

Desafios e perspectivas da produção de etanol no Brasil – uma revisão

Rogério Cavalcante Gonçalves¹

Flávia Lucila Tonani Siqueira²

Jhansley Ferreira da Mata³

Glaucia Eliza Gama Vieira⁴

Resumo

O objetivo deste artigo consiste em discutir os desafios que giram em torno da produção de etanol como combustível líquido, a partir de biomassa vegetal, bem como as perspectivas que são elencadas em torno do seu futuro. A abordagem desta pesquisa foi do tipo exploratório, descritivo e bibliográfico. Posteriormente, os dados obtidos foram analisados e sistematizados de forma a fundamentar conceitos e transferir a experiência do trabalho executado de modo fiel, visando externalizar a relevância dos estudos sobre os trabalhos apresentados, no que se refere aos desafios e perspectivas da produção de etanol no Brasil. Apesar de desafios, as condições de mercado relacionado à oferta e à demanda analisada torna a produção de etanol promissora, considerando que o fornecimento de combustíveis fósseis não terá condições de suprir as necessidades crescentes por energia em nosso planeta de forma sustentável. O aumento da produção de energias renováveis irá crescer de forma gradativa principalmente a partir de biomassa, onde as questões ambientais, econômicas e políticas serão primordiais para a sustentação da expansão da produção de etanol.

Palavras-chave: Etanol. Desafios. Perspectivas.

Abstract

The aim of this paper is to discuss the challenges that revolve around the production of ethanol as liquid fuel from plant biomass, as well as the prospects that are listed around its future. The approach of this research was an exploratory, descriptive and bibliographical one. Subsequently, the data were analyzed and systematized in order to support concepts and transfer the experience of the performed work so faithful, to externalize the relevance of studies on the presented work with regard to the challenges and prospects of ethanol production in Brazil. Despite challenges, market conditions related to supply and demand analyses become the production of ethanol promising, whereas the supply of fossil fuels will not be able to meet the growing needs for energy in our planet sustainably. The increased production of renewable energy will gradually grow mainly from biomass, where the environmental, economic and political support will be crucial for the support of the expansion of ethanol production.

Keywords: Ethanol. Challenges. Perspectives.

1 Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Gurupi, TO, Brasil; especialista em Engenharia da Produção pela Faculdade Internacional de Curitiba (FACINTER) e mestrando em Agroenergia na UFT, Campus de Palmas, TO, Brasil. E-mail: cavalcanteroerio@yahoo.com.br

2 Doutora pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Jaboticabal e professora do mestrado em Agroenergia na UFT, TO, Brasil. E-mail: flaviatonani@uft.edu.br

3 Engenheiro Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal pela UFT e professor da Universidade do Estado de Minas Gerais, MG, Brasil. E-mail: matajf@uft.edu.br

4 Doutora pela Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; Mestre em Agroenergia pela UFT e coordenadora do Laboratório de Ensaio e Desenvolvimento em Biocombustíveis e Biomassa (LEDBIO), Campus Palmas, TO, Brasil. E-mail: glau.eliza@ig.com.br

Artigo recebido em 21/02/2011 e aceito em 29/04/2011.

1 Introdução

A evolução da sociedade sempre esteve atrelada ao consumo de energia, ocorrendo o salto mais expressivo no século 20 com a utilização do petróleo, porém com um elevado custo ambiental. A crescente demanda energética atrelada ao crescimento geométrico da população associada a uma expectativa de redução das fontes fósseis e diminuição de gases causadores de efeito estufa, está desenhando para este século uma nova matriz energética onde as participações de fontes renováveis apresentam-se como as mais promissoras.

Segundo Kohlhepp (2010), a problemática dos biocombustíveis está inserida no centro das atenções nacionais e internacionais, em virtude do aumento excessivo do preço do petróleo e da discussão mundial sobre a diminuição das emissões de CO₂ emitidas na queima desse, bem como a consequente diminuição do efeito estufa pelo uso de energias renováveis.

A fim de preservar e, ao mesmo tempo, mitigar os efeitos das emissões de CO₂ é necessário um esforço global com o objetivo de desenvolver fontes sustentáveis em energia (FISCHER *et al.*, 2008).

Atualmente, atrelado às emissões de gases de efeito estufa, temos a crescente instabilidade de preços do barril de petróleo na região do Oriente Médio, devido aos constantes conflitos políticos, desencadeando em muitos países a corrida por uma diversificação da matriz energética, visando à utilização de combustíveis líquidos, tendo como fonte de matéria-prima a biomassa.

Em relação às biomassas com potencial de produção de energia disponíveis, o etanol da cana-de-açúcar se destaca comercialmente em níveis de produção. O balanço energético positivo somado aos benefícios de apoio e de políticas governamentais em vários países, inclusive no Brasil que, atualmente, abastece aproximadamente 40 % do combustível para veículos de passageiros, coloca essa cultura em evidência na produção de etanol (GOLDEMBERG *et al.*, 2009).

O estabelecimento da tecnologia atual de produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar, se deve à criação do Proálcool pelo governo federal.

Na década de 1970, o Brasil iniciou um programa para substituir a gasolina pelo etanol, a fim de diminuir a dependência política e econômica nos períodos de instabilidade da oferta de petróleo. Nesse programa, a cana-de-açúcar foi escolhida como matéria-prima para produzir etanol e, em consequência disso, estudos agrícolas e tecnológicos foram grandemente intensificados, levando o Brasil a uma posição muito favorável em termos de segurança energética (SOCCOL *et al.*, 2010).

Vale ressaltar que, o aumento da produção de etanol só será possível se as redes de pesquisa, desenvolvimento e inovação tiverem um apoio, através de recursos financeiros por parte do governo, com o intuito de desenvolver tecnologias que serão capazes de obter energia, a partir de materiais lignocelulósicos presentes na cana-de-açúcar e outros resíduos vegetais (palha de arroz, resíduos da indústria de papel e celulose, casca da soja e outros), a fim de atender as perspectivas em torno do cenário de maior participação da biomassa na matriz energética brasileira.

A preocupação do governo brasileiro em relação à produção de etanol gira em torno da sustentabilidade, ou seja, apoiar um programa de exportação com responsabilidade ambiental e social. Em virtude dessas diretrizes, foi encomendado um estudo ao Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético - UNICAMP, a cerca da sustentabilidade da expansão da produção de bioetanol (CERQUEIRA LEITE *et al.*, 2009).

No entanto, a expansão da produção de etanol, prevista no Brasil para atender um mercado com potencial, em conjunto com a necessidade de diminuir a dependência por combustíveis fósseis, traz ao governo federal desafios que precisam ser ultrapassados, a fim de atender as perspectivas a cerca do etanol brasileiro. Portanto, serão discutidos os desafios que giram em torno da produção desse combustível renovável, bem como as

perspectivas que são elencadas em torno do seu futuro.

2 Material e métodos

A abordagem da pesquisa realizada foi do tipo exploratório, descritivo e bibliográfico. Os dados primários e secundários foram levantados através de livros, periódicos e artigos científicos, tanto para a definição de conceitos, quanto para elaboração de análises. Posteriormente, os dados obtidos foram analisados e sistematizados de forma a fundamentar conceitos e transferir, de modo fiel, a experiência do trabalho executado, visando externalizar a relevância dos estudos sobre os trabalhos apresentados no que se refere aos desafios e perspectivas da produção de etanol no Brasil.

2.1 Breve histórico da produção de etanol no Brasil

No final do ano 1975, o governo federal criou o Proálcool - Programa Nacional do Álcool, com intuito de barrar a ameaça do aumento acentuado dos preços do barril de petróleo, somado à tentativa de amenizar o colapso dos preços do açúcar, resultante da superprodução mundial, ficando conhecida como a primeira fase do Proálcool (ANDRIETTA *et al.*, 2007; XAVIER, 2007).

Na década de 80, conhecida como a segunda fase do Proálcool, o governo brasileiro expandiu a capacidade industrial com investimento em usinas, destilarias e fábricas de automóveis, que iniciaram a fabricação de carros movidos somente a álcool. Esses veículos movidos a etanol hidratado com um teor de álcool mínimo de 92,6 % alcançaram 96 % das vendas de automóveis em 1985 (SCANDIFFIO, 2005; SOCCOL *et al.*, 2005).

Logo depois, em 1984, cerca de 94 % da frota brasileira de veículos leves foram alimentados por etanol. A confiança no Proálcool começou a diminuir, devido a uma combinação de fatores, como o aumento rápido dos automóveis de passageiros movidos a álcool, a diminuição da produção de etanol causada pela baixa nos preços do eta-

nois pago aos produtores de cana, o que gerou uma incerteza política para o programa (ROSILLO-CALLE; CORTEZ, 1998).

Na quarta fase que compreende 1990-2002, as desconfianças com o programa Proálcool continuaram refletindo de forma negativa nas vendas de carros movidos a etanol. Somado a esse descrédito, as instalações de processamento de cana-de-açúcar, tanto para etanol como para o açúcar, propiciou nesse período um melhor custo de produção do açúcar, resultando no acréscimo de 8 milhões em 1990 para 19 milhões de toneladas de produção de açúcar em 1999 (KHESHGI *et al.*, 2000).

Um novo estímulo para produção de etanol acontece em março de 2003, com a introdução de veículos com a tecnologia *flex fuel*, que permitiu aos veículos leves a mistura de álcool e gasolina em qualquer proporção, dando ao consumidor uma maior flexibilidade de escolha, a partir da diferença de preço entre os dois combustíveis.

A tecnologia *flex fuel*, lançada nesse período, mudou completamente a crença do consumidor em álcool combustível (MARTINES-FILHO *et al.*, 2006; XAVIER, 2007).

De acordo UDOP (2009), atualmente, existem cerca 448 unidades de produção instaladas para produção de etanol, sendo que 354 unidades estão presentes nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e, o restante, se concentra na região Nordeste do país. Na região amazônica, que compreende quase 50 % do território brasileiro, existem apenas cinco unidades. De acordo com tendência do crescimento de produção, pode-se afirmar que novas unidades de produção de bioetanol deverão ser instaladas em futuro próximo.

2.1.1 Desafios para uma produção sustentável de etanol

Em uma abordagem geral e focada, impõe-se que os sistemas energéticos sejam de fato sustentáveis e que tenham caráter renovável.

Empregar a sustentabilidade de um sistema energético é bastante complexo, pois esse não está alicerçado apenas no vetor energético,

mas fundamentalmente em seu contexto de produção e utilização, onde os procedimentos e métodos ainda estão se consolidando. Há de se considerar que a utilização de biomassa vem sendo aproveitada há séculos pela humanidade, devendo ser considerada como uma alternativa energética a ser mais bem conhecida e promovida nos contextos em que se mostrar adequada (BNDES, 2006).

Em virtude da expansão da produção de bioetanol no Brasil, levantam-se preocupações em torno dos impactos ecológicos, econômicos e sociais que podem surgir fruto do cenário que se mostra em relação à produção dos biocombustíveis. Vários estudos estão sendo focados na avaliação dos impactos eminentes e em que intensidade poderá comprometer a sustentabilidade da produção de energia, a partir de biomassa, considerando, principalmente, a cana-de-açúcar como principal fonte de matéria-prima para produção de bioetanol.

O plantio de cana-de-açúcar ocorre através de mudas, e os tratamentos culturais compreendem aplicação de fertilizantes, herbicidas para controle de plantas daninhas, pesticidas para controle de pragas e doenças. Após o plantio, um talhão de cana-de-açúcar pode ser colhido várias vezes (cultivo de soqueira), até que o rendimento entre em declínio para justificar outro plantio. A colheita pode ocorrer manualmente ou através de colheitadeiras. Antes da colheita manual, ocorre a prática da queima de folhas e caule, com objetivo de se reduzir os custos de colheita e transporte. Dentro da usina a cana é lavada, picada, cortada, misturada com água e triturada. O suco, contendo sacarose, é convertido em álcool, usando levedura, processo de fermentação, após o qual a purificação e destilação ocorrem. O bagaço gerado é queimado, para gerar vapor e eletricidade para o processo, gerando também um excedente de eletricidade (MACEDO; CORTEZ, 2000; BRAUNBECK; CORTEZ, 2000). Esse excedente de energia gerado é negociado com as concessionárias de energia elétrica.

Para ocorrer à expansão da produção de etanol, a partir de cana-de-açúcar, serão necessárias cada vez mais tecnologias que pos-

sibilitem uma menor utilização de água nas fases de cultivo da matéria-prima e na fase industrial (conversão da sacarose em etanol).

De acordo com Macedo (2005), essa redução está relacionada com o processo de lavagem a seco da cana-de-açúcar, que está substituindo o processo de lavagem com água, que utiliza 5 m³ de água / tonelada de cana. O processo de lavagem a seco recicla a maior parte da água, ocasionando uma maior sustentabilidade do processo de conversão da sacarose em etanol.

O consumo de água, utilizado na irrigação das lavouras e a quantidade de fertilizantes, podem diminuir através do melhoramento genético de cultivares, com a adaptação dos mesmos a ambientes em que a cultura será submetida a estresse hídrico e a solos de baixa fertilidade.

De acordo com Smeets *et al.* (2008), a prevenção da erosão do solo e esgotamento dos nutrientes podem ser reduzidos através de procedimentos especiais de gestão e manejo, evitando plantios em solos marginais ou vulneráveis, ou com alta declividade, o monitoramento da qualidade do solo e balanço de nutrientes. Outra preocupação em torno da sustentabilidade gira em torno da queima da cana-de-açúcar, que tem como finalidade facilitar a colheita manual dos caules e, também, repelir animais peçonhentos, como aranhas e cobras, prevenindo o ataque desses animais aos cortadores de cana-de-açúcar. Mas essa prática de colheita causa danos e impactos. Danifica a haste da cana, ficando o tecido vegetal exposto à ação de patógenos causadores de doença, destrói a matéria orgânica do solo, deixando o mesmo sem cobertura e sujeito a processos erosivos. A queima da cana tem diminuído gradualmente no estado de São Paulo, de 82 % da área colhida em 1997 para 63 % em 2004. A mudança da colheita manual para a colheita mecânica tem impactos positivos relacionado com a qualidade do ar, mas negativo no aspecto social com diminuição do emprego (uma única máquina retira 80 trabalhadores do campo).

Levando em consideração a situação social, ocorrem problemas nas condições tra-

balhistas nas lavouras de cana-de-açúcar. Os cortadores oriundos dos estados do Nordeste e Minas Gerais, com contrato temporário, são submetidos a cortar, em média de 10-12 t/dia em São Paulo, enquanto nos anos 1980, eram exigidos 5-8 t/dia (KENFIELD, 2007). Segundo Macedo (2005), o salário médio pago para atividades nas plantações da cana-de-açúcar no Brasil é de R\$ 495; no Nordeste R\$ 316; mas em São Paulo, R\$ 810.

Em relação à qualidade do ar, segundo Cerri (2007), com o aumento da colheita mecanizada, além da redução de emissões de poluentes locais, reduz as emissões de CO₂, evitando a emissão de 183,7 kg de carbono por ano, por quilômetro quadrado.

Outro desafio, atualmente, está em torno da segurança alimentar versus produção de biocombustíveis, surgindo dois grupos contrários em suas ideologias. O primeiro grupo, daqueles que são contra as metas de produção de biocombustíveis, baseia-se em conceitos éticos e morais, considerando que as culturas energéticas só devem ser plantadas em áreas, onde não ocorra competição com aéreas de cultivo de grãos. Esse conceito não leva em conta os resíduos que podem ser aproveitados, tanto para ração, como para a produção de biocombustível, além de culturas energéticas que podem ser produzidas em terras marginais. O segundo grupo idealiza a produção de combustíveis líquidos renováveis, encontrando um eixo moral para tratar das questões ambientais e de segurança, considerando que a produção de biocombustíveis causa pouco impacto nos preços dos alimentos e da disponibilidade dos mesmos, frisando que os momentos instáveis de aumento ou redução de volume serão passageiros e, finalmente, compensados pelas forças do mercado, o que vai incentivar outros, particularmente, países menos desenvolvidos, para plantar grãos. Aumentos de produtividade ao longo do tempo também irão reduzir as necessidades de uso da terra, tanto para produção de combustíveis, como para a de alimentos (CERQUEIRA LEITE, 2009).

É possível um melhor aproveitamento de áreas para produção agrícola e biocombustíveis. Segundo Goldemberg (2009), para a

remoção dos obstáculos de forma simultânea, é necessário a expansão da disponibilidade de solo para a produção de energia, integrando o desenvolvimento de biomassa energética com as práticas agrícolas e florestais sustentáveis, com o objetivo de melhorar a produtividade de plantios, considerando o solo, a água e o uso de nutrientes, desenvolvendo principalmente tecnologias de produção avançada de matérias-primas e a sua conversão em combustível. Os biocombustíveis oriundos de biomassa lignocelulósica se apresentam de forma promissora, principalmente, quando se considera a minimização de eminentes conflitos entre produção alimentícia e energética e, na parte ambiental, contribuindo de forma significativa nos benefícios ambientais (redução de gases do efeito estufa) relativos ao uso de combustíveis fósseis.

2.1.2 Desafios da produção de etanol lignocelulósico

Para a utilização de celulose, para a produção de etanol em larga escala, em um nível economicamente competitivo, importantes gargalos precisam ser sanados e esforços de pesquisa são necessários, para que se alcance: 1) desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para a biomassa lignocelulósica no que diz respeito ao pré-tratamento, por exemplo, a aplicação de novos sistemas de engenharia de enzimas para a hidrólise da celulose; 2) desenvolvimento e produção de micro-organismos capazes de metabolizar os açúcares pentoses e hexoses, de forma simultânea, de maneira que resistam ao estresse imposto pelo processo de inibidores; 3) encontrar e possibilitar que micro-organismos geneticamente modificados se mantenham estáveis, em operações de fermentação em escala comercial; 4) proporcionar condições de viabilidade econômica (MARGEOT *et al.*, 2009).

A constituição da biomassa vegetal é compreendida em grande parte por materiais lignocelulósicos, representando fonte de compostos orgânicos da biosfera, 90 % da massa seca total. Os materiais presentes são: celulose, hemicelulose e lignina (ABRANTES, 2007).

Considerando o potencial dessa tecnologia, temos, como exemplo, a União Europeia e os Estados Unidos que estão realizando imensos esforços em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), para proporcionar ganhos de competitividade dos custos da produção comercial do etanol. Os desafios atuais estão focados em promover a recuperação eficaz de açúcares, através da hidrólise de frações de celulose e hemicelulose da biomassa, assim como uma melhor fermentação do açúcar (MACEDO, 2005).

Na tecnologia de produção do etanol de 2ª geração, que consiste no aproveitamento da biomassa lignocelulósica, ocorrem as seguintes etapas: pré-tratamento prévio da biomassa, hidrólise, fermentação de celulose e hexoses, a separação e tratamento de efluentes e, dependendo da matéria-prima, recolhimento, que pode ter um custo adicional (OJEDA; KAFAROV, 2009).

Dentre as etapas de produção citadas acima, o pré-tratamento é considerado o principal desafio dos pesquisadores. Segundo Mcmillan (1994), o pré-tratamento consiste em remover a lignina e hemicelulose, reduzindo a cristalinidade da celulose e aumentando a porosidade dos materiais que constitui a parede celular. O pré-tratamento deve alcançar aos seguintes requisitos: (1) proporcionar uma melhor formação de açúcares; (2) evitar a degradação ou perda de carboidratos; (3) evitar a formação de subprodutos que inibam a ação da hidrólise subsequente e a fermentação; (4) ser custo efetivo satisfatório. O conjunto de processos de ordem física, físico-químicas, químicas e processos biológicos têm sido utilizados para viabilizar o pré-tratamento de matérias lignocelulósicas.

Vários grupos de pesquisa de intuições brasileiras estão empenhados em desenvolver métodos de pré-tratamento que são: organosol, auto-hidrólise, a explosão a vapor, a hidrólise ácida e a extração alcalina com peróxido de hidrogênio. A lavagem alcalina de bagaço de cana-de-açúcar, por exemplo, está possibilitando a extração da maior parte da lignina matriz, fazendo com que a celulose e

hemiceluloses estejam mais disponíveis para hidrólise enzimática (PANDEY *et al.*, 2000).

Desde a estruturação do programa de etanol no Brasil, os estudos vêm sendo direcionado principalmente em técnicas pré-tratamento. A explosão a vapor é considerada um dos métodos mais utilizados na quebra das três principais componentes da biomassa (MARTÍN; KLINKE, 2008; BALAT *et al.*, 2008). A explosão a vapor consiste numa técnica a qual materiais lignocelulósicos são submetidos a vapor de alta pressão em um reator para que ocorra uma expansão adiabática (LEE, 1997; BALAT *et al.*, 2008; HENDRIKS; ZEEMAN, 2009).

A utilização de fungos celulolíticos que possuem a capacidade de secretar enzimas que atuam na desconstrução da parede celular vem sendo considerado como uma abordagem promissora. Dessa forma, a hidrólise enzimática pode ser realizada em conjunto com os processos de sacarificação e fermentação de forma simultânea, podendo diminuir os custos de produção em virtude da eliminação de uma etapa no processo de obtenção do etanol.

A partir do momento que a cana de açúcar com seus açúcares e fibras passarem a ser uma fonte de materiais de interesse, passível de serem utilizadas em uma ampla gama de produtos, em processos integrados e interdependentes, as usinas de açúcar e etanol decididamente irão se configurar, cada vez mais, no contexto das chamadas biorrefinarias, que mimetizam as atuais refinarias da indústria do petróleo, mas em novas bases e ambientalmente mais sustentáveis e renováveis (BNDES, 2006).

O futuro da produção de energia, a partir de biomassa, está baseado na produção de biocombustíveis da segunda geração, a partir da próxima década, quando o etanol será produzido de bagaço, celulose e outras matérias orgânicas, terão um incremento de produtividade aumentada de 40 % - 50 %. Essa produção de segunda geração será sustentável, em harmonia com o meio ambiente e iniciará "uma civilização moderna de biomassa" (SACHS, 2005).

2.1.3 Perspectivas de expansão da produção de etanol no Brasil

O Brasil será agraciado com a implantação da tecnologia de produção de etanol, a partir do bagaço de cana-de-açúcar como matéria-prima. Esse processo se torna atraente pelo fato da produção poder ser anexado ao complexo produtivo de açúcar e etanol já existentes, exigindo menores investimentos em infraestrutura, logística e fornecimento de energia. Outro fator condicionante, consiste no aproveitamento do bagaço gerado nas unidades industriais, portanto, livre de custos de transporte. Desenha-se um cenário promissor, considerando que a cada 10 milhões de toneladas de biomassa seca podem ser produzidos 600 milhões de galões de etanol, considerando o uso de sua parte apenas celulósico (SOCCOL *et al.*, 2010).

Para exemplificar o impacto da hidrólise, considerando a composição da parede celular que compreende 40 % e 17 %, respectivamente de celulose e hemicelulose, e as eficiências de conversão dessas frações com a diluição de enzimas e tratamento com ácido de celuloses, semelhante ao que está sendo utilizado no Brasil, pode se esperar rendimento de cerca de 280-330 litros por tonelada de bagaço seco (WOOLEY *et al.*, 1999).

Vale frisar que a produção de etanol celulósico que pode vir a ser uma solução, ainda enfrenta impasses tecnológicos prováveis de não serem solucionados até 2015. No entanto, ganhos de produtividade (alterações genéticas) podem ajudar significativamente no incremento de produção, reduzindo a terra adicional necessária. Considerando o requerimento de etanol para importação, países do hemisfério sul, principalmente Brasil, onde se encontra terra em abundância e clima propício ao cultivo de cana-de-açúcar, estão em uma situação privilegiada (MATHEWS, 2007).

As previsões da Petrobras Biocombustíveis levantam que a produção de etanol no Brasil pode triplicar até 2020, passando dos atuais 27,5 bilhões de litros para 70 bilhões de litros. A produção de cana-de-açúcar, tão criticada, ocupa apenas 0,9 % das áreas que

podem ser cultivados (com exclusão das áreas de proteção ambiental), enquanto a produção de alimentos ocupa 15,98 % das terras cultiváveis. Isso ressalta o potencial do Brasil na produção de etanol e também de alimentos. No entanto, o futuro que se desenha para a produção de biocombustíveis no Brasil, provavelmente, será ligado ao uso da biomassa (bagaço de cana e folhas), o que não demandará por aumento da área produzida no ritmo que se vê atualmente (SOCCOL, 2010).

Cerca de 92 % do bagaço é usado na cogeração de produção de energia elétrica. Se utilizarmos os 8 % que não entram no processo de calor, e esses forem convertidos para etanol, poderia se esperar um incremento de 2200 litros, elevando o rendimento do etanol por hectare para 8200 litros e reduzindo as necessidades de área para cultivo em 29 %. Se utilizarmos a palha que fica no campo na colheita e utilizarmos para a energia somado com 50 % do bagaço utilizado para produção de etanol celulósico, pode-se gerar um adicional de 3700-4000 de litros de etanol, proporcionado incremento total de 9700-10000 l/ha, reduzindo assim a exigência de uso da terra em 33-38% de hectares (MACEDO, 2005).

Se a expansão da cana-de-açúcar focar apenas no aproveitamento de pastagens, permitindo a intensificação do pastejo de gado, que atualmente está na média de lotação de 1,0 cabeça/ha para 1,3-1,5 cabeças/ha, pode proporcionar a disponibilidade de 50 - 70 milhões de hectares. Isso é mais do que suficiente para a expansão do etanol proposta pelo governo federal (JANK, 2007).

A perspectiva é que a produção de cana-de-açúcar brasileira deverá aumentar 20 % em 2012-2013 e a produção etanol em 35 %. O Brasil vai reduzir o percentual de cana-de-açúcar, para produção de açúcar de 47 % para 40 %, com a diferença destinada para produção de etanol (FOERSTER *et al.*, 2007).

Pereira (2006), já mencionava que o Brasil produziria 22 bilhões de litros de etanol na safra 2009 / 2010, estimando 13 % desse total destinados para exportação e o restante para abastecimento do mercado interno. A produção de etanol estimado para 2013 será

de cerca de 31,7 bilhões de litros, sendo que 16,4 bilhões de litros devem ser usados em veículos *flex-fuel*, 5,2 bilhões litros para adicionar à gasolina (26 %), 7,0 bilhões de litros são para suprir a mercado externo, 1,6 bilhões são para adicionar ao óleo diesel (3 %) e 0,4 bilhões são para a produção de biodiesel. O remanescente é designado para outros fins.

Em virtude da diminuição da oferta de petróleo no mercado mundial e a ratificação do Protocolo de Quioto, a demanda para o etanol tende aumentar tanto em nível interno como em outros países. Esse cenário proporciona ao Brasil oportunidades em termos de estratégia de participação no mercado internacional. Atualmente, o governo brasileiro se depara com dificuldades nesse campo (COSTA *et al.*, 2010).

Em relação ao fornecimento de petróleo, o Brasil está autossuficiente desde 2006, exceto no fornecimento de óleo leve. A Petrobras divulgou recentemente grandes reservas (extremamente profundas) de petróleo e gás na região do pré-sal, que compreende o litoral, na faixa entre Espírito Santo e São Paulo. No mesmo período que a Petrobras realiza esse anúncio, deflagra-se a procura mundial de energias alternativas, isto é, de biocombustíveis, em virtude, principalmente, do aumento rápido do preço recorde do petróleo, vendido a mais de US\$ 140/barril (junho de 2008). Dessa forma, a atuação do Brasil, além de fatores ambientais, concentra-se na estratégia da substituição da gasolina para o mercado interno, como também, na chance excepcional de fornecer etanol para o mercado nacional, mas, sobretudo, e em grande escala, para o mercado internacional (KOHLHEPP, 2010).

3 Conclusão

O aumento da produção de energias alternativas irá crescer de forma gradativa, principalmente, a partir de biomassa. As questões ambientais, econômicas e políticas serão primordiais para a sustentação da expansão da produção de etanol.

A conjugação de futuras demandas por energia exigirá o desenvolvimento e aprimora-

mento dos combustíveis. Atualmente, as tecnologias previstas não contemplam de forma integral a área social e ambiental. Há a necessidade de se atenuar impactos, potencialmente negativos, de tecnologias promissoras e estratégias que visem tirar proveito dos atributos positivos, com o intuito de proporcionar à sociedade um futuro melhor.

O futuro da produção de energia, a partir de biomassa, está baseado na produção de biocombustíveis da segunda geração, a partir da próxima década, quando o etanol será produzido de matérias lignocelulósicas, o que irá incrementar a produção de etanol no Brasil, possibilitando atender o mercado interno em expansão, bem como a exportação para outros países.

Referências

- ABRANTES, S. Avaliação de corantes artificiais em bebidas não alcoólicas e não gaseificadas. **Revista Analytica**, v. 27, fev./mar, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.revista-analytica.com.br/ed_antteriores/27/art01.pdf>. Acesso em: out. 2010.
- ANDRIETTA, M. G. S. *et al.* Bioethanol-Brazil, 30 years of Proalcool. **International Sugar Journal**, v.109, n. 1299, p.195–200, 2007.
- BALAT, M.; BALAT, H.; CAHIDE, O.Z. Progress in bioethanol processing. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 34, p. 551-573, 2008.
- BNDES. **Bioetanol de cana-de-açúcar Energia para o desenvolvimento sustentável**. Resumo Executivo. 2006. Disponível em: <http://www.bioetanoldecana.org/pt/download/resumo_executivo.pdf>. Acesso em: ago. 2010.
- BRAUNBECK, O. A.; CORTEZ, L.A.B. The cultivation of sugar cane and waste recovery. In: ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S.V; H. ROTHMA, H. (Eds.). **Industrial uses of biomass energy**. Londres: Taylor & Francis, 2000. p. 119-139.
- CERQUEIRA LEITE, R.C. *et al.* Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol?. **Energy**, v. 34, p. 655–661, 2009.

- CERRI, C.C. Sequestro de Carbono (sequestro de carbono). In: ENCONTRO DE BIO-COMBUSTÍVEIS IN TENDÊNCIAS, NA ÁREA INTERNACIONAL, PETROBRAS, **Anais...** Rio de Janeiro, 2007.
- COSTA, A. C. A.; JUNIOR NEI, P.; ARANDA, D. A. G. The situation of biofuels in Brazil: New generation technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 3041-3049, Dec. 2010.
- FISCHER, G. *et al.* Land use dynamics and sugarcane production. In: ZUURBIER, P.; VAN DE VOOREN, J. (Eds.). **Sugarcane ethanol: contribution to climate change mitigation and the environment**. Wageningen: Wageningen Academic, p. 29-62, 2008.
- FOERSTER, E. *et al.* **Europea new market for biofuel exports or vibrant competitor?** Disponível em: <http://archiv.rural-development.de/fileadmin/ruraldevelopment/volltexte/2006/06/ELR_dt_16-18.pdf>. Acesso em: out. 2010.
- GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.
- HENDRIKS, A. T. W. M.; ZEEMAN, G. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 10-18, 2009.
- JANK, M. S. The Old Sugarcane International Forum on the Future of Alcohol. **Opinions of our**. São Paulo: Editora Magazine, v. 12, p. 12-16, Oct./Dec. 2007.
- KENFIELD, I. **Brazil's ethanol plan breeds rural poverty, environmental degradation**. In: International Relations Center. 2007. Disponível em: <<http://www.americas.irc-online.org/am/4049>>. Acesso em: 10 fev. 2011.
- KHESHGI, H. S.; PRINCE, R. C.; MARLAND, G. The potential of biomass fuels in the context of global climate change: Focus on transportation fuels. **Revista Energy Environ**, n. 25, p. 199-244, 2000. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/annurev.energy.25.1potencial_biomass_fuel_climate.pdf>. Acesso em: 03 out. 2010.
- KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**. v. 24, n. 68, 2010.
- LEE, J. The biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. **Journal of Biotechnology**, v. 56, n. 1, 23, p.1-24, Jul. 1997.
- MACEDO I. *The Power of Cane Sugar* (cane-sugar energy: twelve studies on the sugar cane agribusiness and its sustainability). São Paulo: UNICA (Sao Paulo Sugarcane Agro industry Union), 2005.
- _____; CORTEZ, L.A.B. Industrial processing of sugarcane in Brazil In: ROSILLO-CALLE, F., BAJAY, S.V.; ROTHMA, H., (Eds.). **Usos industriais da energia da biomassa**. Londres: Taylor & Francis, 2000. p. 140-154.
- MARGEOT, A. B. *et al.* New improvements for lignocellulosic ethanol. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. 372-380, Jun. 2009.
- MARTÍN, H.B; KLINKE, A. Wet oxidation as a method of pre-treatment to enhance the enzymatic convertibility of sugarcane bagasse. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 40, n. 3, p. 426-432, Feb. 2008.
- MARTINES-FILHO, J.; BURNQUIST, H. L.; VIAN, C. E. F. Bioenergy and the rise of sugarcane based ethanol in Brazil, **Choices**, 2006. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/artigo_heloisa.pdf>. Acesso em: 03 out. 2010.
- MATHEWS, J.A. Biocombustíveis: what is a Bio-pact between North and South could achieve. **Energy Policy**, v. 35, n. 7, p. 3550-3570, Jul. 2007.
- MCMILLAN, J.D. Pretreatment of lignocellulosic biomass. In: HIMMEL, M.E. *et al.* **Enzymatic Conversion of Biomass for Fuels Production**. Washington, DC: American Chemical Society, p. 292-324, 1994.

OJEDA, K.; KAFAROV, V. Energy analysis of enzymatic hydrolysis reactor for the processing of lignocellulosic biomass into bioethanol. **Chemical Engineering Journal**, v. 154, n.1-3, p. 390-395, Nov. 2009.

PANDEY, A. *et al.* Biotechnological potential of agro-industrial residues. Part I. The sugar cane bagasse. **Bioresource Technology**, v. 74, n.1, p. 69-80, Aug. 2000.

PEREIRA, R. E. **Avaliação do potencial nacional de geração de resíduos agrícolas para a produção de etanol**. 2006. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da EQ/UFRJ. Rio de Janeiro, 2006.

ROSILLO- CALLE, F.; CORTEZ, L. A. B. Towards Pro-alcohol II - a review of the Brazilian ethanol program. **Biomass and Bioenergy**, v. 14, n. 2, p. 115-124, 1998.

SACHS, I. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.19, n.55, p.197-214, 2005.

SCANDIFFIO, M .I .G. **Análise prospectiva do álcool combustível no Brasil: cenários 2004-2024**. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Universidade de Campinas. Campinas, 2005. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/infosucro/biblioteca/alc_Scandiffio_ProspectivaAlcool.pdf. >. Acesso em: 03 out. 2010.

SMEETS, S. E. M. *et al.* The sustainability of Brazilian ethanol -An evaluation of the possibilities of certified production. **Bioenergy and Bioenergy**, v. 32, n. 8, p. 781-813, Ago. 2008.

SOCCOL,C.R. *et al.* Bioethanol from lignocelluloses: Status and perspectives in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 13, p. 4820-4825, Jul. 2010.

_____. Brazilian biofuel program: an overview. **Jornal of Scientific & Industrial Research**, v. 64, p. 897-904, 2005.

UDOP, 2009. **União dos Produtores de Bioenergia**. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=alcool>> Acesso em: jan. 2011.

WOOLEY, R. *et al.* **Lignocellulosic biomass to ethanol process design and economics utilizing co-current dilute acid prehydrolysis and enzymatic hydrolysis current and futuristic scenarios**. National Renewable Energy Laboratory NREL/TP-580-26157, 1999. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/cgi bin/GetTRDoc?AD=ADA436530&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>.>. Acesso em: out. 2010.

XAVIER, M. R. **The Brazilian sugarcane ethanol experience**. Washington, DC.: Competitive Enterprise Institute, 2007. 14 p. Disponível em: <<http://www.cei.org>.>. Acesso em: jan. 2011.