse saldo os combustíveis que mantiveram as vendas e, inclusive, com aumento de 1,1% foram a gasolina, gás liquefeito de petróleo (GLP), por outro lado o gás natural veicular (GNV) apresentou um crescimento de 3,2 % no volume final comercializado (Tabela 3). Os demais combustíveis apresentaram queda no consumo, e os valores mais impactantes foram do óleo combustível com queda de

32,4%. Especificamente a comercialização de gasolina C foi de 43,019 milhões de m³, um aumento de 4,6% em relação aos 41,137 milhões de m³ relativos a 2015. Já o consumo de etanol hidratado, que havia sido de 17,863 milhões de m³ em 2015, caiu para 14,586 milhões de m³ em 2016, uma redução de 18,3%. O etanol total (soma de anidro - etanol misturado à gasolina - e hidratado - etanol combustível) teve queda de 9% em 2016 frente a 2015, de 28,796 milhões de m³ para 26,201 milhões de m³ (ANP, 2016).

A título de comparação, no ano de 2015 nunca se consumiu tanto etanol no País desde o advento dos veículos *Flex Fuel*. O melhor período de consumo do biocombustível no País havia sido em 2009, quando atingiu 16,5 milhões de metros cúbicos. Alguns fatos justificam o maior consumo de etanol hidratado no ano de 2015 (FECOMBUSTÍVEIS, 2016): i) Houve um aumento no preço da gasolina, em decorrência da elevação dos tributos, impostos federais e estaduais. No início de 2015, o governo federal anunciou um pacote de medidas, que implementou reajuste das alíquotas de PIS¹ e Cofins¹ dos combustíveis fósseis e trouxe de volta a cobrança da Cide¹ para a gasolina. Esse aumento contribuiu diretamente para a migração do consumo de gasolina para o etanol hidratado; ii) Adoção de políticas públicas por governos estaduais, com o intuito de incentivar o consumo do biocombustível. A principal delas foi a mudança nas alíquotas de ICMS¹ em Minas Gerais. O governo mineiro não só reduziu a alíquota para o etanol, de 19% para 14%, como aumentou o percentual de ICMS para a gasolina C; iii) Em relação ao etanol anidro, o aumento do teor da mistura obrigatória à gasolina de 25% para 27%, que entrou em vigor em 16 de março de 2015, garantiu parte do consumo.

Com os preços da gasolina mais altos, o consumidor optou por reduzir o consumo, usar outros meios de locomoção ou substituir a gasolina pelo etanol, cujo preço, em alguns estados, se mostrou mais competitivo. Entretanto, nos últimos meses de 2015, com os preços do etanol subindo nas usinas teve início a diminuição do consumo de etanol (FECOMBUSTÍVEIS, 2016).

¹ Atualmente no Brasil, as operações que envolvem combustíveis estão sujeitas à incidência dos seguintes tributos: Imposto de Importação (II); Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS); Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS e COFINS Importação); Contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP); e Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (Cide) (LIMA, 2016).

Tabela 3-Vendas Internas de Combustíveis, em milhões m³, e variação do volume de venda entre os anos de 2015-2016.

Combustível	2012	2013	2014	2015	2016	Variação (%) 15/16
Diesel B	55.900	58.571	60.032	57.211	54.279	-5,1
Biodiesel (B100)	2.762	2.929	3.410	4.005	3.799	-5,1
Gasolina C	39.968	41.428	44.364	41.137	43.019	4,6
Gasolina A	31.758	31.679	33.273	30.204	31.404	4,0
Etanol anidro	7.940	9.686	11.091	10.934	11.615	6,2
Etanol hidratado	9.850	11.755	12.994	17.863	14.586	-18,3
Etanol total	17.790	21.441	24.085	28.796	26.201	-9,0
GLP ¹	12.926	13.276	13.410	13.249	13.398	1,1
Óleo combustível	3.934	4.990	6.195	4.932	3.333	-32,4
QAV ²	7.292	7.225	7.470	7.355	6.765	-8,0
GAV ³	76	77	76	64	57	-10,2
GNV ⁴	5.320	5.125	4.960	4.820	4.976	3,2

¹ Gás liquefeito de petróleo; ² Querosene para aviação; ³ Gasolina para aviação ;⁴ Gás natural veicular em (mil m³/dia). Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados de ANP (2017).

Através dessas referências de demanda de combustíveis e os fatos que influenciaram o aumento das vendas de etanol no ano de 2015, pode-se afirmar que as políticas econômicas, como foi o caso do aumento dos impostos em cima da gasolina, tem o poder de influenciar qual combustível estará mais viável nas bombas para o consumidor.

5.3 Produção nacional de cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o qual faz a utilização como matéria-prima para a produção de etanol. A oportunidade e a necessidade mundial por aumento de combustíveis obtidos através de fontes renováveis abriu mercados para a utilização do etanol. Essa demanda aliada às grandes áreas cultiváveis e condições edafoclimáticas favoráveis à cana-de-açúcar, tornou o Brasil um país promissor para a produção de etanol (CONAB, 2017a).

Apesar da grande oportunidade de prosperidade do etanol, as estimativas indicam que, na safra de 2017/2018, haverá queda na produção de cana-de-açúcar, como pode ser observado na Figura 3 e em números na Tabela 4. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) em seu quarto levantamento, referente à safra de 2016/17 (CONAB, 2017a), as estimativas foram de 657,18 milhões de toneladas, representado uma redução de 1,3% em relação à safra anterior 2015/16. Estima-se para a safra de 2017/18, segundo CONAB, 2017b, cerca de 647,6 milhões de toneladas, contração de 1,5% em relação à safra 2016/17. A CONAB promove desde 2005 levantamentos e avaliações quadrimestrais

da safra brasileira de cana-de-açúcar, portanto o valor estimado para 2017/18 ainda está sujeito a alterações até o último levantamento desta safra.

Como pode ser observado na Figura 3, a produção de cana no País vem se apresentando de forma descompassada. Essa situação, aliada a outros fatores econômicos, vem agravando um cenário desfavorável no setor sucroenergético no período pós-2008. Segundo Gilio (2017) o cenário envolve tanto aspectos relacionados à produção de cana, quanto para o segmento industrial. Sob o primeiro aspecto, destaca-se, principalmente, adversidades climáticas, situação que não necessariamente ocorrerá nas safras subsequentes, e a renovação inadequada de canaviais geraram queda de produtividade nas últimas safras. Outras hipóteses são levantadas, por Milanez (2012), em relação ao processo de mecanização da colheita, especialmente em São Paulo, vem contribuindo para a redução da produtividade agrícola dos canaviais.

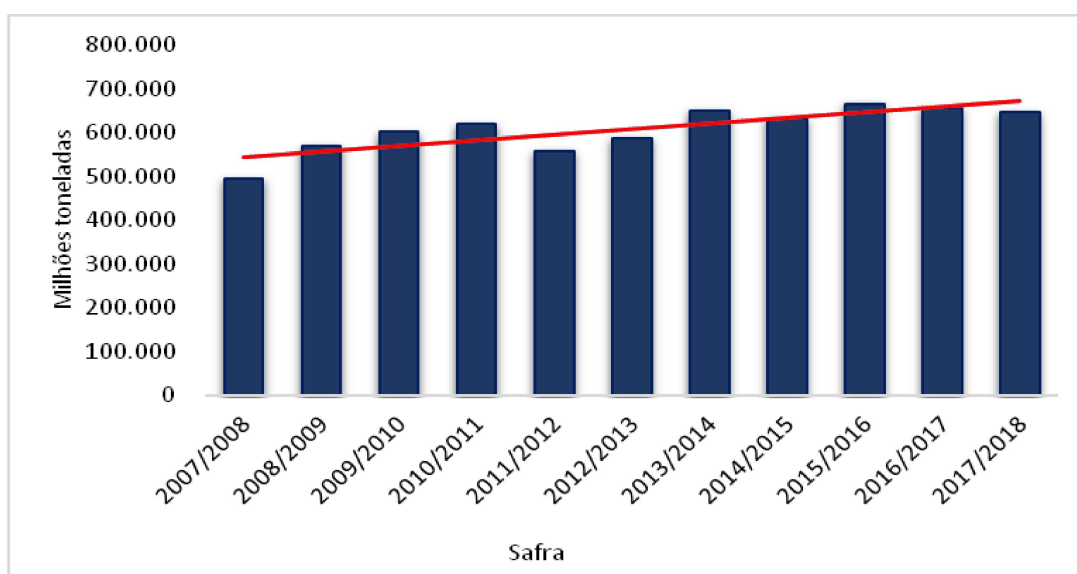


Figura 3-Produção nacional de cana-de-açúcar em milhões de toneladas, no período entre 2007 e 2017.
Fonte: Elaboração do próprio autor com dados de: ÚNICA (2017), CONAB (2017a), CONAB (2017b).

Quanto às questões climáticas, por mais que a tecnologia e a ciência avancem, ainda é difícil prever secas, geadas e chuvas, e a cana-de-açúcar como um produto agrícola depende, entre outros fatores, das condições climáticas para um bom desempenho.

Em relação à mecanização da colheita várias vantagens são associadas, principalmente benefícios trabalhistas e ambientais. Entretanto a rápida difusão deste processo revelou certas deficiências das máquinas e implementos utilizados pelo setor, sobretudo por conta da compactação do solo, consumo excessivo de mudas, menor densidade de plantas por área

plantada, maior altura em que o colmo é cortado pelas colheitadeiras em relação à altura do corte manual, além da elevação pelo menos inicial dos custos de produção. Ainda assim a tendência, para essas deficiências refletidas inicialmente, se reverterá à medida que os produtores atingirem maiores níveis de conhecimento e destreza no manejo agrícola mecanizado (GILIO, 2017; MILANEZ, 2012).

Tabela 4- Valores da produção nacional de cana-de-açúcar, em mil toneladas, desde a safra 2007/2008 até 2016/2017.

Safra	Produção nacional de cana-de-açúcar (milhões toneladas)
2007/2008	495.723
2008/2009	569.216
2009/2010	602.193
2010/2011	620.409
2011/2012	559.215
2012/2013	588.478
2013/2014	651.294
2014/2015	633.927
2015/2016	666.824
2016/2017	657.184

Fonte: Elaboração do próprio autor com dados de ÚNICA (2017) e CONAB (2017a).

Em relação à mecanização da colheita várias vantagens são associadas, principalmente benefícios trabalhistas e ambientais. Entretanto a rápida difusão deste processo revelou certas deficiências das máquinas e implementos utilizados pelo setor, sobretudo por conta da compactação do solo, consumo excessivo de mudas, menor densidade de plantas por área plantada, maior altura em que o colmo é cortado pelas colheitadeiras em relação à altura do corte manual. Além da elevação pelo menos inicial dos custos de produção. Ainda assim a tendência, para essas deficiências refletidas inicialmente, se reverterá à medida que os produtores atinjam maiores níveis de conhecimento e destreza no manejo agrícola mecanizado (GILIO, 2017; MILANEZ, 2012).

A renovação inadequada está relacionada à falta de investimentos. Dessa forma, a renovação do canavial se torna necessária, pois a cana é uma cultura semiperene, após o plantio ela pode ser cortada várias vezes antes de ser replantada. Seu ciclo produtivo tem duração, em média, de seis anos com cinco cortes, entretanto a cada corte a produtividade diminui. As principais tecnologias com potencial de contribuição para aumento da produtividade e sustentabilidade da cana-de-açúcar estão associadas com o melhoramento genético, o gerenciamento agrícola, aplicação das técnicas de plantio, realização dos tratos

culturais e a colheita. Segundo a literatura, um canavial renovado produz 115 t/ha contra 55 t/há de um canavial no sexto corte. Através desses valores, pode-se dizer que, a não renovação do canavial leva a perda do potencial produção nas lavouras (CARRIZO, 2017; GILIO, 2017).

A Figura 4 apresenta a produtividade média e o Açúcar Total Recuperável (ATR) médio das últimas safras brasileiras. O ATR representa a quantidade útil de sacarose no caldo da cana-de-açúcar, por consequência seu valor estabelece a quantidade de produto final, açúcar ou álcool, que pode ser produzido com uma tonelada de cana-de-açúcar. Esse índice que está sujeito a vários tipos de alterações como particularidades entre estados e regiões, variações de uma safra para outra devido ao comportamento das condições climáticas sobre o desenvolvimento das lavouras de cana-de-açúcar, bem como do próprio processo de condução e colheita destas lavouras por cada unidade de produção (CONAB, 2017c).

Ao observar a conjuntura atual da área plantada de cana-de-açúcar por região no Brasil, na Figura 5, pode-se dizer que há uma concentração do setor sucroenergético principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, em destaque nacional o estado de São Paulo, detendo 56,3% da produção (CONAB, 2017a).

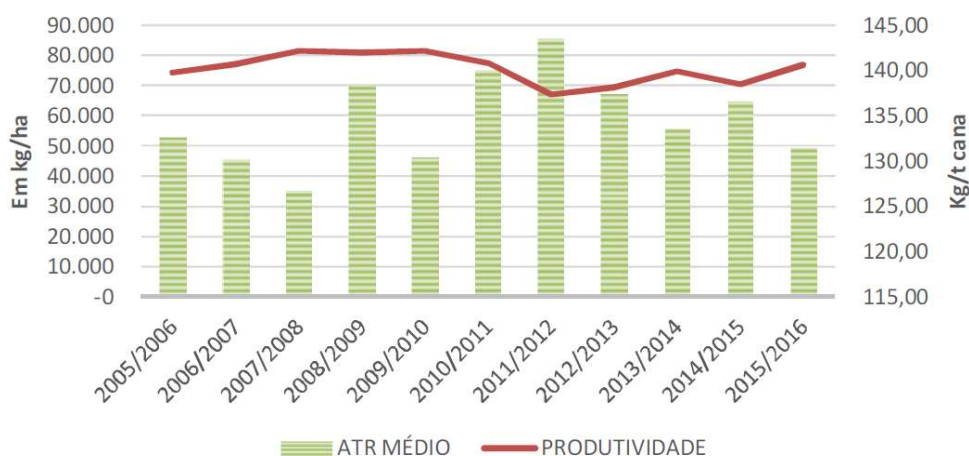


Figura 4-Produtividade e ATR médio, safras 2005/06 a 2015/16. No lado esquerdo o eixo representa a produtividade em Kg por hectare do lado direito ART médio em Kg por tonelada de cana. Fonte: GILIO (2017).

Essa polarização ocorre principalmente sobre estas áreas por apresentam condições climáticas e infraestrutura mais adequada à adaptação da cultura. Quanto a região Centro-sul alguns motivos, verificados no período entre 2004 e 2008, tais como a queda de preços de grãos, câmbio valorizado, elevação da remuneração da cana-de-açúcar e a implantação de

novas usinas, também impulsionaram este movimento de transição de culturas (CASTRO *et al.*2010).

A polarização dos canaviais se deve a tendência de aglomeração das lavouras sobre áreas próximas às já tradicionais, como ocorre em São Paulo. Essa ocorrência se justifica por questões de custos de produção, como: i) Uma vez que a cana oriunda em áreas a mais de 50 km de distância da usina os custos tornam economicamente inviável ao processo produtivo; ii) Pelos elevados custos de frete; iii) A necessidade da cana ser esmagada rapidamente (em até 48h), sob o risco de perda da qualidade e potencial energético; iv) Necessidade de investimentos em novas lavouras com prazo médio de recuperação em cinco anos; v) A expansão das lavouras, para outras áreas, faria necessário à implementação de novas usinas para processamento da cana, ativos muito específicos e de elevado valor, com realocação pouco provável para outras atividades (GILIO,2017).

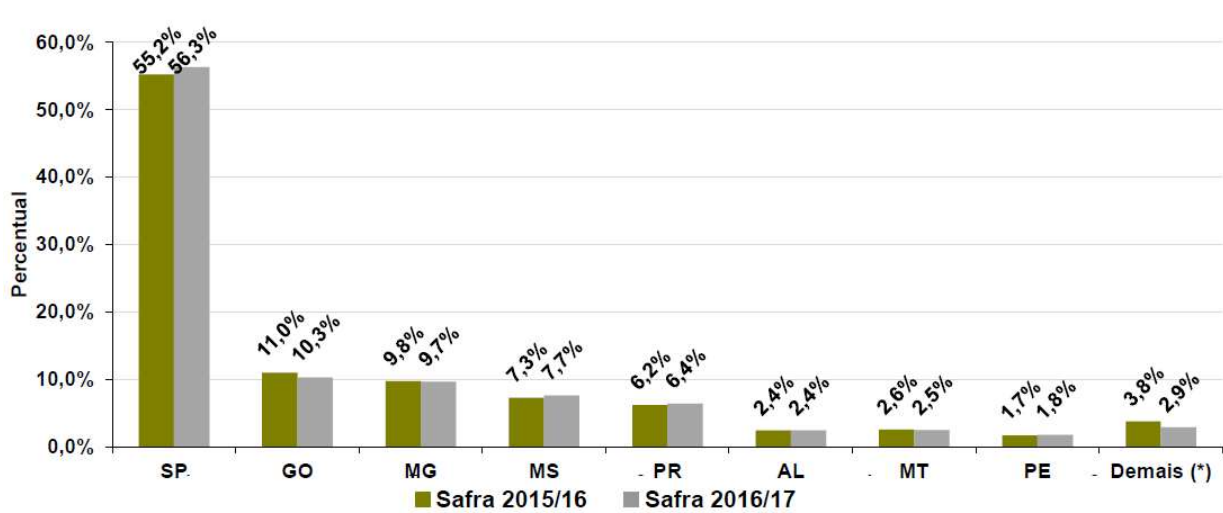


Figura 5- Porcentagem da produção de cana-de-açúcar por estado. Fonte: CONAB (2017a).

Contudo, analisando as referências na literatura, pode-se dizer que para que ocorra aumento na produção de cana, através da expansão de sua capacidade produtiva, vários fatores são necessários. Observa-se uma estagnação da produção na casa dos 600 milhões de toneladas desde a safra de 2013/2014 e, diminuição do ART médio e produtividade desde a safra de 2012/2013. Esses fatores interferem no volume de etanol produzido, assim para uma melhoria na produção de cana, através da expansão de sua capacidade produtiva, várias modificações se tornam necessárias. Tendo em vista que o Brasil possui terras cultiváveis e clima favorável, para que ocorra a expansão dos canaviais deve ser acompanhada de alguns fatores: i) Surgimento de novas usinas por fatores de viabilidade, discutidos acima; ii)

Incentivo em investimentos na renovação dos canaviais com a intenção de aumentar cada vez mais a produtividade por hectare plantado; iii) Melhoramento genético da cana.

5.4 Influência da commodity açúcar na produção de etanol

A produção de açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar se estabeleceu como uma das principais atividades produtivas do Brasil, compondo um dos setores mais importantes da economia nacional. Se por um lado o etanol se caracteriza como um combustível que carrega um apelo ambiental, por outro lado pode-se considerar o açúcar como um produto que, historicamente, o Brasil tem grande representatividade no mercado global. Segundo Ensina (2008) a maior parte cana-de-açúcar processada no Brasil tem como destino à fabricação de açúcar e etanol, ainda que outros produtos também sejam obtidos a partir da mesma matéria-prima, como rapadura, aguardente, melão e ração animal.

A produção de etanol e açúcar são estreitamente relacionadas, em situações onde ocorriam crises em relação ao açúcar, como superprodução ou preços baixos, para amenizar os prejuízos se recorria ao incentivo da produção do etanol. Uma das situações, onde isso ocorreu, foi durante a eclosão da II Guerra Mundial, que criou para a agroindústria canavieira do Brasil uma situação bem diversa. Em decorrência da guerra submarina houve um grande risco do transporte marítimo. Esse fato provocou um declínio das exportações de açúcar naqueles anos e por consequência, as condições de guerra residiram na alta dos preços do produto. Nessa época, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) fora criado, mais exatamente em 1933, iniciando a intervenção efetiva sobre a cadeia produtiva. A partir deste instante, as metas e diretrizes para a produção passaram a ser definidas pelo governo, que passou a estabelecer cotas de produção de açúcar e etanol, quantidades comercializadas e preços recebidos. Assim no decorrer da década de 1930, a produção de etanol havia sido consideravelmente ampliada. Isso se aplica particularmente ao álcool anidro, que teve como principal incentivo a sua utilização como aditivo à gasolina. O incentivo levou ao aumento da proporção de álcool anidro a ser adicionado à gasolina importada, de 5 para 20%. Essa foi uma das situações em que a produção de açúcar e etanol se relacionaram e por várias vezes e outros motivos, durante várias décadas, o preço, disponibilidade e capacidade de absorção do açúcar no mercado influenciou na produção de etanol (SZMRECSÁNYI, 1991).

Voltando ao contexto atual, na safra de 2016/17 houve um aumento de 15,5% na produção de açúcar, como pode ser visto na Figura 6, que foi estimada em 38,69 milhões de

toneladas, superando em 5,20 milhões de toneladas a safra anterior. Esse aumento na produção de açúcar se deve ao preço favorável da commodity devido ao déficit mundial na produção de açúcar, fato que impactou na elevação dos preços do produto. Desta forma a valorização dólar favoreceu as exportações que, associada aos bons preços praticados internamente, levaram as unidades a aumentar a produção de açúcar em detrimento ao etanol (CONAB,2017a).

O preço favorável do açúcar, no mercado externo, gera a expectativa de continuar elevando a representatividade do produto no setor sucroalcooleiro nacional para a safra de 2017/18. Entretanto, a previsão para a produção de açúcar deverá atingir 38.701,9 mil toneladas, praticamente o mesmo número alcançado no período 2016/17, 38.691,1 mil toneladas. Isso ocorre devido à previsão de uma menor produção de cana-de-açúcar nesta temporada, 647.625,6 mil toneladas, contra 667.184 mil do ano anterior. Essas projeções incentivaram a produção da commodity açúcar em relação ao etanol, pois já se estima uma queda de 4,9% na produção da safra 2017/18 (CONAB,2017b), conforme apresentado na Figura 6.

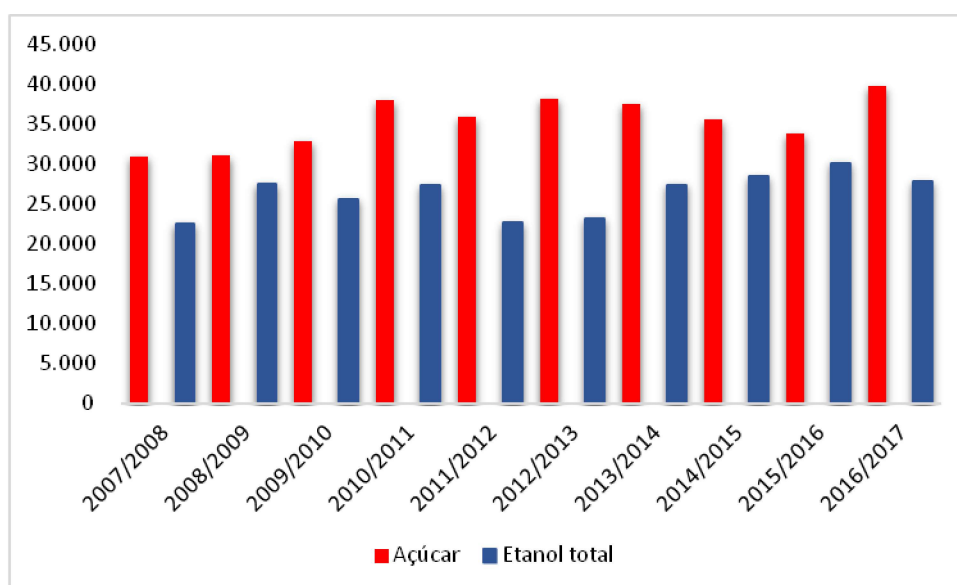


Figura 6- Levantamento da produção açúcar em mil toneladas e etanol total (anidro e hidratado) mil m³.
Fonte: Elaboração do próprio autor com dados de ÚNICA (2017).

O processo de regulamentação pelo IAA durou desde a sua criação até 1990, quando teve início a liberação do setor. A desregulamentação fez com que o setor enfrentasse os mecanismos de mercado capitalista sem os incentivos até então experimentados. Assim obrigou o setor a adotar novas estratégias competitivas. Esse processo trouxe consigo uma maior modernização do setor sucroalcooleiro, deixando-o mais competitivo (ANJOS,2010).

Atualmente a proporção que será destinada a cana de açúcar para produção de açúcar e álcool é definido pelas usinas, nos meses que antecedem o início da safras. Nesse momento o principal fator que influencia a proporção são os preços do açúcar e etanol (PINE,2016).

A influência do preço do açúcar, na produção do etanol, fica mais evidente após analisar a Figura 7, onde se relaciona os preços do açúcar e etanol. O episódio mais recente ocorreu na safra de 2015/16 quando houve a maior produção de etanol desde 2008, como pode ser visto na Figura 6. O fato coincide com a mesma época onde o preço do açúcar estava baixo, de acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) atingindo 44,75 reais, a saca de 50 Kg em setembro de 2014, justamente no período que as usinas planejam a proporção de cana destinada a açúcar ou etanol. Entretanto, em outubro de 2015 os preços subiram e não retrocederam até atualmente. Dessa forma, o açúcar é uma commodity importante comercializada mundialmente, que influencia diretamente na produção de etanol.

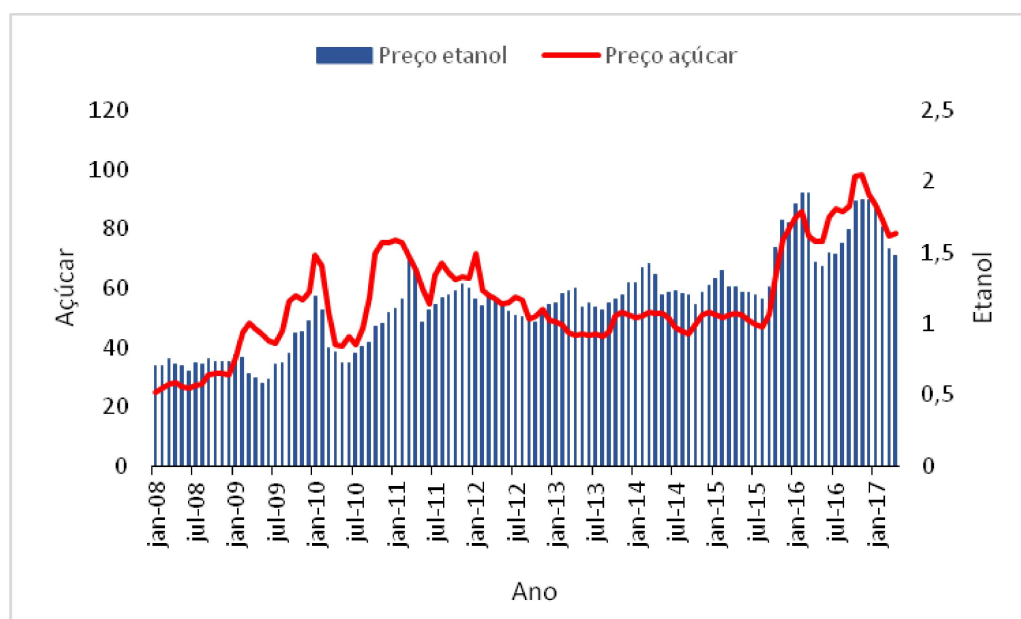


Figura 7-Preço do etanol hidratado e açúcar, no estado de São Paulo, no período entre janeiro de 2008 a abril de 2017. O preço do açúcar foi baseado na saca de 50 Kg. Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados de CEPEA (2017).

5.5 Utilização da biomassa da cana: produção do etanol de segunda geração (E2G) e bioeletricidade.

De acordo com ANEEL (2008) a biomassa pode ser classificada como: “[...]qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica”.

Várias fontes podem dar origem à biomassa como: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo). Dela é possível obter, além de energia elétrica, biocombustíveis como o E2G. Um exemplo de utilização da biomassa se dá através da lixívia negra (ou licor negro), obtida do processamento da madeira no processo de extração da celulose, ela é utilizada como combustível na própria indústria de celulose.

Para saber como pode ser realizado o aproveitamento da biomassa proveniente da cana, primeiramente torna-se necessário o entendimento da estrutura de uma planta de cana-de-açúcar. Assim, por definição, a planta da cana pode ser descrita como sendo formada essencialmente por três partes: colmos, pontas e folhas, e raízes. Como pode ser notado na Figura 8. Nos colmos se concentra a sacarose, as pontas e folhas representam a porção que constituem a palha da cana e as raízes que se localizam no subsolo. Uma tonelada de colmos compreende aproximadamente 140 Kg (ms) de sacarose, 130 Kg (ms) de bagaço (fibra) e 140 Kg (ms) de material lignocelulósico referente à palha da cana (SEABRA,2008). O principal produto da cana é a sacarose, utilizada tanto pra produção de açúcar quanto álcool. Entretanto o bagaço se tornou um co-produto competitivo, pois foi através desse que às usinas conquistaram autossuficiência energética e até mesmo a possibilidade de venda dos excedentes (SEABRA,2008).

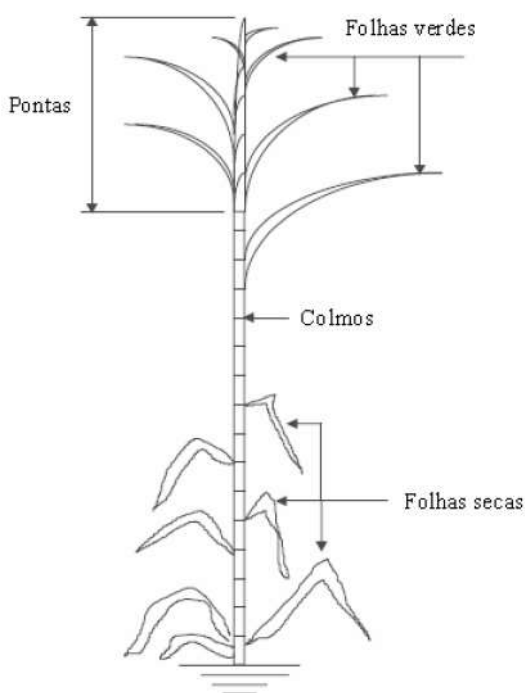


Figura 8-Parte aérea de uma planta de cana-de-açúcar, as raízes são localizadas no subsolo.
Fonte: SEABRA (2008).

Diferente do bagaço, por muito tempo, o destino da palha era a queima realizada para facilitar o processo de colheita manual, fato que também pode ocorrer na colheita mecanizada. No entanto, essa prática tem diminuído consideravelmente nos últimos anos, devido a lei estadual de São Paulo nº 11.241/2002 de 19 de setembro de 2002 (ALESP, 2002) que prevê a tomada de providências para reduzir a prática, chegando a eliminação total da queima em 2021. Dessa forma o abandono da queima da palha disponibiliza uma quantidade enorme de biomassa que antes era totalmente desperdiçada. Apesar dessa disponibilidade para que seu uso possa ocorrer ela deve ser transportada do campo para a usina, fato que irá gerar um custo. Sem um destino determinado, usualmente, se deixa a palha não queimada no campo, atuando como uma proteção verde para o solo (SEABRA, 2008).

Para o Brasil a utilização de biomassa tem um papel muito importante na matriz energética, pois representa uma das principais alternativas para a diversificação e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. Através do conceito de geração de energia utilizando a biomassa, surgiu o termo bioeletricidade, que segundo ÚNICA (2011): “A bioeletricidade é uma energia limpa e renovável, feita a partir da biomassa”. Assim, por analogia, da mesma forma como o etanol representa uma alternativa brasileira para o petróleo, a bioeletricidade representa a alternativa que melhor complementa nosso sistema hidrelétrico. Dessa forma, a correlação entre a bioeletricidade e a hidroeletricidade é ideal, tendo em vista que a cana produz biomassa justamente nos meses de maior seca na região Centro-Sul (abril a novembro). Por isso, a bioeletricidade funciona como um amparo respeitável contra baixos níveis de água nos reservatórios (UNICA, 2011).

Neste sentido, para o setor sucroenergético, a produção de etanol e geração de energia, a partir da biomassa da cana, são produtos sinérgicos. Sendo assim, uma política para estimular a produção de bioeletricidade tem suma importância para a expansão e viabilidade do etanol no País.

Apesar da consagrada aplicação da biomassa da cana para geração de energia, a necessidade de aumentar a oferta de biocombustíveis aliada à disponibilidade de materiais lignocelulósicos, mobiliza em todas as partes do mundo pesquisas para desenvolvimento de biocombustíveis a partir desses materiais. Dado ao Brasil a grande vocação para a produção de etanol, torna-se viável o desenvolvimento desse biocombustível proveniente de materiais lignocelulósicos, o qual foi denominado de etanol de segunda geração (E2G). Esse tipo de tecnologia traz a oportunidade de acréscimo expressivo em litros de etanol sem a necessidade de aumentar a área plantada. Assim não somente a biomassa vinda da cana pode ser

empregue como matéria-prima para o E2G, mas vários resíduos da agroindústria tem potencial para essa finalidade.

A biomassa lignocelulósica é o mais farto recurso biológico renovável da terra. Sua composição tem três constituintes principais: celulose, hemicelulose e lignina. A união desses três componentes caracteriza uma estrutura responsável por formar uma barreira natural, que dificulta a ação de microrganismos. Dos componentes formadores da biomassa a parte fermentescível está presente na forma dos polímeros de celulose e hemicelulose, os quais são recobertos pela lignina, uma macromolécula. Nesse sentido, um dos principais empecilhos que envolvem a produção de E2G consiste na liberação desses polissacarídeos, pois para isso é necessário “desmontar” a parede celular. Além desse empecilho o processo deve ocorrer de forma eficiente e economicamente viável (SANTOS,2012).

Para que a produção de E2G seja economicamente viável, é necessário o aproveitamento de todas as frações fermentescíveis presente no material lignocelulósico: fração C6, obtida da celulose, e fração C5 da hemicelulose. Essas frações após passarem pelo processo de hidrólise geram os principais açúcares glicose e xilose respectivamente (SUAREZ,2014). Dessa forma, vários outros resíduos da agroindústria tem potencial pra produção de E2G, porém a porcentagem dos seus componentes (celulose, hemicelulose e lignina) que podem varia de acordo com a fonte, como pode ser visto na Tabela 5:

Tabela 5-Composição de biomassas lignocelulósicas com potencial para produção de etanol de segunda geração

Biomassa Lignocelósica	% Celulose	% Hemicelulose	% Lignina
Palha de cana	40-44	30-32	22-25
Bagaço de cana	32-48	19-24	23-32
Espiga de milho	45	35	15
Palha de trigo	30	50	15
Palha de arroz	43,3	26,4	16,3
Fibra de coco	36-43	0,15-0,25	41-45
Fibra de bananeira	60-65	6-8	5-10
Palha de cevada	31-45	27-38	14-19

Fonte: SANTOS (2012).

Considerando as informações da Tabela 5 pode-se dizer que não somente a biomassa da cana tem potencial para a produção de E2G, mas vários outros tipos de biomassa, como estão exemplificados. Alguns irão apresentar maior viabilidade que outros de acordo com a porcentagem dos componentes. Pode-se dizer também que a palha da cana, um material até então desperdiçado, apresenta alto potencial para a produção de E2G. Assim, no contexto

onde ocorre o abandono das queimadas dos canaviais a consequência será o aumento da disponibilidade de palha. Isso será uma grande oportunidade de destinar essa biomassa para a produção de E2G, tendo em vista seu potencial para tal finalidade.

No Brasil duas empresas estão atuando na produção de E2G em escala comercial, a GranBio e Raízen. A GranBio, empresa de biotecnologia industrial, é um exemplo de revolução verde em nosso País, visto que é uma empresa 100% brasileira. Ela foi pioneira na implantação dessa tecnologia no País, sua unidade industrial Bioflex 1 foi a primeira planta de etanol de segunda geração no Hemisfério Sul. Localizada em São Miguel dos Campos no estado de Alagoas, está em operação desde setembro de 2014, com capacidade para produzir 82 milhões de litros do biocombustível por ano, utilizando como matéria-prima a palha e bagaço de cana (GranBio, 2017).

No caso da empresa Raízen, essa se destaca no setor energético como uma das mais competitivas do mundo. Possui várias unidades produtoras e distribuidoras espalhadas nas diversas regiões do Brasil. Sua primeira planta industrial, para a fabricação do E2G, está em operação desde novembro de 2014 e utiliza também como matéria-prima a palha e bagaço da cana. A unidade está localizada em Piracicaba (SP), e tem uma capacidade instalada de 40 milhões de litros de etanol por ano. Diferente da unidade Bioflex 1 (GranBio) a fábrica em Piracicaba funciona de forma integrada, reunindo em um mesmo complexo usina de primeira geração (que processa cana) e de segunda geração. A Raízen planeja até 2024 construir mais sete plantas de etanol celulósico, além da primeira inaugurada em Piracicaba. A expectativa é que essas unidades, ao serem localizadas próximas a plantas para produção de primeira geração, operem com capacidade máxima e produzam um bilhão de litros de etanol por ano. (RAÍZEN, 2017)

No futuro, a expansão e estabelecimento do E2G no Brasil, irá trazer outra forma de aproveitamento para a biomassa da cana. Porém esse fato acarretará na competição por esse insumo, atualmente dedicado para geração de energia. Da mesma maneira, esse contexto lembra ao que ocorre na disputa para a fabricação de açúcar e etanol, similar ao discutido no item 5.4. Com isso, a propensão será de designar esses insumos de forma a se obter a maior rentabilidade, considerando os custos de produção, a demanda e os preços de mercado. Outra hipótese relevante seria a utilização de outras formas de biomassa, derivadas da agroindústria, para a produção do E2G.

5.6- Etanol de cana-de-açúcar ou milho?

Em vista do cenário discutido no item 5.3, em relação à estagnação da produção de cana de açúcar, e a discussão sobre o conflito na destinação dos açúcares da cana no item 5.4, uma alternativa para expansão da produção de etanol seria a inserção de novas matérias-primas. Atualmente duas opções estão em destaque o material lignocelulósico e o milho. Entretanto, pelo mundo, várias matérias- primas vêm sendo utilizada para a produção de etanol (Tabela 6). Apesar de todas as vantagens na utilização do etanol, ainda assim algumas questões geram críticas em relação a sua produção. Uma das questões está na matéria-prima utilizada, por ser uma monocultura, no caso mais específico como o milho uma fonte de alimento. Essas críticas são baseadas na necessidade de expansão na produção de alimentos para a população, que cresce cada vez mais (MACEDO, 2007).

Tabela 6- Matérias- primas utilizadas para a produção de etanol pelo mundo.

No mundo	Matérias-primas
USA	Milho
Brasil	Cana-de-açúcar
Alemanha	Beterraba
África	Sorgo sacarino
Europa	Trigo

Fonte: Elaboração do próprio autor com dados de MACEDO (2007).

Apesar da existência de diversas matérias-primas para a produção de etanol, entre as mais promissoras estão o milho e a cana-de-açúcar. Atualmente o EUA ocupa o primeiro lugar na produção mundial de etanol utilizando milho, seguido pelo que utiliza a cana-de-açúcar. Em 2015 os EUA produziram 57,5% do etanol mundial e o Brasil 27,7% (Figura 9).

Justamente os EUA são os maiores produtores mundial de milho, produzindo na safra de 2016/2017 384,8 milhões de toneladas (Quadro 1). Atualmente o Brasil ocupa o terceiro lugar na produção do cereal, produzindo 93,5 milhões de toneladas.

Várias particularidades são consideradas quando se compara a produção do etanol a partir de milho ou cana-de-açúcar. Para a cana-de-açúcar a fonte fermentável é a sacarose, facilmente fermentada pelos microrganismos, no milho a fonte é o amido, um polissacarídeo, o qual necessita a realização de uma etapa enzimática visando hidrólise. A velocidade de fermentação para a cana leva de 7 a 11 horas, já o milho o processo leva entre 40 e 70 horas. Segundo Milanez (2014), enquanto a cana-de-açúcar chega a produzir cerca de sete mil litros

de etanol por hectare, o milho produz apenas quatro mil litros. No período de entressafra, a cana-de-açúcar não pode ser processada, já que não é possível estocá-la. Isso não ocorre com o milho, que pode ser estocado ao longo do ano. Para cada unidade de milho processada em etanol, um terço retorna para o mercado de nutrição animal. Porém o bagaço da cana-de-açúcar, oriundo da moagem, dá origem à energia elétrica abastecendo a própria usina e o excedente pode ser vendido para concessionária de energia. Sobre essa comparação várias questões, vantagens e desvantagens podem ser citadas exaustivamente, assim resumidamente o Quadro 2 cita os principais pontos comparação.

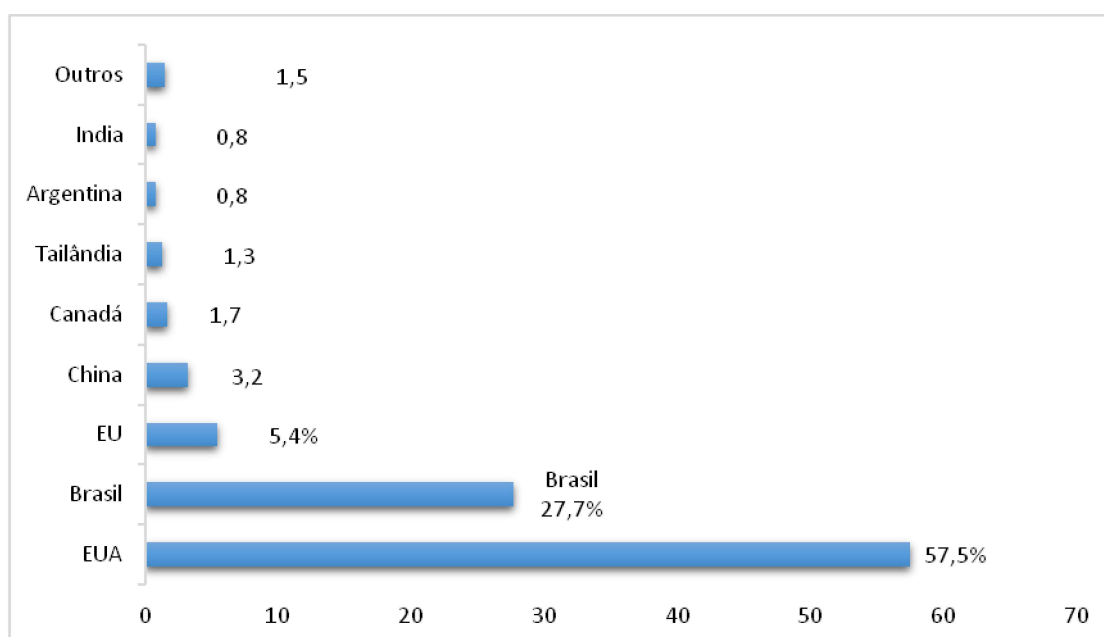


Figura 9- Porcentagem da produção mundial de etanol no ano de 2015, por países produtores. Fonte: DEPEC (2017).

Quadro 1- Produção mundial de milho (milhões de toneladas).

Países	Safras		Variação	
	15/16	16/17 ¹	Abs.	(%)
EUA	345,5	384,8	39,3	11,4%
China	224,6	219,6	-5,1	-2,3%
Brasil	67,0	93,5	26,5	39,6%
U.E.28	58,4	60,3	1,9	3,2%
<i>Demais</i>	<i>267,8</i>	<i>295,6</i>	<i>27,9</i>	<i>10,4%</i>
Mundo	963,3	1.053,8	90,4	9,4%

¹ 12º levantamento USDA da safra 2016/17 - Abril/17. Fonte: FIESP (2017).

Quadro 2- Panorama geral das biomassas para a produção do etanol

Matéria-prima	Redução na emissão de GEE	Custo de produção	Produção de biocombustível por hectare	Terras utilizadas
Grãos (trigo, milho)	Moderado a baixo	Moderado	Moderado	Terras férteis
Cana-de-açúcar	Alto	Baixo	Alto	Terras férteis

Fonte: MILANEZ (2014).

Assim como no Brasil, os EUA destinam uma parte da matéria-prima para a produção de etanol, a outra parte é destinada como alimento na forma de açúcar (Brasil) ou no caso do milho alimento animal e humano. Na safra de 2016/2017 estima-se que o Brasil destinou 353.96 das 657,18 milhões de toneladas de cana-de-açúcar para a produção de etanol (CONAB,2017). Já os EUA destinaram em torno de 134,63 milhões de toneladas do milho para produção de etanol (MENDES,2016).

O Brasil se caracteriza por ser grande produtor e também consumir boa parte da sua produção. Dessa forma o milho brasileiro, tanto o que fica no mercado interno quanto a parte exportada, segue uma tendência mundial de destinar a maior parte do cereal para à produção de rações, que servirão como alimento animal. Uma menor parte segue para indústrias químicas ou mercado de consumo *in natura*.

Entretanto apesar da viabilidade do consumo do milho, para alimentação animal, em algumas regiões a elevada produção não conta com condições logísticas para escoamento apropriado do cereal. Por outro lado, há uma busca de matérias-primas que possam ser processadas, pelas usinas de cana-de-açúcar, durante a entressafra. Desta forma, o milho possui grande potencial para sua implementação como matéria-prima, proporcionando ao setor sucroenergético, a capacidade de cada vez mais elevar os níveis de utilização de seu parque industrial ao longo do ano. Diante desta conjuntura vem surgindo a tendência da elaboração de usinas denominadas “usinas *flex*”. Estas são capazes de processar cana-de-açúcar e milho, para produção de etanol (MILANEZ,2014).

Até dezembro de 2016 há registros de três “usinas *flex*” no estado de Mato Grosso. Elas são: Usimat, operando desde 2011, localizada em de Campos de Júlio, usina Libra localizada em São José do Rio Claro e a usina Porto Seguro em Jaciara. Juntas, as três usinas têm capacidade para produzir 150 milhões de litros de etanol por ano. Há duas novas usinas em construção no estado e a perspectiva do setor, com a incorporação destas duas

novas unidades, para a safra 2017/2018 é dobrar a produção superando 300 milhões de litros de etanol (SANTOS,2016).

Assim como a implementação do E2G discutido no item 4.5, o etanol de milho é uma grande oportunidade para inovação do setor. Levando também em consideração que essa alternativa permitirá o aumento da produção de etanol em outras regiões do Brasil, saindo do cenário de polarização da produção no estado de São Paulo.

Analisando as referências sobre a conjuntura atual do Brasil, em relação à produção de etanol proveniente do milho, pode-se dizer que, o País possui potencial e perspectivas de progresso. No entanto as perspectivas dependem não somente de tecnologias, mas também de decisões políticas, como subsídios, e interesse do setor sucroenergético. Para que a produção nacional atinja o nível de produção dos EUA, um longo caminho deverá ser percorrido. Principalmente comparando a dimensão de terras plantadas e o volume de etanol produzido. Pois apesar do Brasil ocupar o segundo lugar na produção mundial os EUA produzem mais da metade do etanol mundial.

Deste modo, a tendência da implementação das “usinas *flex*”, deverá se concentrar nas regiões onde há o excedente na produção de milho. Ainda que, no Brasil, a tecnologia de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar ser bem estabelecida, o etanol do milho pode vir como um complemento otimizando a capacidade produtiva do Brasil. Nesse caso, os fatores decisivos serão: a disponibilidade do cereal, os custos de produção e absorção do etanol no mercado.

5.7- Perspectivas

Fazer o estudo de perspectivas é algo bem desafiador, principalmente quando feito a um longo prazo. O etanol, como um combustível, faz parte do setor energético de um país, questão que do ponto de vista tecnológico está sujeito às várias transformações e inovações. Entretanto, para que um planejamento desse porte seja realizado torna-se necessário que as medidas aconteçam com antecipação, pois requer investimentos, mão de obra qualificada, situação econômica em que se encontra o país, projetos e planejamentos. Por isso, todas as questões levantadas e discutidas sobre os desafios e as oportunidades no setor sucroenergético devem ser tradas com relevância, para que assim os resultados possam acontecer.

Diante do desafio de almejar as perspectivas, segundo os cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto, conforme apresentado na Versão Estendida 2030 (EPE,2017a), alguns fatores devem atuar em prol, como:

- Prática do preço da gasolina de acordo às cotações internacionais;
- Políticas de incentivo ao etanol como, por exemplo, alterações na CIDE, no PIS/COFINS e no ICMS incidentes sobre o etanol e a gasolina em alguns estados;
- Disponibilização de linhas de financiamento para o setor, gerando investimentos para implementação em novas unidades;
- Promoção da renovação do canavial e tratos culturais adequados;
- Expansão da área cultivada, que vem aumentando a uma taxa de 4% a.a. entre 2005 a 2015;
- Aumento da taxa de produtividade, que em 2011 estava em 67,1 toneladas por hectare (t/ha) atingindo 76,9 t/ha em 2015, o que corresponde a uma taxa de 3,5% a.a., quando considerado o ano base de 2011;
- Como resultado da expansão da área, aumento da produtividade, renovação do canavial e tratos culturais adequados, espera-se o aumento do ART.

Em outro contexto, uma vez que o etanol é um combustível ambientalmente correto, também será influenciado pela demanda geral de combustíveis. Ou seja, cada vez mais se preocupa com o meio ambiente e busca da economia e eficiência. Por isso a expectativa é que cada vez mais sejam inseridas tecnologias limpas para geração de energia e utilização de combustíveis. Assim as perspectivas de demanda dependem da inserção, aceitação e da disseminação de novos biocombustíveis e tecnologias, uma vez que, no futuro, o etanol pode se tornar uma tecnologia obsoleta.

Nos últimos anos, no Brasil, a frota de veículos leves tem exibido um intenso crescimento de vendas, devido à melhoria do nível de renda da população, condições favoráveis de crédito e incentivos fiscais, entre outros. Associado ao crescimento da frota evidencia-se o crescente problema sobre o trânsito nas grandes cidades, causando engarrafamentos, que resultam em prejuízos econômicos, sociais e ambientais. No contexto desses fatos, várias medidas e propostas irromperam para controlar e mitigar danos atuais e futuros.

Esses fatos vêm criando um ambiente propício a transformações do sistema de transportes que permita seu crescimento de forma mais sustentável. Assim, como uma maneira de intervir nessa questão gerou-se compromissos de diversos países com intuito em reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE).

As incertezas em relação à evolução do preço do petróleo levanta uma discussão sobre a segurança energética, que para garantir essa segurança torna-se necessário a inserção de fontes alternativas de energia e novas tecnologias. Como opção a isso faz-se o incentivo ao uso de transporte de massa com qualidade e ao uso de biocombustíveis. Uma alternativa tecnológica relevante vem através da eletrificação do sistema de transporte, que possui maior nível de eficiência o uso da tração elétrica quando comparada ao motor de combustão interna. Ainda assim, a introdução de novas tecnologias e combustíveis enfrenta grandes empecilhos na maioria dos países. Essas dificuldades estão justamente relacionadas à existência de uma extensa cadeia petrolífera, profundamente empregada na economia mundial e cuja principal razão de ser é o motor a combustão interna (EPE,2016a).

Em relação à demanda, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2024 (EPE,2015), estima-se que no período de 2014 a 2024 um crescimento de 6,8% ao ano atingindo em 2024 a demanda 26.914 milhões de litros de etanol hidratado. Para o etanol anidro no mesmo período as projeções são calculadas a partir da demanda de gasolina C e do teor de anidro pré-estabelecido, dessa forma projeta-se uma taxa média de crescimento de 1,9% ao ano. Deste modo, em 2024, a demanda de etanol anidro atingirá o valor de 13.270 bilhões de litros. Dessa demanda, entre hidratado e anidro, o etanol total chegará à cerca de 40 milhões de litros.

Para alcançar essas projeções, como pode ser notado na Tabela 7, com um aumento de 12 bilhões de litros em um período de 8 anos, serão necessários a inserção de 1,5 bilhões de litros por ano. Esse quadro de aumento contrasta com as estimativas atuais para a safra de 2017/2018, que já estão com uma defasagem de 4,9% em relação a 2016/2017. Entretanto para que essas perspectivas vigorem várias questões podem ir a favor e outras contra. Dentre dos fatores que são considerados a favor, se destaca a preocupação ambiental em diminuição da emissão de GEE e a possibilidade de novas tecnologias, como veículos cada vez mais econômicos e com motores elétricos. Como fatores negativos, ressaltam-se os elevados preços do açúcar que levam a maior tendência de uma safra mais açucarada, a competição com os preços da gasolina e a situação discutida em que os canaviais se encontram.

Tabela 7- Variação da produção de etanol no período entre 2016 a 2024.

Ano	Etanol total (bilhões de litros)
2016	27,8
2017	26,45
2024	40
Variação 2016-2024	12,20

Fonte: CONAB (2017a), CONAB (2017b) e EPE (2015).

Analisando somente o cenário atual da produção de etanol, que basicamente se resume a tecnologia de primeira geração, o desafio de alcançar essa meta de 1,5 bilhões de litros por ano se torna dificultoso. Porém, esse objetivo se tornaria mais tangível se ocorrer a inclusão da produção de E2G, como prevê a empresa Raízen (RAÍZEN,2017) que pretende até 2024 implantar mais sete unidades integradas de E2G, com a possibilidade da capacidade de um bilhão de litros de etanol por ano. Também como discutido, a viabilidade das “usinas *flex*”, que utilizam como matéria-prima cana e milho, no estado do Mato Grosso espera-se a incorporação duas novas unidades, ainda para a safra 2017/2018, juntas as usinas já existentes e as novas irão superar a produção com 300 milhões de litros de etanol por ano.

Ainda assim, diante de todos os desafios, as oportunidades de alavancar e atingir as perspectivas são possíveis, dentro do contexto em que as variáveis que influenciam o mercado do etanol operem em benefício do mesmo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um contexto mundial, em que cada vez mais se busca fontes alternativas menos poluentes de energia, o Brasil concentra ampla experiência com o uso do etanol como combustível. Entretanto a análise do cenário atual no setor sucroenergético mostra uma situação de instabilidade agravada por vários fatores levantados neste trabalho.

Avalia-se de acordo com as questões levantadas como: a estagnação na produtividade dos canaviais, juntamente com a relação de prioridades entre açúcar e etanol, e a prática de políticas governamentais que favoreçam bons preços de venda do etanol. São fatores decisivos, que precisam ser tratados com atenção para afastar o setor desse cenário de instabilidade.

Apesar de que o etanol tenha ganhado força nos últimos 40 anos, ainda passa por inconstância da sua produção por consequências das flutuações do preço do açúcar. Assim para que essa situação de modifique, será primordial a aplicação de investimentos em modernização, tais como a inserção das novas tecnologias e o uso de diferentes matérias-primas abundantes e de baixo custo.

7. REFERÊNCIAS

ANJOS, Kellyane Pereira dos, and André Maia Gomes Lages. **"Desregulamentação e migração da cana-de-açúcar em Alagoas."** Revista de Política Agrícola 19.3 (2010): 83-94.

ANEEL, 2008. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3a ed. – Brasília, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf>. Acesso em maio de 2017.

ANP [Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível]. **Seminário de Avaliação do Mercado de Combustíveis 2017 (Ano-Base 2016).2017**. Disponível em:<<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em abril 2017.

ANP [Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível]. **Consumo de combustíveis no Brasil caiu 4,5% na comparação entre 2016 e 2015.Fevereiro de 2017**. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br/wwwanp/noticias/3585-consumo-de-combustiveis-no-brasil-caiu-4-5-na-comparacao-entre-2016-e-2015>>. Acesso em abril 2017.

ANP [Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível]. **BOLETIM DO ETANOL Nº09**. FEVEREIRO, 2017a. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em maio de 2017.

ANP [Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível]. **Gasolina**, 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-derivados/155-combustiveis/1855-gasolina>>. Acesso em abril 2017.

ANP [Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível]. **Resolução nº 7, de 9 de fevereiro de 2011**. Disponível em:<http://www.udop.com.br/download/legislacao/comercializacao/institucional_site_juridico/res_anp_07_amplia_nomenclatura_alcool.pdf>. Acesso em abril 2017.

ANFAVEA [Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores] ,2016. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira** 2016. São Paulo.

ALESP ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO -. **Texto da Lei n. 11.241, de 19 de setembro de 2002**. São Paulo: ALESP, 2002. Disponível em:<<http://www.al.sp.gov.br/>>. Acesso em maio de 2017.

BARROS, G. D. C. e Moraes, M. A. F. D. (2002). **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro**. Revista de Economia Política, 22(2), 86.

BRASIL, Brasília – DF. **PORTARIA Nº - 75, DE 5 DE MARÇO DE 2015**. Disponível em:<http://www.sindiposto.com.br/images/Leis/Portaria-75-_-Ministerio-Agricultura-Pecuaria-e-Abastecimento.pdf> Acesso em abril de 2017.

CASTRO, Selma Simões de, et al. **"A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo."** (2010).

CARRIZO J. **Plantio da Cana-de-açúcar: Cuidados ajudam evitar prejuízos!** 22 fevereiro, 2017. Disponível em:< <http://esteiogestao.com.br/index.php/2017/02/22/plantio-de-cana-cuidados-ajudam-evitar-prejuizos/>> Acesso em maio de 17.

CEPEA [Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada]. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em maio de 2017.

CONAB [Companhia Nacional de Abastecimento]. **Acompanhamento da safra brasileira, quarto levantamento - safra 2016/2017 - abril/2017**. Brasília-DF, 2017a.

CONAB [Companhia Nacional de Abastecimento]. **Acompanhamento da safra brasileira, primeiro levantamento - safra 2017/2018 - abril/2017**. Brasília-DF, 2017b.

CONAB [Companhia Nacional de Abastecimento]. **Perfil do setor do açúcar e do etanol no Brasil- edição para a safra de 2012-2013**. Brasília, 2017c.

CORREIA, L. C. (2007). **A retomada do uso de álcool combustível no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Economia e Administração e Contabilidade da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil.

DEPEC [DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS]. **AÇÚCAR E ETANOL**,2017. Disponível em: < https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_acucar_etanol.pdf>. Acesso em: abril de 2017.

EPE [EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA]. **Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto: Versão Estendida 2030**. Rio de Janeiro, Fevereiro de 2017.

EPE [EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA]. **Balanço Energético Nacional 2016 (BEN 2016)**. Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro, Junho de 2016

EPE [EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA]. **Demanda de Energia 2050**. Rio de Janeiro, Janeiro de 2016a.

EPE [EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA]. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME/EPE, 2015.

ENSINAS, Adriano Viana. **"Integração térmica e otimização termoeconômica aplicadas ao processo industrial de produção de açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar."** (2008).

FIESP [FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO]. **Safra Mundial de Milho 2016/17 – 12º Levantamento do USDA**,2017. Disponível em:< http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/boletim_milho_abril2017/> Acesso em abril de 2017.

FECOMBUSTÍVEIS [FEDERAÇÃO NACIONAL DO COMÉRCIO DE COMBUSTÍVEIS E DE LUBRIFICANTES]. **Relatório Anual da Revenda de Combustíveis 2016**. Disponível em:< www.fecombustiveis.org.br > Acesso em abril de 2017.

FLEXOR, G. (2007). **O biodiesel e os desafios da inovação**. Carta Maior: Debate Aberto. Disponível em: <<http://www.cartamaior.com.br/?/Opinioao/O-biodiesel-e-os-desafios-da-inovacao/21980>>. Acesso em junho de 2017.

GRANBIO. Disponível em:< www.granbio.com.br>. Acesso em maio de 2017.

GILIO, Leandro, and Nicole Rennó Castro. "**Avaliação de aspectos limitantes ao crescimento do etanol e o setor sucroenergético no brasil.**" Revista Eletrônica de Energia 6.1 (2017).

Ipea [Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada]. **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas**. Organizador: Gesmar Rosa dos Santos. – Brasília, 2016. 315 p.

LIMA, Nilton César, and Gustavo Henrique Silva de Souza. "**A demanda do etanol e sua caracterização no mercado brasileiro de combustíveis.**" Organizações Rurais & Agroindustriais 16.4 (2015).

LIMA, Paulo César Ribeiro. "**Preços dos combustíveis no Brasil.**" (2016).

MACEDO, I. C. **Situação atual e perspectivas do etanol**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, jan./abr. p.157-165, 2007.

MENDES, Carla. **EUA 2016/17: USDA estima aumento de área, produção e estoques de milho e redução na soja**, 2016. Disponível em: < https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/usda/173115-usda-espera-producao-menor-de-soja-na-safra-201516-com-reducao-de-area-e-produtividade.html#.WPKD7_nyvIV>. Acesso em abril de 2017.

MILANEZ, Artur Yabe, et al. "**A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política.**" Revista do BNDES, Rio de Janeiro 41 (2014): 147-207.

MILANEZ, Artur Yabe, et al. "**O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política.**" BNDES Setorial, n. 35, mar. 2012, p. 277-302 (2012).

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; CONSOLI, M. A. **Mapeamento e quantificação do setor sucroenergético**. Ribeirão Preto: Markestrat, 2009.

RAÍZEN. Disponível em: < [www. Raizen.com](http://www.Raizen.com)>. Acesso em maio de 2017.

PINE. **Açúcar/etanol: safra 2016/17 ,08 de janeiro de 2016**. Disponível em: <file:///C:/Users/Ingrid/Downloads/2016%2001%2008_Acucar.pdf> Acesso em maio de 2017.

PISSINATO, B. (2014) **A cultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo entre 1950 e 2010: evolução histórica da área e da produtividade**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.