

## **O PAPEL DO ETANOL NA MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE POLUENTES NO MEIO URBANO**

Vianna, J.N.S. [1]; Duarte, L. M. G. [2]; Wehrmann, M. E. S. F. [2]

[1] Universidade de Brasília, Laboratório de Energia e Ambiente (LEA) e Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), [vianna@unb.br](mailto:vianna@unb.br). [2] Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), [lauraduarteunb@yahoo.com.br](mailto:lauraduarteunb@yahoo.com.br)

### **Resumo**

Este estudo apresenta uma avaliação preliminar do potencial e das limitações do uso do etanol na redução das emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte urbano brasileiro. Embora todos os elos da cadeia produtiva e do uso do etanol sejam importantes para a sustentabilidade ambiental e social da produção desse combustível, este estudo analisa somente o uso do etanol como combustível exclusivo e sua mistura com a gasolina. A base metodológica para construção dessa avaliação fundamentou-se, primeiramente, na identificação das diversas recomendações e conclusões do Relatório do IPCC (2007) e sua interface com as práticas do setor produtivo de etanol, considerando a dimensão ambiental. Em segundo lugar, é feito um estudo comparativo entre emissões resultantes do uso do etanol e da mistura gasolina-álcool em veículos leves. Para esta avaliação são utilizados resultados de testes normalizados de laboratório, resultados apresentados na literatura e metodologias e técnicas de cálculos consagrados. O estudo permite identificar e avaliar as restrições da dimensão ambiental do uso do etanol tendo como referência as recomendações para os Formuladores de Políticas Públicas contidas no Relatório do Grupo III do IPCC de 2007.

*Palavras-chave: emissões de poluentes, efeito estufa, etanol, IPCC.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O Relatório do Grupo III do Painel Intergovernamental para Mudanças do Clima (IPCC-2007) mostra que o maior aumento das emissões de gases de efeito estufa, entre 1970 e 2004, deu-se no setor de oferta de energia. A maior contribuição para esse aumento veio das emissões diretas do setor de transporte, resultantes do uso de combustíveis fósseis. Entre as múltiplas opções de mitigação, o relatório aponta para o aumento da participação dos biocombustíveis na oferta de energia, como uma medida fundamental no tratamento das emissões e seus efeitos sobre a segurança alimentar e sobre a redução da pobreza.

Parte substancial da literatura científica e de divulgação internacional especializada concorda com as recomendações do Relatório do Grupo III, e aponta os biocombustíveis como uma fonte de energia capaz de promover a segurança energética, de beneficiar a economia do setor rural, assim como de reduzir as emissões veiculares (SOLOMON et al, 2007). Entretanto, a escala de produção para atingir esses objetivos levanta fortes preocupações com os efeitos da expansão da fronteira agrícola sobre a biodiversidade e possíveis pressões sobre o preço dos alimentos, com limitados ganhos no balanço de gases de efeito estufa e grandes incertezas com relação às emissões de N<sub>2</sub>O, associadas a fertilizantes e uso da terra (DORNBOSCH et al 2007).

Atualmente, apenas 1% do consumo do setor de transporte mundial é de biocombustíveis. Em 2010 a Europa deverá adotar 5,75% de mistura de biocombustível para atender a demanda da mobilidade e, em 2020, esse percentual deverá ser de 10%. Com base nas metas de produção anunciadas pelos principais países, Jank (2007) calcula que em 2012 a produção mundial de etanol atingirá 113 milhões de m<sup>3</sup>. Desse total 90 milhões de m<sup>3</sup> serão produzidos nos EEUU (55 milhões) e no Brasil (45 milhões). No Brasil, o consumo de etanol tende a aumentar com a grande aceitação dos motores bi-combustíveis; uma escala de produção desse porte afetará toda a economia global.

Os fortes subsídios e desagravos fiscais praticados pelos países produtores de biocombustíveis, também têm sido alvos de duras críticas. A eficácia das políticas nacionais e internacionais de produção de biocombustíveis, a partir da biomassa, tem sido questionada com frequência (WRIGHT, 2007). Outros autores têm avaliado as reais possibilidades da participação dos produtores de biocombustíveis no mercado de carbono (IEA, 2007), e considerado também o potencial da produção dos biocombustíveis de segunda geração pela rota enzimática (WRIGHT, 2006 e IEA, 2007). Por outro lado, o setor petrolífero vem incentivando vigorosa política de pesquisa de novas tecnologias, que possibilitem o uso mais limpo de combustíveis fósseis, bem como a melhoria da eficiência energética.

Enquanto nos países desenvolvidos a discussão sobre os biocombustíveis está centrada no binômio ambiente-alimento, no Brasil a política agroenergética deve, necessariamente, além de valorizar a preocupação energia-alimento, seguir outra direção. O papel dos biocombustíveis no Brasil deve ultrapassar a idéia de um combustível renovável, substituto dos derivados do petróleo. Não deve ser também apresentado como o combustível da transição entre a economia dos hidrocarbonetos e a economia do hidrogênio, ou outra. Esse papel caberá ao gás natural, segundo Brown (2003), ou ao carvão mineral. Infelizmente, as enormes reservas chinesas de carvão mineral e o crescimento de 4,4% no consumo desse combustível pela China em 2007, endossam essa hipótese.

É entendimento de pesquisadores e formuladores de políticas públicas que os biocombustíveis no Brasil devem ser vistos como a maior, e talvez a última, oportunidade de colocar em prática um poderoso programa de inclusão social, com geração de renda e emprego de qualidade no campo, criando um novo ciclo de desenvolvimento rural. Assim, o biocombustível no Brasil deve desempenhar um papel mais amplo, contribuindo para libertar o país das tensões criadas pela geopolítica do petróleo; além de ser um instrumento para a construção de uma sociedade socialmente mais justa, e de colaborar para a mitigação das mudanças climáticas e para a conservação do capital ambiental, sem competir com a produção de alimentos.

No Brasil, a cadeia produtiva do etanol é herdeira do período colonial. Quando reestruturada na década de 1970, mesmo tendo atingido um sucesso tecnológico inegável, conservou o modelo concentrador de renda e transformou o Pró-Álcool em um programa socialmente excludente, apesar dos fortes incentivos e desagravos fiscais então existentes. O forte declínio na produção de veículos a álcool, ocorrido na década de 1980, praticamente interrompeu as pesquisas sobre a poluição urbana.

A alta dos preços do petróleo e o bom desempenho ambiental e técnico do etanol foram alguns dos elementos impulsionadores da expansão dos agro-energéticos, em especial do setor sucroalcooleiro no Brasil. Entretanto, com a atual “crise norte-americana” essa expansão pode sofrer uma retração, tendo em vista que o quadro de instabilidades se amplia, podendo chegar a dimensões ainda não previstas.

Apesar das imprevisões que se apresentam no atual contexto, tem-se como hipótese principal o potencial dos biocombustíveis para a redução das emissões de gases de efeito estufa, no setor de transporte urbano.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma avaliação preliminar desse potencial e das limitações do uso do etanol na redução das emissões de gases de efeito estufa, no setor de transporte urbano brasileiro. Embora todos os elos da cadeia produtiva e do uso do etanol sejam importantes para a sustentabilidade ambiental e social, este estudo analisará somente o uso do etanol como combustível exclusivo e sua mistura com a gasolina.

Para alcançar esse objetivo utilizaram-se metodologias consagradas e de aceitação universal, que serão apresentadas ao longo do texto, e que têm por base as referências do IPCC (2006) e do MME (2006).

## 2. O SETOR ENERGÉTICO E AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA.

O relatório do Grupo de Trabalho III do IPCC (2007), ao apresentar as tendências das emissões de gases de efeito estufa (GEE), aponta que a concentração de  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  na atmosfera entre 1970 e 2004 aumentou de 28,7 para 49 Gt. O que mais contribuiu para esse aumento foi o  $\text{CO}_2$ . O uso de combustíveis fósseis fez com que o setor energético fosse o principal responsável pelas emissões de  $\text{CO}_2$ , tendo aumentado 145% no período analisado pelo relatório, conforme mostra a Figura 1. O setor energético emitiu 30.257  $\text{MtCO}_2$  e setor de transporte registrou um aumento de 120% nas emissões de  $\text{CO}_2$ .

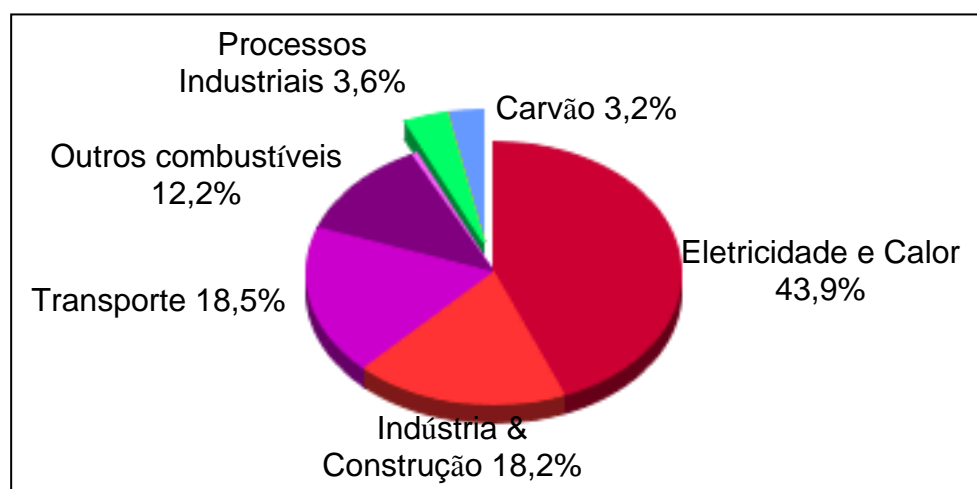


Figura 1: Emissões totais de  $\text{CO}_2$  no mundo pelo setor energético em 2004  
Fonte: WRI-CAIT-2007

O Brasil, devido às suas peculiaridades climáticas e ao modelo de sua matriz energética, tem um perfil de consumo de energia diferente do perfil mundial. Somente 55% da oferta de energia são de origem de fontes não-renováveis, enquanto a média mundial aponta para 83% com origem na energia fóssil. Em consequência, são diferentes também as taxas de emissão oriundas do setor energético que, no Brasil, estão em torno de 1,58  $\text{tCO}_2/\text{tep}$ , enquanto a média mundial é de 2,37  $\text{tCO}_2/\text{tep}$  (BEN, 2007). Essas diferenças estruturais, associadas aos problemas sociais, fazem com que as forças motrizes, que influenciam na formulação das políticas nacionais de energia, tenham um perfil diferente das economias dependentes de combustíveis fósseis. A segurança energética brasileira e sua vulnerabilidade

econômica caminham mais em direção da dependência de fatores internos do que das tensões geopolíticas globais.

### 3. O SETOR DE TRANSPORTE E O CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL.

O setor de transporte tem uma forte influência sobre a oferta interna de energia no Brasil (Figura 2). A estrutura do setor tem no modal rodoviário o seu principal eixo de escoamento da produção e a dinâmica de consumo de combustíveis nos transportes de carga e passageiros é fortemente ligada à dinâmica da economia. Nos últimos 15 anos, a oferta interna de energia cresceu 54%, mostrando-se superior ao crescimento médio da economia, que ficou em torno de 44%. No mesmo período, o consumo de energia do setor de transporte cresceu 59% (Figura 2).

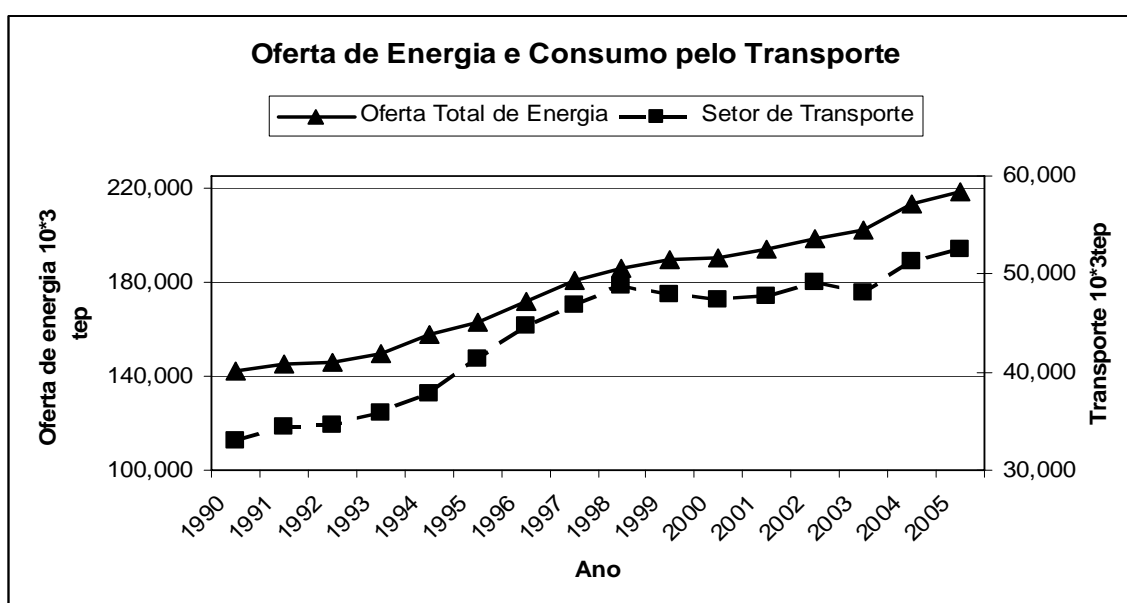


Figura 2 – Oferta interna total de energia e consumo pelo setor de transporte no Brasil.  
Fonte: autor

Enquanto a média mundial de emissões de dióxido de carbono do setor de transporte é de 18% da oferta de energia (WRI, 2007), no Brasil, o setor de transporte foi responsável pela emissão de 135,8 MtCO<sub>2</sub>, o que representa 38,1% de todas as emissões do setor energético, brasileiro que emitiu 356.5 MtCO<sub>2</sub> (Figura 3). Esse fato pode ser explicado pelo aumento da frota brasileira de veículos que, no período compreendido entre 1970 e 2004, cresceu 7,3 vezes, passando de 3 milhões para 22 milhões de veículos.

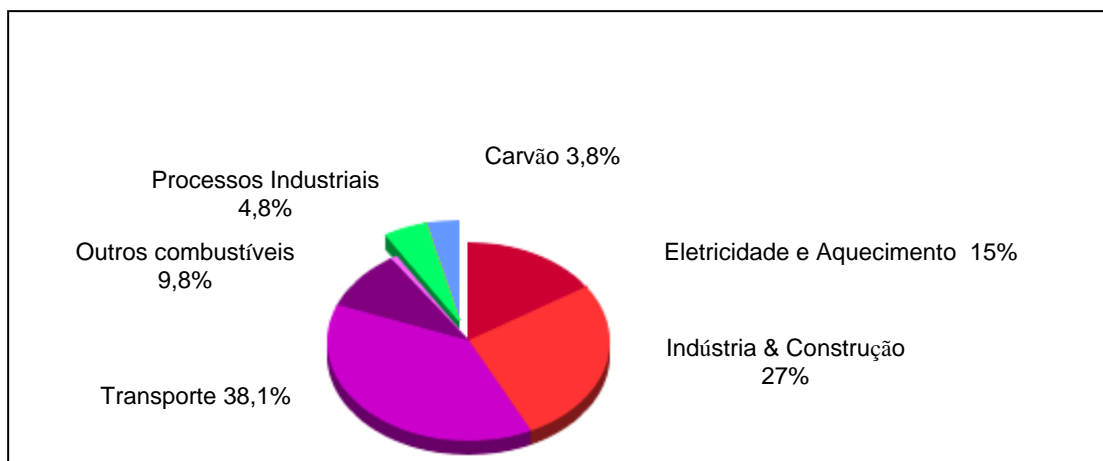


Figura 3 – Emissões de CO<sub>2</sub> pelo setor energético brasileiro em 2004.  
 Fonte: WRI-CAIT-2007

Apesar desses dados, o setor de transporte tem múltiplas opções de mitigação. A melhoria da eficiência energética dos veículos pode trazer benefícios como a redução do consumo e, em consequência, das emissões. Uma segunda opção, de acordo com o IPCC (2007), é aumentar para 3% a participação dos biocombustíveis na oferta total de energia para o setor. Essa opção está entre as principais práticas de mitigação projetadas para antes de 2030. Sua implantação, considerando o consumo de combustível mundial (BP, 2007), representaria um aumento da produção de biocombustíveis na ordem de  $100 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  e de etanol  $46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , que seriam acrescidos à produção de  $113 \times 10^6 \text{ m}^3$  previstos por Jank (2007), já em 2012. Mesmo considerando que até lá os biocombustíveis de segunda geração já serão economicamente viáveis, esses cenários permitem antever grandes impactos econômicos nos países produtores. O IPCC (2007) estima que, dependendo do preço do petróleo, esse percentual poderá alcançar até 10% da oferta total de combustíveis,

#### 4. BIOCOMBUSTÍVEIS NO SETOR DE TRANSPORTE NO BRASIL.

O ano de 2004 representa um marco de mudança do setor de transporte brasileiro. Nesse ano foi implantada a tecnologia dos motores bi-combustíveis e, nos anos seguintes, os automóveis equipados com motores Flex passaram a ter a preferência do mercado.

O mercado brasileiro, que no início dos anos 2000, que era quase que exclusivamente de automóveis a gasolina, sofreu uma grande transformação. Em meados de 2005, os veículos com motores Flex já se equiparavam em número aos com motores a gasolina; e, em 2007, representavam 70% do mercado no Brasil (Figura 4).

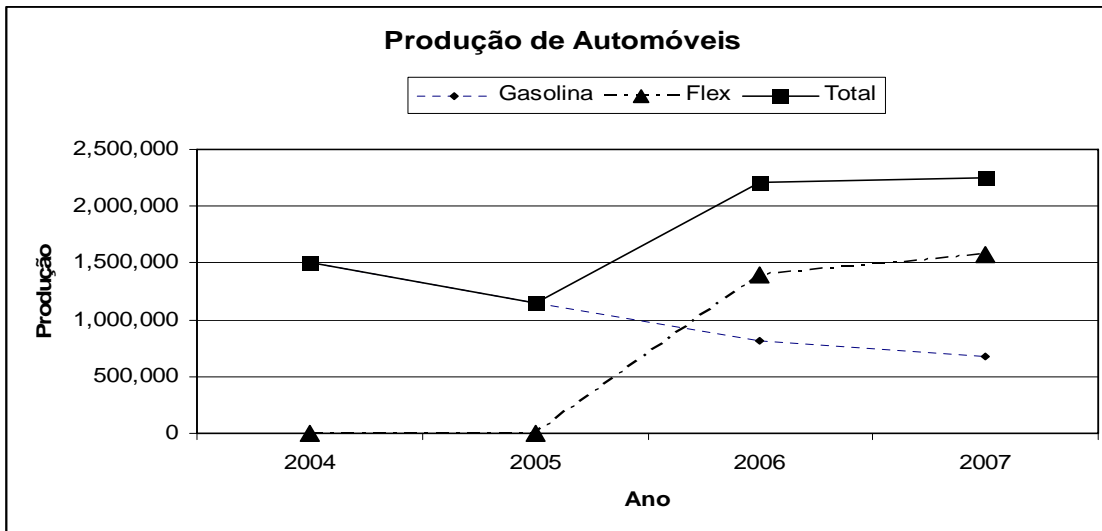


Figura 4: Produção brasileira de automóveis com motores a gasolina e com motores Flex.  
Fonte: autor

Em primeiro lugar, essa mudança, reflexo da aceitação pelo consumidor, teve como motivação a expectativa de que os preços do petróleo no mercado internacional se refletissem no preço da gasolina – o que na verdade não aconteceu –, e a possibilidade de se beneficiar da flutuação histórica entre os preços desses dois combustíveis. Em segundo lugar, a confiança na tecnologia dos motores a álcool, adquirida por toda cadeia produtiva do setor automobilístico, durante os anos de experiência de fabricação e manutenção. É importante ressaltar que não houve nenhum apelo à responsabilidade ambiental do consumidor. As forças de mercado foram responsáveis pela radical inversão das curvas de consumo de um combustível que estava desacreditado. O resultado positivo foi que, apesar do aumento de 95% na produção de automóveis registrado entre 2005 e 2007 (Figura 4), o consumo de gasolina permaneceu relativamente estável e o consumo de álcool hidratado pelo setor automotivo cresceu 78% no período (Figura 5).

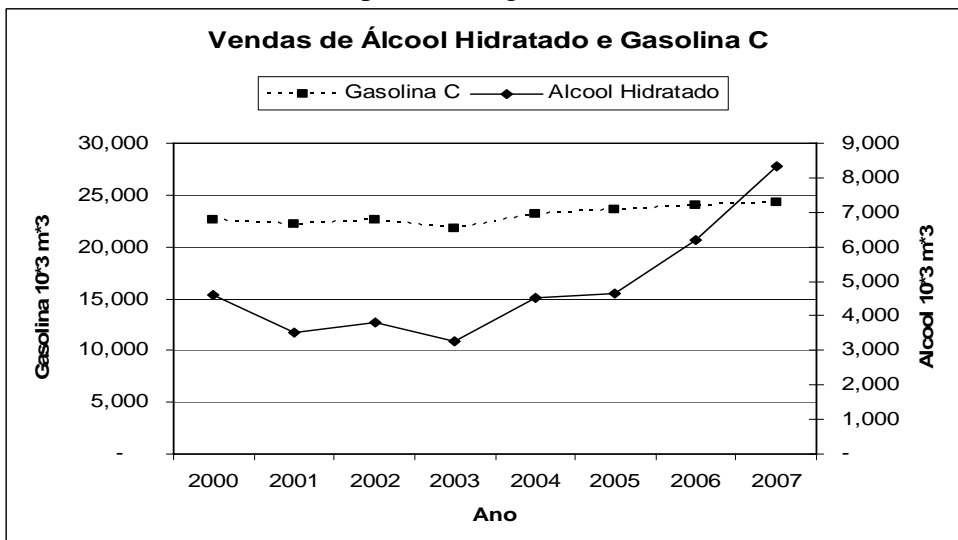


Figura 5 – Vendas de álcool hidratado e gasolina (com 25% de álcool etílico)  
Fonte: autor com dados ANP

## 6. EMISSÕES DECORRENTES DO USO AUTOMOTIVO DO ETANOL

As emissões de gases da combustão dependem da estrutura molecular dos combustíveis, dos componentes químicos que fazem parte de sua composição, e do próprio processo. O etanol, cuja fórmula é  $C_2H_5OH$ , tem em sua molécula um átomo de oxigênio e por isso necessita de menos ar para realizar uma combustão estequiométrica. Assim, a produção de  $CO_2$ , por quilograma de álcool, é menor do que dos outros combustíveis. Adicionalmente, o etanol é um combustível praticamente isento de outros componentes, o que resulta em uma combustão mais limpa, com melhor qualidade ambiental que a gasolina. A formação de NO, durante a combustão, depende da temperatura da combustão, portanto, das condições operacionais do motor. De um modo geral, não existe vantagem substancial entre os dois combustíveis, mas estratégias de intervenção na combustão permitem reduzir drasticamente as emissões do  $NO_x$ , como descrito por Vianna et al (2005). Com exceção da emissão de aldeídos acéticos, as taxas de emissões de poluentes do etanol são sempre inferiores às emitidas pelos combustíveis derivados do petróleo, o que atribui ao etanol combustível um melhor desempenho ambiental (Tabela I).

Tabela I - Consumo específico e geração do  $CO_2$  para diversos combustíveis de uso automotivo.

	Diesel	Biodiesel	<i>Etanol</i>	Gasolina	Gás Natural
CEC* kg/kWh	0,265	0,281	<b>0,366</b>	0,305	0,265
Emissões de $CO_2$ kg/kWh	0,82	0,75	<b>0,69</b>	0,94	0,73
Geração de $CO_2$ kg/kg <sub>comb</sub>	3,12	2,77	<b>1,9</b>	3,11	2,75

Fonte: Vianna et al (2005)

\*CEC – Consumo específico de combustível (equivalente ao rendimento térmico)

Energia que não polui é energia que não se usa. Por esta razão, a eficiência energética é um aspecto fundamental, especialmente quando se trata das relações entre energia e meio ambiente. Embora o álcool tenha um poder calorífico 40% menor do que a gasolina, sua alta octanagem, permite que o motor opere com altas taxas de compressão, o que resulta em maior rendimento térmico que os motores a gasolina, segundo Sousa et al (1998). O resultado é que, mesmo com um poder calorífico inferior, o consumo específico do álcool é só 20% maior que o da gasolina (Tabela I).

Um inventário das emissões de gases de efeito estufa (GEE) é uma tarefa difícil, devido à sua complexidade científica, à multidisciplinaridade do conhecimento, às metodologias de estimativa e à confiabilidade dos dados utilizados nas estimativas. Quando se trata do setor automotivo, essas dificuldades são acrescidas de outras, das quais salientam-se a idade da frota, as tecnologias dos motores e a diversidade dos combustíveis. Neste trabalho não se tem a pretensão de apresentar um inventário ou um estudo exaustivo do setor automotivo brasileiro, mas simplesmente uma avaliação preliminar da contribuição dos biocombustíveis, mais especificamente do etanol, na mitigação das mudanças climáticas, completando assim um olhar panorâmico sobre a cadeia produtiva do álcool. Para sua execução utilizou-se a metodologia apresentada no Relatório de Referência do MCT (2006) mesclado com o IPCC-Energy (2006), que tem por base as Diretrizes Revisadas de 1966, IPCC (2006).

É importante ressaltar que, devido ao caráter renovável da biomassa, as emissões decorrentes do seu uso não são contabilizadas nas emissões globais GEE. Em função dos impactos locais e das emissões evitadas pelo uso dos biocombustível, é fundamental o conhecimento do desempenho ambiental de cada elo da cadeia.

O etanol no Brasil é usado intensivamente na frota de veículos leves, tanto na forma de álcool hidratado com 95 °GL, como álcool anidro, misturado à gasolina, numa proporção que pode variar de 20 a 25 %, sem necessidade de uma nova regulagem dos motores.

A frota de veículos leves em 2007 foi estimada em 19.446.027 automóveis: 14.396.542 veículos a gasolina, 2.631.696 veículos a álcool e 2.417.798 veículos Flex (ANFAVEA, 2007).

O IPCC (2006) recomenda dois métodos para estimativa de emissões veiculares. Um método pelo consumo de combustível (TIER 1 e 2) e pela distância média percorrida.

A CTESB determinou, experimentalmente, os Fatores de Emissões (FE) de CO, NO<sub>x</sub>, HC e emissões evaporativas, seguindo a norma NBR 6601 (MME, 2006), Tabela II. Esses FE são mais realista para as condições brasileiras que os apresentados pelo IPCC (2006). O FE do CO<sub>2</sub> é calculado considerando a oxidação completa de uma mistura estequiométrica de combustível-ar, como foi feito para obtenção dos valores apresentados na Tabela II.

Tabela II – Fatores de emissões para veículos novos a gasolina e a álcool

	CO <sub>2</sub> g/km	CO g/km	NO <sub>x</sub> g/km	HC g/km	Evaporativos g/km
Gasolina	193,4	6	0,7	0,6	0,26
Álcool	165,6	4,2	0,6	0,7	0,14

Fonte: Cetesb apud MME 2006

Com os valores do FE da Tabela II, a distância média percorrida e o número de veículos, estimam-se as emissões totais de gases para cada combustível. A Tabela III apresenta os valores estimados das emissões reais para álcool e gasolina com 21% de álcool; são apresentadas emissões hipotéticas, que são emissões estimadas, considerando-se o uso da gasolina pura ou somente álcool em toda a frota; é apresentada também a parcela dessas emissões que são contabilizadas para o efeito estufa, de acordo com o IPCC (2006); e, finalmente, as emissões evitadas, que são as que deixariam de ser lançadas na atmosfera.

Os valores das emissões de CO<sub>2</sub> apresentados neste estudo, não levaram em consideração as faixas etárias da frota, nem o fator de deterioração, que tem influência sobre as emissões de CO e HC. A distância média percorrida por cada veículo é de 18.000 km.

Usando os critérios acima, as emissões totais de CO<sub>2</sub> foram estimadas em torno de 63,82x10<sup>6</sup> toneladas (Tabela III) para uma frota de 19,4 milhões de veículos usando álcool hidratado e gasolina com 21% de álcool anidro. As emissões de CO<sub>2</sub>, apuradas no Relatório de Referência (MME, 2006) para o ano de 1994, foram de 36,88x10<sup>6</sup> toneladas para uma frota de 11,74 milhões de veículos. Entre 1994 e 2007, a frota aumentou em 66% e as emissões de CO<sub>2</sub> em 73%. Nesse período as emissões unitárias não apresentaram variações significativas, saindo de 3,15 para 3,28 toneladas por cada veículo, dentro de uma margem de incerteza aceitável. A melhora na eficiência da combustão dos motores mais modernos aumenta naturalmente a formação de dióxido de carbono, mas o expressivo aumento no uso



do álcool a partir de 2004, como mostrado anteriormente na Figura 5, seguramente influencia a taxa individual de crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> por veículo.

Tabela III – Emissões globais de CO<sub>2</sub> da frota de veículos leves a álcool e de mistura de gasolina com 21% de álcool em 2007.

	Real Mt de CO <sub>2</sub>	Hipotética Mt de CO <sub>2</sub>	Evitadas Mt de CO <sub>2</sub>
Gasolina+Álcool	48,75 - (41,4)*	67,8	3,9 (5,8%) – (26,4)*
Álcool	15,07	58,01	9,78 (14%)
Total	63,82		

Fonte: autor

\* Parcela de CO<sub>2</sub> proveniente unicamente da gasolina que contribuem para o efeito estufa

Além dos benefícios ambientais, a adição de álcool atribui à gasolina qualidade anti-detonante, dispensando o uso do chumbo, altamente maléfico à saúde humana, e melhorando a eficiência termodinâmica do motor.

Observa-se que o perfil atual da frota, utilizando o álcool como combustível e como mistura na gasolina, evita emitir 3,9 Mt de CO<sub>2</sub>, quando comparado com emissões hipotéticas da gasolina pura. Se toda a frota utilizasse exclusivamente o etanol, em lugar da gasolina pura, seria evitada a emissão 9,9 Mt de CO<sub>2</sub>, conforme mostrado na Tabela III.

Ao contabilizar as emissões líquidas que contribuem para o efeito estufa, não devem ser consideradas as parcelas resultantes da combustão do etanol, puro ou na mistura com a gasolina, como recomenda o IPCC (2006) e MME (2006). Essa parcela será reabsorvida pela lavoura canavieira. De uma mistura de 21% em volume de álcool na gasolina, a emissão 15,1% em massa de CO<sub>2</sub> será proveniente de álcool e 84,9% será proveniente da gasolina (MME, 2006). Assim, as emissões líquidas de CO<sub>2</sub>, que vão contribuir para o aquecimento global, são de 41,4 milhões de toneladas (Tabela III). O uso do etanol reduziu em 26,4 milhões de toneladas as emissões de dióxido de carbono, o que representa 39% das emissões hipotéticas, contribuindo efetivamente para mitigação das mudanças climáticas.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se até então o crescimento do uso do etanol pôde ser considerado como inevitável, uma vez que foi impulsionado pelos crescentes preços do petróleo, pelas políticas de mitigação e pelo bom desempenho ambiental e técnico deste combustível, com a atual “crise americana” essa expansão pode sofrer uma retração, devido à instabilidade gerada pela mesma. De qualquer forma, cabe ressaltar que a produção dos agroenergéticos terá como consequência a expansão das áreas agrícolas, o que torna indispensável, como ação governamental, promover o Zoneamento Agroecológico, com o objetivo de proteger a biodiversidade e o capital ambiental.

Embora o papel do Setor de Transporte seja fundamental para a redução dos GEE, nenhum setor ou tecnologia isolado será eficaz na mitigação das mudanças climáticas. A

eficiência do Setor de Transporte vai depender da integração de três atores sociais : governo, indústria e consumidor.

Assim, mesmo que o lançamento do motor bi-combustível - com indiscutível adesão do consumidor - tenha evitado a emissão de 26,4 Mt de CO<sub>2</sub>, o uso do etanol é insuficiente para que o setor automotivo desempenhe um papel decisivo na redução do efeito estufa. Medidas radicais, que mudem o padrão de consumo da sociedade, principalmente no setor automotivo, são indispensáveis para mitigação das mudanças climáticas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ANFAVEA – Ass. dos Fabricantes de Veículos Automotores do Brasil – 2007 – [www.anfavea.com](http://www.anfavea.com).

BEN - Balanço Energético Nacional – MME - Brasília – 2007.

BP- Statistical Review of World Energy – 2008 – [www.bp.com](http://www.bp.com)

BROWN, L. - ECO-ECONOMIA -2002-2003. EPI-Earth Policy Institute / UMA. [www.wwiuuma.org.br](http://www.wwiuuma.org.br)

DOORNBOSCH, R.,STEENBLIK, R. -BIOFUELS: IS THE CURE WORSE THAN THE DISEASE? – Round Table on Sustainable Development Organisation for Economic Co-operation and Development -Paris, 11-12 September 2007.

IEA - International Energy Agency Options for Trading Bioenergy -Products and Services-- Biomass and Bioenergy – 2007.

IPCC - Fourth Assessment Report Working Group III – Mitigation of Climate Change – Bancoc 2007.

IPCC – Guidlines for National Greenhouse Gás Inventories - Volume 4 – Agriculture, Forestry and Other Land Use – IGES – Kanagawa – 2006.

IPCC – Guidlines for National Greenhouse Gás Inventories - Volume 2 – Energy – IGES – Kanagawa – 2006.

JANK, M.S. – Perspectiva do açúcar, do etanol e da bioeletricidade: agenda da ÚNICA – SIMPEC 2007- Piracicaba, 2007.

MCT – Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis no Setor Energético – Relatório de Referência – Brasília, 2006. – Disponível em [www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br).

SOLOMON,B.D, BARNES, J.R, HALVORSEN, K.E.- Grain and cellulosic ethanol: History, economics, and energy policy -Biomass and Bioenergy 31 (2007) 416–425

SOUSA, M. T.; VIANNA, J. N. S. . Study of an Engine Operating with Exhaust Gas Recirculation at Different Compression Ratios - Paper n 982895. Global Mobility Data Base - SAE, USA, v. 01, 1998.

VIANNA, J.N.S., WEHRMANN, M.E.S.F., DUARTE,L.M.G. – O Desafio da Bioenergia para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil. In Dilemas e Desafios do Desenvolvimento Sustentável no Brasil – Ed. Garamond – 2007- Rio de Janeiro.

VIANNA, J. N. S., FRAGA, A., REIS, A. V., OLIVEIRA, A. B. S., SOUSA, M. T. - Reduction of Polluents Emissions on SI Engines - Accomplishments With Efficiency Increase. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences, RJ-Brazil, v. XXVII, n. 3, p. 217-222, 2005.

WRIGHT, L. -Worldwide commercial development of bioenergy with a focus on energy crop-based projects – Biomass & Bioenergy - Biomass and Bioenergy 30 (2006) 706–714

WRI - *World Resourcses Institute* - [www.wri.cait.com](http://www.wri.cait.com) – acesso: 12/12/2007