

## Contribuições do etanol de cana-de-açúcar na mitigação dos gases do efeito estufa

Contributions of cane sugar ethanol in mitigation of greenhouse gases

Contribuciones de etanol de caña de azúcar la reducción de gases de efecto  
invernadero

Marcia N. C. Harder<sup>1</sup>; Aderbal Almeida Rocha\*; Aline Grella Campos\*; Daniel  
Rodrigo Shiroma\*; Shigemitsu Shiroma\*.

### Resumo

*Na atual conjuntura, o mundo se depara com a preocupante situação do aquecimento global e as mudanças climáticas que estão ocorrendo, sendo necessário o desenvolvimento, o aperfeiçoamento e a utilização de tecnologias limpas e sustentáveis, capazes de substituírem o uso de fontes fósseis que contribuem, em parte, com a emissão dos gases do efeito estufa. Este trabalho teve o objetivo de realizar um levantamento sobre a utilização do etanol de cana e verificar se sua influência é positiva, em relação à mitigação ou seqüestro de carbono.*

*Palavras-chave: combustíveis verdes; seqüestro de carbono; aquecimento global.*

### Abstract

*At the present time, the world is faced with the alarming situation of global warming and climate change. This situation has made necessary the use, development, and perfecting of clean and sustainable technologies for the replacement of fossil fuels, which contribute to the emission of greenhouse gases. This study surveys the use of cane sugar*

---

<sup>1</sup> Profª Drª do Curso de Graduação em Tecnologia de Biocombustíveis da FATEC Piracicaba. Autor correspondente. E-mail: mnharder@terra.com.br

\*Acadêmicos do Curso de Graduação em Tecnologia de Biocombustíveis da FATEC Piracicaba.

*ethanol in order to verify whether its influence on carbon mitigation and sequestration in the context of global warming is positive or negative.*

*Keywords: green fuels; carbon sequestration; global warming.*

### **Resúmen**

*En la coyuntura actual, el mundo se enfrenta a la situación alarmante del calentamiento global y el cambio climático que se están produciendo, llamando a la necesidad de que el uso, desarrollo y mejora de las tecnologías limpias y sostenibles, capaces de sustituir el uso de combustibles fósiles, que contribuyen en parte con la emisión de gases de efecto invernadero. Este estudio tuvo como objetivo realizar una encuesta a algunos de etanol y si su influencia es positiva o no, en relación con la mitigación o la retención de carbono en el contexto del calentamiento global.*

*Palabras clave: combustibles verdes, el secuestro de carbono, el calentamiento global.*

### **Introdução**

A crescente preocupação com o aquecimento global e as mudanças climáticas ocorridas e previstas, tem levado à busca de fontes de energia renováveis que possam substituir parcialmente o uso de combustíveis fósseis, em especial no transporte e assim contribuir para a redução da emissão dos gases de efeito estufa.

A maior parte da energia gerada para movimentar veículos, indústrias e até mesmo para cozinhar alimentos (GLP) advém de fontes não-renováveis (86,0 %), que liberam na natureza inúmeros elementos poluentes, inclusive os gases de efeito estufa. Em termos mundiais, somente 14,0 % da produção de energia é de origem renovável. Dentre as fontes de energia primária não-renováveis, o petróleo destaca-se tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento, respondendo por 39,7 % da produção mundial. Já no Brasil, o petróleo equivale a 42,4% da produção de energia primária, no entanto, 46,6% da energia total produzida, no período 2000-2003, foram provenientes de fontes renováveis (FREITAS e FREDO, 2005).

Para colaborar na transição de um setor energético mais sustentável no futuro, a utilização de “combustíveis verdes” surge, mundialmente, como possível alternativa para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). O combustível de origem renovável produzidos a partir da biomassa atualmente tem importância significativa pelo fato do gás carbônico, emitido na queima de combustível, ser reabsorvido pelo processo de fotossíntese na produção de combustíveis renováveis, tornando neutro o seu uso. Entre os biocombustíveis, está o etanol, produzido no Brasil a partir da cana-de-açúcar. Os Estados Unidos produzem o etanol a partir do milho e a Europa a partir da beterraba. Porém, o processo de produção de etanol que permite o melhor ganho na relação custo-benefício é o da cana-de-açúcar, pois além do custo de produção ser o mais baixo por litro produzido, é o que possui o melhor balanço energético (IEL, 2008).

O aumento da demanda futura de etanol, tanto para abastecer o mercado interno como para exportação, não implica necessariamente a degradação do solo, da fauna e da flora e transformar a cana-de-açúcar em cultura dominante, predatória e degradativa, pois deve-se investir em sistemas de produção que utilizem as boas práticas agrícolas, causando o menor impacto possível ao ambiente.

## **Revisão de literatura**

### **Histórico**

O conceito de “combustíveis verde”, limpo, ou ecologicamente correto são formas como os meios de comunicação se referem aos biocombustíveis. Estes surgiram quando Rudolf Diesel, o pai do motor a diesel, propôs a possibilidade de utilizar óleo de amendoim como combustível há cerca de cem anos, apresentando em Paris o projeto que o immortalizou. Porém o baixo custo do petróleo até a década de 1970, no entanto, provocou o desinteresse de qualquer projeto nesse sentido (SANT’ANNA, 2003).

No Brasil em 1975, na primeira crise mundial do petróleo, o governo criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Após o entusiasmo inicial, o produto enfrentou crises de escassez e amargou o descrédito nos anos 90, a extinção do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), marcou o fim da intervenção governamental no setor, mas o etanol continuou a ser misturado à gasolina e retornou com êxito em

2003, com o lançamento dos carros bicombustíveis (*flex fuel*), consagrando a utilização do etanol como alternativa para a frota automotiva (NOEL, 2007).

Desde que se observou que a temperatura da Terra vem aumentando, devidos aos gases resultantes da queima de combustíveis fósseis, várias medidas foram tomadas para amenizar os efeitos advindos desse problema, sendo que o Protocolo de Quioto, no qual os países desenvolvidos signatários comprometem-se a reduzir as emissões desses gases e logo o álcool brasileiro ganha mais um papel importante de contribuir para a mitigação dos gases de efeito estufa, em especial o CO<sub>2</sub>, pois as culturas e resíduos de terras agrícolas podem ser usados como fonte de combustível, diretamente ou após a conversão para combustíveis como o etanol ou o diesel. Essas matérias primas bioenergéticas também liberam CO<sub>2</sub> com a combustão, mas esse carbono é de origem atmosférica recente (via fotossíntese) e não carbono fóssil. O benefício efetivo dessas fontes de bioenergia para a atmosfera é equivalente ao deslocamento de emissões de combustíveis fósseis, descontadas as emissões resultantes de produção, transporte e processamento (FBDS, 2010).

### **Principais Matérias-primas**

Os combustíveis verdes são originários de fontes renováveis, como etanol (produzido a partir da cana-de-açúcar e milho), biogás (produzido a partir da biomassa), biodiesel, entre outros. O etanol é produzido principalmente a partir de fontes renováveis, por meio da conversão de açúcares (cana-de-açúcar, beterraba e uva), de amido (milho, trigo, batata e mandioca), ou de celulose (madeira, resíduos industriais ou agrícolas), destacando-se por ser um líquido de baixa toxidez, inflamável e principalmente por conter oxigênio em sua estrutura química, possibilitando que a queima do combustível no motor ocorra de forma mais completa e resulte em menor emissão de poluentes (BRASIL, 2007).

No Brasil o etanol, para uso combustível, é produzido exclusivamente de cana-de-açúcar. Com os avanços observados na área de biotecnologia, é provável que no futuro seja possível produzir etanol em escala comercial e a custos competitivos a partir de materiais que contêm celulose e hemi-celulose, como o bagaço e a palha da cana-de-açúcar, possibilitando aumento substancial na produtividade.

## **Balanco Energético e Emissão de Gás Carbônico**

O balanço energético é o parâmetro mais adequado para definir a viabilidade técnica de qualquer programa bioenergético. Como o balanço positivo é altamente dependente do rendimento da cultura e do menor consumo de N-fertilizante, para o caso de culturas de baixa produção de óleo as alternativas são o melhoramento genético e a otimização da contribuição da fixação biológica de N<sub>2</sub> através da adubação verde, permitindo reduzir ao mínimo a adubação nitrogenada (BRASIL, 2007).

O etanol da cana-de-açúcar produzido no Brasil é considerado atualmente a melhor alternativa para a redução da emissão de GEE. Quando comparado com etanol produzido em outros países, a partir de diferentes matérias-primas, e com o biodiesel, o produto brasileiro apresenta a maior redução de GEE e o menor custo por tonelada de GEE evitado (SZWARC, 2010).

### **Objetivos**

Levantar as contribuições do etanol na emissão dos gases do efeito estufa e verificar se sua influencia é positiva, em relação à mitigação ou seqüestro de carbono no contexto do aquecimento global.

Determinar se a produção do etanol da cana-de-açúcar tem balanço positivo ou negativo, em relação à retirada de carbono da atmosfera e conseqüentemente auxiliar na diminuição dos efeitos estufa sobre o planeta.

### **Discussão**

A cana-de-açúcar produz energia limpa (pelo menos em grande parte) e teoricamente poderia amenizar alguns dos efeitos do aquecimento global. Se a cana tiver mesmo esse potencial, ele estaria relacionado a uma diminuição das emissões e combustíveis fósseis e no potencial de seqüestro de carbono (BUCKERIDGE, 2010).

O carbono emitido em forma de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) por meio da queima de etanol de cana-de-açúcar, é um carbono que havia sido previamente absorvido pelas plantas, alguns meses atrás, assimilado pelas folhas através da fotossíntese e incorporado primeiramente na forma de sacarose. A sacarose pode ser

transformada em amido e também na forma de celulose. As plantas equilibram seu metabolismo entre essas diferentes formas de armazenamento de carbono. À medida que crescem, as plantas usam a sacarose e o amido para a produção de mais celulose (BUCKERIDGE, 2010).

Antes da Revolução Industrial, no final do século 18 e 19 na Europa e no início do século 20 no Brasil, a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> (o principal gás gerador de efeito estufa) era de 0,028% do ar atmosférico. Com o uso intenso de combustíveis fósseis (derivados do petróleo), a concentração foi aumentando e atualmente já estamos medindo cerca de 0,038%. Parece pouco, mas como o gás carbônico é um dos gases causadores do efeito estufa, ele promove aumento significativo da temperatura na atmosfera, que segundo as previsões de modelos meteorológicos atuais poderá provocar alterações no clima de várias regiões da Terra.

Uma das soluções possíveis para amenizar esses efeitos é aumentar o que chamamos de seqüestro de carbono. Essa expressão refere-se a qualquer processo que armazene carbono por longo período em forma não gasosa como a madeira, que não é eficaz em contribuir como o efeito estufa. Isto ocorre porque quando a celulose é armazenada no xilema (vasos que transportam água e nutrientes na planta), que é um tecido com a maioria das células mortas, o carbono fica preso e só será liberado novamente para atmosfera quando a planta morrer e a madeira apodrecer ou for queimada. Para que o seqüestro de carbono seja significativo, é necessário que o carbono fique armazenado por um período longo o suficiente para que a emissão de carbono para a atmosfera diminua, evitando o aumento da temperatura e o aquecimento global. Assim, se poderia dizer que o uso de álcool como combustível seria capaz de mitigar os efeitos do aquecimento global, ou seja, diminuir seu impacto futuro (BUCKERIDGE, 2010).

### **A cana e o etanol combustível**

O potencial de mitigação da cana-de-açúcar quando usada para a produção de biocombustível, evidenciou que cada planta com um ano de idade, totalmente desidratada, pesa em média 2,5 kg, destes, 1,5 kg correspondem ao colmo, parte da planta utilizada para a produção de álcool. Como no mínimo 40 % deste colmo é

composto de carbono, cada planta teria cerca de 0,6 kg (600 gramas) de carbono (BUCKERIDGE, 2010).

A produção de cana-de-açúcar no Brasil na safra 2009/2010 foi de 541,5 milhões de toneladas (UNICA, 2010). Porém, é preciso lembrar que o caule da cana-de-açúcar possui 90 % de água que para os cálculos de percentagem de carbono não podem contar. Tirando a água, o montante seria de 40 milhões de toneladas de material seco, o que equivale a 16 milhões de toneladas de carbono. Isto foi o que foi transformado em Etanol e açúcar, cerca de metade (8 milhões) para cada um. Ambos retornam à atmosfera em forma de gás carbônico, o primeiro na forma de resíduo da queima por combustão e o segundo como emissão de gás carbônico pela nossa respiração ao consumir a energia do açúcar e respirar (BUCKERIDGE, 2010).

Portanto, ao consumir etanol combustível, deixaremos de emitir para a atmosfera cerca de 8 milhões de toneladas de carbono a partir de combustíveis fósseis. Em comparação com o ano de 2000, as emissões mundiais conjuntas de carbono para a atmosfera na forma de combustíveis fósseis para a produção de petróleo, gás natural, carvão e cimento chegaram à casa de 6,5 bilhões de toneladas de carbono. Por esse número, podemos dizer que a nossa produção de cana teria um potencial de reduzir apenas 0,125 % do total de emissões (BUCKERIDGE, 2010).

### **A floresta e emissão dos gases do efeito estufa**

Em termos de seqüestro de carbono, as florestas reduzem enormemente o estoque de carbono na atmosfera. Só na América do Sul, que possui a terceira maior floresta do mundo (a maior tropical, que é a Amazônia), estima-se um estoque de 70 bilhões de toneladas de carbono, isto significa que localmente os nossos 8 milhões de toneladas de carbono, a partir da cana corresponderiam ao estoque de carbono de cerca de 0,01 % da floresta tropical.

Agora, ao pensarmos globalmente, o total de carbono armazenado em nossas principais florestas está na casa de 1,2 trilhões de toneladas. Isto equivale a dizer que os nossos 8 milhões a partir da cana-de-açúcar equivalem a 0,0007 % do total de carbono armazenado em todas as florestas do mundo.

Algumas estimativas sugerem que só as queimadas na floresta amazônica emitem cerca de 3 bilhões de toneladas de carbono em 1 ano. Imaginemos então

que consigamos diminuir as queimadas para dez vezes menos que esse valor. Estaríamos, assim mesmo, emitindo um total de carbono muito maior do que conseguimos produzir com as plantações de cana (BUCKERIDGE, 2009).

### **Considerações Finais**

A importância da cana-de-açúcar em termos de seqüestro de carbono não chega a um milésimo do que se emite de carbono ao queimar a Amazônia. A cana-de-açúcar poderá se beneficiar com o aumento do gás carbônico na atmosfera, aumentando a biomassa em até 50 %, o potencial de seqüestro de carbono da cana nem sequer arranhará o potencial das florestas tropicais.

Por outro lado, dados recentes do laboratório de Botânica da USP sugerem que plantas jovens de árvores da Mata Atlântica armazenam mais carbono quando crescem em atmosfera artificial com o dobro de CO<sub>2</sub> em comparação à atual. Os dados sugerem média de 20 kg de carbono por tonelada (2 %) seriam armazenados a mais durante a vida de cada árvore. Se for implantados programas de recuperação de florestas que nos levassem a aumentar somente em 10 % as florestas (isto significa parar de queimar e começar a recuperar levando a saldo positivo de florestas), considerando os nossos atuais 70 bilhões de toneladas nas florestas tropicais nós teríamos, ao fim de 100 anos, 8,4 bilhões de toneladas de carbono armazenados a mais. Estimando uma produção futura de cana da ordem de 250 milhões de toneladas (com água) por ano a capacidade de produção seria de 10 milhões de toneladas carbono em 100 anos. Mas há um problema, todo ano nós “queimaríamos” os 250 milhões de toneladas, devolvendo o carbono para atmosfera para ser assimilado pelas plantas pela fotossíntese para produzir nova cana no ano posterior (BUCKERIDGE, 2010).

Essas estimativas indicam que, em 100 anos, a produção de cana poderia suprir apenas cerca de 0,1 % do total de carbono armazenado com aumento de 10 % em nossas florestas.

Assim, a cana tem outros predicados importantes, que não o de seqüestrar carbono. A cana-de-açúcar não tem tanto potencial assim para mitigar os efeitos do aquecimento global, mas seus atributos estão mais na produção de combustível limpo.

## Bibliografia

BRASIL – Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: MME:EPE, 2007. Disponível no site: < [http://www.epe.gov.br/PNE/20080512\\_10.pdf](http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_10.pdf). Acesso outubro 2010>

BUCKERIDGE, M.S. Seqüestro de carbono, cana-de-açúcar e o efeito Cinderela. **Revista Com Ciência**. Disponível no site: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=23&id=258>. Acesso novembro 2010>

BUCKERIDGE, M.S. Terra, água e biocombustíveis brasileiros, argentinos e americanos vão discutir os impactos da produção de energia renovável em workshop em Atibaia. **Revista Pesquisa FAPESP online**, São Paulo, 09 ago. 2009. Disponível no site: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=5746&bd=2&pg=1&lg=>. Acesso em novembro 2009.

FBDS – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Práticas de Gestão para redução da Emissão de Gases do Efeito Estufa e remoção de Carbono na Agricultura, Pecuária e Engenharia Florestal Brasileira**. Disponível no site: <[http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_AgropecFlorestal.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_AgropecFlorestal.pdf). Acesso em outubro 2010.

FREITAS, S.M.; FREDO, C.E. Fontes energéticas e protocolo de Kyoto: a posição do Brasil. **Informações Econômicas**, v.35, n.5, maio 2005.

IEL – Instituto Euvaldo Lodi **Álcool combustível**. Núcleo Central. Brasília: IEL/NC, 2008. (Série Indústria em Perspectiva)

NOEL, F.L. Etanol: o desafio do combustível verde. In: **Problemas Brasileiros** n. 382, jul/ago 2007.

SANT'ANNA, J.P. Biodiesel alimenta motor da economia. **Revista Química e Derivados**. Edição n. 414 - Abril de 2003.

SZWARC, A. **O Etanol e o Controle de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Disponível no site: < [http://felix.ib.usp.br/bib138/etanol\\_controle\\_gases.pdf](http://felix.ib.usp.br/bib138/etanol_controle_gases.pdf). Acesso em março 2011.

UNICA – **UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR** Notícias, 2010. Disponível no site: <<http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=%7B1A44C1EA-92CE-44C1-AE09-431825C01193%7D>. Acesso em março 2011.