

**IX**

**Encontro da Sociedade  
Brasileira de Economia  
Ecológica**

Políticas Públicas e a Perspectiva  
da Economia Ecológica

Brasília, 4 a 8 de  
Outubro de 2011



Realização:

**ECODE**

Apoio:

**ISEE**  
The International Society  
for Ecological Economics

**UnB/CDS**

Parceiros:

**Ministério do Meio Ambiente**

**BNDES**

**CAFE**

**CNI**

**Associação Brasileira de Economia Ecológica**

**PNDMA**

**CONSEMA**

**FEA**

**COFECON**  
Associação Brasileira de Economia Ecológica

**fopef**

**ELI PETROBRAS**

**SECRETARIA DE ECONOMIA ECOLÓGICA**



**IX**

**Encontro da Sociedade  
Brasileira de Economia  
Ecológica**

Brasília, 4 a 8 de Outubro de 2011

**Políticas Públicas e a Perspectiva da Economia Ecológica**

**IX ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO**  
Outubro de 2011  
Brasília - DF - Brasil

---

**DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE PARA MENSURAR EXTERNALIDADES NO MERCADO DE  
ETANOL COMBUSTÍVEL E DE GASOLINA NO BRASIL**

**Amanda de Brito Andriotta** (UFSCar-campus Sorocaba) - amanda\_andriotta@hotmail.com

*Aluna de graduação do curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba*

**Cynthia Cabral da Costa** (Embrapa Instrumentação) - cynthia-costa@bol.com.br

*Engenheira Agrônoma, doutora em Economia Aplicada. Pesquisadora da Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP*

## **Desenvolvimento de um índice para mensurar externalidades no mercado de etanol combustível e de gasolina no Brasil**

**Eixo temático:** seção H – políticas públicas e meio ambiente. Subseção – eficácia, efetividade e compatibilização das políticas.

**Resumo:** O uso dos biocombustíveis em substituição aos combustíveis derivados do petróleo tem seu maior apelo considerando as vantagens ambientais. Tais vantagens ocorrem tanto pelo lado da produção por ser renovável (ao contrário dos derivados de petróleo) quanto do lado do consumo, pela menor emissão de gases do efeito estufa. Entretanto, há também diferenças sociais e econômicas ligadas à produção dos mesmos. Diversos estudos analisam tais aspectos comparando as diferenças, principalmente, entre a gasolina (combustível fóssil) e o etanol (biocombustível). Este estudo fez uma revisão de literatura de tais estudos e buscou um padrão de mensuração entre as suas diferenças, que são as diferenças nas externalidades de um combustível em relação ao outro. A partir daí foi elaborado um índice que resume a mensuração das diferenças sociais, econômicas e ambientais entre a gasolina C e o etanol hidratado no Brasil. Encontrou-se que o preço da gasolina C deveria ser cerca de 2 vezes superior ao preço do etanol hidratado no país.

**Abstract:** The use of biofuels to replace petroleum-based fuels has their greatest appeal considering the environmental benefits. Such benefits occur both on the production side to be renewable (unlike petroleum products) and consumption side by the lower emissions of greenhouse gases. However, there are also social and economic differences linked to their production too. Several studies examine such issues by comparing these differences, mainly between the gasoline (fossil fuel) and ethanol (biofuel). This study did a literature review of such studies and sought a standard measurement of their differences, what are the differences in the externalities of one fuel over another. From there it was prepared an index that summarizes the measurement of social, economic and environmental between the C gasoline and hydrous ethanol in Brazil. It was found that C gasoline prices should be almost two times higher than the hydrous ethanol price in Brazil.

**Palavras-chave:** imposto; combustível; sustentabilidade.

**Key words:** tax; fuel; sustainability.

## 1 Introdução

O centro da discussão a respeito da redução de emissões dos gases de efeito estufa, que causam o fenômeno do aquecimento global, é o uso de combustíveis alternativos com menos poder poluente. Nesta discussão destacam-se os biocombustíveis, tanto por serem menos poluentes quanto pelo fato de serem combustíveis renováveis, ao contrário dos seus substitutos derivados do petróleo.

Diante deste cenário, nos últimos anos o uso de biocombustíveis apresentou uma grande expansão. De 2004 a 2008, o consumo de etanol, que é o biocombustível mais consumido passou de 40 para 80 milhões de litros consumidos no mundo (LMC, 2008; LMC, 2009). O mercado de etanol atua, na maioria dos países do mundo, como um produto complementar à gasolina na composição final do combustível. Entretanto, há um mercado para o uso do etanol puro em substituição ao combustível formado pela gasolina que foi desenvolvido no Brasil e é mais utilizado neste país. É o etanol hidratado, também denominado internacionalmente pela sigla E100. De maneira a utilizar este combustível de maneira mais confortável para o consumidor, a indústria automobilística brasileira desenvolveu um motor que é flexível para usar tanto o etanol hidratado como a gasolina. Tais automóveis, definidos como “flex fuel”, vêm, desde então, liderando as vendas de veículos automotivos e, rapidamente, alterando o perfil da frota do país. Segundo dados de Associação (2009), as vendas de carros *flex* no Brasil passaram de 50% do total de veículos leves comercializados em 2005 para 78% em 2006 e 94% em 2010.

Entretanto, para viabilizar o uso de etanol é necessário um incentivo econômico para o seu consumidor. No Brasil, o governo federal ofereceu este incentivo regulamentando os preços no mercado sucroalcooleiro e no de gasolina. A regulamentação do setor sucroalcooleiro ocorreu até o início da década de 2000. A partir de então, com a desregulamentação deste setor, a principal política de intervenção do governo federal no mercado de etanol foi a regulamentação do preço da gasolina e a incorporação de um imposto sobre o seu consumo, a CIDE (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico). Além deste imposto, alguns estados do país apresentam também uma alíquota do Imposto sobre Circulação de Mercadoria e prestação de Serviço (ICMS) diferenciada entre

etanol e gasolina, sendo superior para a gasolina em relação ao etanol hidratado. Com a regulamentação do preço da gasolina, a CIDE e a alíquota do ICMS diferenciada sobre o preço da gasolina, o preço final ao consumidor pago pelo etanol hidratado torna-se relativamente mais atraente do que o preço da gasolina na bomba, levando ao aumento do consumo do primeiro.

Tais incentivos fiscais tiveram como consequência o aumento da concorrência do etanol hidratado em relação à gasolina. Nos anos recentes, em virtude do aumento da frota de veículos “flex fuel” no Brasil, esta concorrência tem aumentado pelo fato do consumidor poder escolher entre etanol e gasolina na bomba.

Entretanto, o que pode ser identificado nesta década como resultado destas políticas é que muitas vezes estas políticas não têm feito seu papel de incentivo ao uso dos biocombustíveis. A regulamentação do preço da gasolina e a CIDE algumas vezes não foi favorável ao consumo do etanol, como foi identificado em Cerqueira e Costa (2011). Em 2008, por exemplo, quando houve um aumento nos preços do petróleo, para não transferir este aumento de preço aos consumidores, o governo reduziu a CIDE de R\$ 0,28/litro para R\$ 0,18/litro. Da mesma maneira que o elevou em 2009 quando o preço do petróleo voltou a reduzir e, novamente a reduziu em 2011 diante do novo aumento do barril. Como justificativa para tais políticas tem-se o controle inflacionário da economia.

Tal constatação leva um paradoxo no uso da CIDE em alguns períodos da nossa economia. Enquanto o governo a usa para aumentar o preço da gasolina na bomba, de maneira a incentivar o biocombustível, o mesmo governo procura reduzir os preços dos combustíveis para controlar a inflação. Mas esta é outra discussão na qual o presente artigo não tem como objetivo se enredar.

Assim, com o propósito de encontrar um imposto ideal sobre a gasolina, este artigo procurou identificar as diferenças, seja na produção como no consumo, da gasolina C e do etanol hidratado de maneira a se mensurar um valor ideal a ser cobrado sobre o preço da gasolina C no país. Tais diferenças foram mensuradas considerando os aspectos de sustentabilidade, quais sejam: econômico, social e ambiental. Para isto foi necessário o desenvolvimento de um indicador de equivalente externalidade para os combustíveis analisados.

## **2 Metodologia**

Este item encontra-se dividido em duas partes. Inicialmente é descrito o referencial teórico de externalidades sobre o qual este trabalho está embasado. A seguir foi descrita a metodologia utilizada para a elaboração do índice proposto neste trabalho.

### **2.1 Teoria microeconômica de externalidade**

Este trabalho teve como objetivo construir um índice no qual serão considerados os impactos econômicos, sociais e ambientais entre o etanol hidratado e a gasolina C, de maneira a contribuir na elaboração de proposta de política pública para biocombustíveis no Brasil. Para isto será utilizado o referencial teórico microeconômico sobre externalidades.

Segundo Ferguson (1999), há situações onde o preço do produto em livre concorrência não é aquele que se iguala ao custo social. Isto acontece porque há falhas de mercado e diz-se que há uma economia externa (ou deseconomia). Segundo este mesmo autor, a principal fonte de economias e deseconomias externas é a denominada de “externalidade”. A teoria microeconômica que trata de externalidades as separa em dois tipos: externalidade negativa e externalidade positiva. Pindyck & Rubinfeld (2007) definem a externalidade negativa quando a ação de uma das partes impõe custos à outra e externalidades positivas quando a ação de uma das partes beneficia a outra. Segundo Varian (2006), uma situação econômica envolve uma externalidade de consumo se um consumidor se preocupar diretamente com a produção ou consumo de outro agente. Neste caso podemos procurar identificar esta situação na escolha do tipo de combustível utilizado pelas pessoas e, conseqüentemente, na produção dos mesmos.

A Figura 1 descreve a teoria microeconômica do impacto de externalidades negativas descrita em Pindyck & Rubinfeld (2007). Na Figura 1 observamos que quando há externalidades negativas, o custo marginal social, CMgS, é maior do que o custo marginal, CMg. A diferença é o custo marginal externo, CMgE. A curva de custo marginal define a oferta do produto na economia. Assim, o produto competitivo do setor é  $Q_1$ , na intersecção da curva de custo marginal com a demanda (D). No entanto, o produto eficiente nesta economia é menor,  $Q^*$ , onde a curva de demanda intercepta com o custo marginal social CMgS. Isto mostra que,

do ponto de vista social, há uma quantidade excessiva de um determinado produto no ambiente. Isto gera uma ineficiência econômica, a qual tem como origem o preço incorreto do produto (Pindyck & Rubinfeld, 2007).

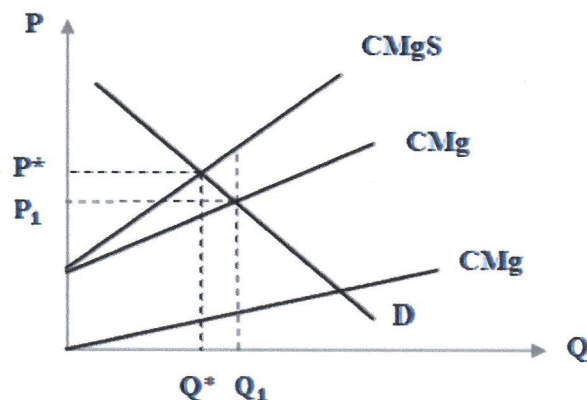


Figura 1 – Comportamento da oferta e demanda de um setor que apresenta externalidade negativa na produção ou consumo

Fonte: Pindyck & Rubinfeld (2007).

Esta análise foi utilizada neste trabalho considerando as externalidades negativas causadas, por exemplo, pelo maior nível de poluição (ou esgotamento dos recursos naturais) relacionado ao uso ineficiente da matriz energética de transporte utilizada.

Por outro lado, há também externalidades positivas no uso de alguns produtos. Neste caso, a produção seria realizada a níveis insuficientes na economia. Pindyck & Rubinfeld (2007) analisam o impacto da externalidade positiva considerando a curva de benefício marginal social,  $BMgS$ , descrita na Figura 2. A Figura 2 mostra que, quando há externalidade positiva, o benefício marginal social,  $BMgS$ , é maior do que o benefício marginal privado,  $D$ . Isto acontece porque a curva de benefício marginal social é igual a soma da curva de demanda, que é o benefício marginal privado, com a curva de benefício marginal externo,  $BMgE$ . Esta última é a externalidade positiva que aquele produto oferece. Assim, sem incentivo adicional, a economia tem o nível de produção igual a  $q_1$ , valor determinado pela interseção da curva de benefício marginal,  $D$ , e da curva de custo marginal,  $CMg$ . Entretanto, o nível eficiente do produto é mais alto ( $q^*$ ) e é dado pela interseção da curva de benefício marginal social com a curva de custo marginal (Pindyck & Rubinfeld, 2007). Podemos verificar também que, um

incentivo para que a economia alcance o nível de produção ideal é a redução do preço de  $p_1$  para  $p^*$ .

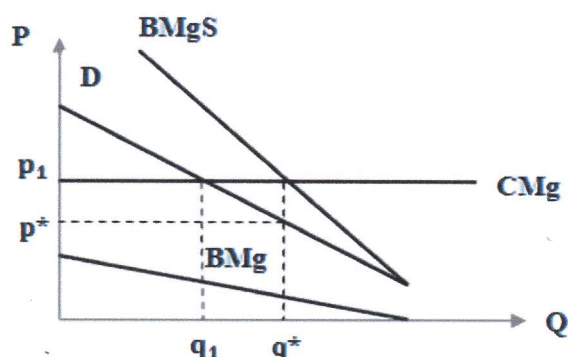


Figura 2 - Comportamento da oferta e demanda de um setor que apresenta externalidade positiva na produção ou consumo

Fonte: Pindyck & Rubinfeld (2007).

Uma vez que os preços de mercado não refletem o que realmente acontece quando consideramos a sustentabilidade da economia, o objetivo deste trabalho foi realizar a internalização das externalidades, sejam elas positivas ou negativas para os tipos de combustíveis analisados. Tal internalização consiste em determinar a relação ótima entre os preços dos diferentes produtos da matriz energética de transporte. Desta maneira tem-se uma forma de comparação entre os produtos que compõem a base da matriz energética do setor de transportes no Brasil, mais precisamente a gasolina C e o etanol hidratado. Esta internalização é uma forma de correção de tais falhas de mercado. Uma externalidade pode ser reduzida, por exemplo, por meio de uma taxa sobre o produto mais poluente (Pindyck & Rubinfeld, 2007).

Assim, mais especificamente, temos que este trabalho propõe encontrar a relação entre as externalidades positivas e, ou, negativas, causadas pela produção e consumo da gasolina C em relação àquelas causadas pela produção e consumo do etanol hidratado no Brasil. Desta forma teremos uma mensuração que compara ambos os combustíveis. Esta mensuração pode ser utilizada na política de incentivo ao etanol hidratado em detrimento à gasolina C no Brasil.

## 2.2 Mensuração do indicador para externalidade

A primeira etapa para elaboração de um indicador das externalidades consiste na definição das principais características que devem ser levadas em



consideração para isto. Estas características, entretanto, devem ser elaboradas em conjunto com a revisão de literatura a respeito de cada um dos fatores estudados.

O segundo passo é a pesquisa do valor, para cada combustível, de cada uma das características previamente selecionadas. É importante nesta etapa que os valores para os dois combustíveis estejam na mesma unidade, de maneira a compará-los. Esta parte do trabalho corresponde a uma exaustiva revisão de literatura para se encontrar valores os mais objetivos possíveis e convergentes entre diferentes autores. Importante mencionar também que algumas características podem variar em relação ao país produtor. Isto ocorre por exemplo, no caso do Brasil e Estados Unidos. Como o etanol no Brasil é produzido a partir de cana-de-açúcar, temos várias características sociais, econômicas e ambientais que o diferem do etanol americano produzido a partir do milho. Portanto, como este trabalho tem como foco encontrar os indicadores para os combustíveis do Brasil, a revisão se concentrou nas informações deste país.

O terceiro passo corresponde a uma valoração objetiva, com valores entre zero e um, para cada item considerado no índice. Valores mais próximos de um correspondem a um custo social maior (ou externalidade negativa) e valores mais próximos de zero correspondem a um custo social menor. Para transformar os valores obtidos no passo anterior na escala zero a um adotou-se dois métodos alternativos: (i) colocando o valor de um para o item que corresponde ao combustível (etanol ou gasolina) com maior custo social naquele item ou; (ii) estipular como zero para o valor do combustível com menor custo social. Utilizando quaisquer das duas formas descritas anteriormente para um dos combustíveis, para o outro combustível calculou-se um valor entre zero e um, utilizando uma regra de três, de maneira a compará-los. Esta etapa exigiu um maior nível de criatividade, buscando-se comparações coerentes e o mais objetivas possível.

Dessa forma, foram criados dois cenários para atingir os objetivos pretendidos de se comparar os dois combustíveis: (i) quando o valor maior representa o custo social menor e, (ii) quando o valor menor representa o custo social menor. Para a primeira situação a seguinte fórmula é utilizada:

$$\left[ 1 - \left( \frac{\textit{situação melhor}}{\textit{situação melhor} + \textit{situação pior}} \right) \right]$$

Porém quando a situação mais favorável é um número menor, ou seja, no caso (ii), a fórmula é a seguinte:

$$\left[ \left( \frac{\textit{situação melhor}}{\textit{situação melhor} + \textit{situação pior}} \right) \right]$$

Valores encontrados na revisão bibliográfica referentes à gasolina A poderão ser utilizados. Para isto, utilizou-se de um artifício referente à composição física da gasolina C, objeto da análise neste estudo. Uma vez que a gasolina C é composta por cerca de 20 a 25% de etanol<sup>1</sup> e o restante por gasolina A, foi utilizado o percentual máximo (25% de etanol na gasolina) para compor os índices para a gasolina C conforme descrito a seguir:

$$\textit{Gasolina C} = (\textit{etanol} \times 0,25) + (\textit{gasolina A} \times (1 - 0,25))$$

O último passo do desenvolvimento do subíndice corresponde à ponderação dos itens utilizados para analisá-lo. Da mesma maneira descrita anteriormente, esta ponderação deve utilizar fatores objetivos na sua construção. Ao final, a média ponderada para a avaliação de zero a um em cada um dos itens compôs o valor do subíndice (*SI*) para cada um dos combustíveis. Tal método é representado pela seguinte equação:

$$SI_j = \sum P_i V_i \quad (1)$$

Onde: *j* é o nome do subíndice (social, econômico ou ambiental); *i* indica a característica analisada em cada sub índice; *P* é a ponderação da característica analisada e; *V* é um valor de 0 a 1 encontrado para cada característica analisada.

O índice final para cada combustível é obtido da seguinte maneira:

$$I^E = \sum P_j^E SI_j^E \quad (2)$$

$$I^G = \sum P_j^G SI_j^G \quad (3)$$

Onde  $I^E$  é o índice do etanol e  $I^G$  é o índice da gasolina C.

Assim, a média (ponderada, se necessária) dos subíndices social, econômico e ambiental corresponde aos valores indicadores do etanol e da gasolina. Tomando como base o combustível com o maior valor do indicador, verifica-se o quanto o valor do indicador do outro combustível é inferior a ele. Este percentual corresponde à diferença do custo social de um combustível em relação ao outro, que é o objetivo final deste trabalho.

---

<sup>1</sup> Em 2011 uma modificação na lei alterou o intervalo desta mistura para 18 a 25%.

### 3 Resultados

Esta etapa apresenta a comparação dos impactos ocasionados pelo consumo e produção de biocombustível e combustível fóssil - especificamente o etanol hidratado e gasolina C - por meio da elaboração e análise do índice desenvolvido no item 2.2. Para analisar de maneira ampla estes dois produtos foi necessário decompor esse índice, de modo a se comparar diferentes aspectos decorrentes da produção e uso dos combustíveis. Dessa forma foram desenvolvidos três subíndices: social (item 3.1), econômico (item 3.2) e ambiental (item 3.3), os quais apresentam as vantagens e desvantagens do etanol em relação à gasolina. Após a elaboração dos subíndices, no item 3.4 é calculado o custo social de um combustível em relação ao outro.

#### 3.1 Indicador social para os mercados de etanol e gasolina

Neste item, inicialmente foram descritos e analisados os valores dos indicadores obtidos na literatura (3.1.1). A seguir (item 3.1.2), o indicador foi construído seguindo os passos descritos no item 2.2.

##### 3.1.1 Descrição e discussão das características sociais

A Tabela 1 apresenta seis indicadores referentes aos aspectos sociais da produção do etanol e da gasolina encontrados a partir da revisão de literatura, os quais serão utilizados para compor o indicador social (primeiro passo da metodologia).

**Tabela 1** - Indicadores sociais para a elaboração do índice

Características avaliadas	Unidade	Etanol	Gasolina
Escolaridade	anos	4,2	7,7
Número de municípios	municípios	1.086	196
Empregados por fonte de energia	emprego/energia	152	1
Número de empregados	empregos	494.847	90.286
Investimento	1000 US\$/emprego	11	220
Remuneração (petróleo)	Real (R\$)	1.269,32	2.716,97

Fonte: Moraes et al (2010); Goldemberg (2008).

Conforme descrito na Tabela 1 e segundo Moraes et al (2010), para o ano de 2008, verifica-se que 1.086 municípios estão relacionados com o cultivo da cana-de-açúcar e produção de etanol. Já para a extração de petróleo e de seus derivados o número é de 196, representando menos de 20% dos municípios produtores do

biocombustível. Portanto pode-se concluir que uma maior quantidade de municípios é beneficiada pela produção de etanol, contribuindo na descentralização da renda.

Outra informação relevante neste estudo é a escolaridade média do trabalhador. Enquanto no cultivo da cana a escolaridade média é de 4,2 anos, na produção de etanol é de 7,7. A partir desses dados é possível destacar a necessidade de se criar políticas de estímulo para aumentar o nível de escolaridade da mão-de-obra do setor de etanol. Porém, um fator positivo deste resultado é que o etanol tem um papel importante na inclusão de trabalhadores, os quais teriam dificuldades em ser absorvidos por outras atividades da economia que exigem uma mão-de-obra mais qualificada. Dessa forma, esse resultado é visto como positivo no presente trabalho.

O número de trabalhadores de cada setor é outro indicador de importância significativa para a formação do índice. Moraes et al. (2010) obtiveram a quantidade total de empregados de cada setor, sendo encontrado o número de 494.847 trabalhadores relacionados com a produção de etanol e 90.286 com a extração de petróleo e obtenção dos seus derivados. Assim, pode-se concluir de forma simplificada a vantagem do etanol em relação à gasolina, já que sua produção é responsável por uma maior inclusão de mão-de-obra no mercado de trabalho.

O que também se torna relevante ao estudo é o número de empregos gerados por fonte de energia, pois se considerar apenas o número de mão-de-obra existente em cada setor não é possível fazer uma boa comparação entre os mesmos. Dessa forma, partindo-se do estudo de Goldemberg (2008), admite-se que o etanol gera um maior número de emprego por fonte de energia produzida já que se criam 152 postos de trabalhos, enquanto que a gasolina apresenta a criação de apenas um. O que torna possível observar diferença significativa existente entre os combustíveis.

Um aumento no uso de etanol fará com que uma nova mão-de-obra seja inserida no mercado, bem mais do que seria se ocorresse um aumento igual no uso da gasolina. É fundamental destacar que nesse caso foi utilizada a medida de uma fonte de energia para se comparar os dois combustíveis de forma igualitária, uma

vez que um litro de gasolina gera quantidades diferentes de energia do que um litro de etanol.

Ainda referente ao emprego é importante salientar o estudo de Goldemberg (2008) sobre o montante de investimento para a geração de empregos. Ao analisar o valor do investimento necessário para gerar um emprego nos setores de etanol e de gasolina tem-se que, para o primeiro a quantidade necessária é de US\$ 11.000 dólares, enquanto que o segundo o montante é de US\$ 220.000. Assim os números mostram que o etanol é mais vantajoso, pois com um número de investimento inferior gera a mesma quantidade de trabalho.

Depois de estudar as variáveis relacionadas ao emprego é necessário, ao mesmo tempo, avaliar os dados referentes à remuneração do trabalhador. E partindo de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2007, Moraes et al (2010) encontraram valor da remuneração média de R\$ 1.269,32 para o setor de etanol e R\$ 2.716,07 para o setor de derivados de petróleo. Nesse caso o biocombustível apresenta desvantagem social em relação ao combustível fóssil, já que seus trabalhadores possuem uma remuneração inferior. Porém esse fato é explicado pela diferença de escolaridade existente entre os dois, sendo que uma mão-de-obra mais qualificada é mais bem remunerada.

### **3.1.2 Elaboração do índice social**

Depois de serem descritos os indicadores sociais, é necessário fazer uma análise quantitativa, que corresponde ao terceiro passo para a obtenção dos índices. Utilizando a metodologia descrita no item 2.2, a Tabela 2 apresenta os dados de forma comparativa. Como já foi citado na metodologia, foi atribuído o valor de um àquele combustível que apresentar um maior custo social, ou então atribuir o valor zero para o produto com menor custo social. Neste caso, foi escolhido o primeiro caso, porém os dois métodos chegarão às mesmas conclusões.

Observa-se na Tabela 2 que o etanol é o produto que tem menos indicadores de custo social maior, ou seja, em relação à gasolina C ele é socialmente melhor. Para se analisar de forma correta esses números, é importante lembrar que eles são adimensionais, ou seja, não possuem unidades de medida.

**Tabela 2** - Análise quantitativa dos indicadores

Características avaliadas	Etanol	Gasolina C	Gasolina A	Fator de ponderação
Escolaridade	0,34	0,84	1	1
Número de municípios	0,15	0,79	1	1
Empregados por fonte energia	0,01	0,75	1	1
Número de empregados	0,15	0,79	1	1
Investimento	0,05	0,76	1	1
Remuneração (petróleo)	1	0,49	0,32	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste exercício foram utilizadas ponderações iguais para todos os indicadores. Assim, aplicando os valores descritos na Tabela 2 na equação (1) encontraram-se os valores dos indicadores sociais de 0,14 para o etanol hidratado e de 0,79 para a gasolina C. A partir destes pode-se concluir que o etanol apresenta vantagens sociais em comparação a gasolina nas características avaliadas neste subíndice.

### 3.2 Indicador econômico para os mercados de etanol e gasolina

Neste item foram analisados os aspectos econômicos da produção dos combustíveis. Os aspectos econômicos relacionados à sua demanda não foram avaliados porque dependem justamente dos incentivos fiscais que é objeto de estudo neste trabalho. Desse modo, no item 3.2.1 foram coletadas e descritas informações referentes à concentração da cadeia produtiva e custos de energia dos produtos estudados. No item 3.2.2 foram calculados os indicadores econômicos dos combustíveis.

#### 3.2.1 Descrição e discussão das características econômicas

A Tabela 3 foi confeccionada a partir de valores obtidos na revisão de literatura para cada item estudado.

**Tabela 3** - Indicadores econômicos para a elaboração do índice

Características avaliadas	Unidade	Etanol	Gasolina C
HHI	adimensional	951	1.395
CR <sub>5</sub>	%	55	66
Custo de energia	calorias	3	10

Fonte: Farina et al (2010); Martinez-Alier (1987).

Os dois primeiros itens estudados estão relacionados à estrutura de mercado de etanol e gasolina. A concentração é uma fundamental característica da estrutura de mercado e pode ser medida pelo índice de *Herfindahl-Hirschman Index* (HHI) e pela razão de concentração ( $CR_k$ ). O HHI é denominado um índice sumário, pois utiliza informações de todas as firmas do mercado para a sua formação. Ele varia entre zero e um e, à medida que aumenta a desigualdade, o valor do índice também aumenta.

Já a razão de concentração não é caracterizada como um índice sumário, pois calcula apenas as informações das  $k$  maiores empresas do setor, ou seja, ela nos informa a porcentagem do mercado que pertence as  $k$  maiores firmas. Quanto maior for esse taxa mais concentrado é o mercado. Para se calcular a estatística utilizada foi considerado  $k$  igual a 5, ou seja, a parcela de mercado das 5 maiores empresas do setor.

Sendo assim, é possível comparar os dois índices em relação ao etanol e à gasolina, e a partir dos valores do HHI e do  $CR_5$ , obtidos do trabalho de Farina et al (2010), observou-se qual combustível apresenta uma maior concentração de mercado. Concluiu-se que a gasolina é o produto que apresenta maior concentração, pois os valores de seus índices são superiores daqueles encontrados para o combustível em comparação.

Outro indicador considerado na análise econômica foi o custo de energia na produção dos combustíveis. Os valores encontrados por Martinez-Alier (1987) revelam que nesse caso o etanol está em desvantagem em relação à gasolina, pois gasta-se uma caloria para produzir três calorias de etanol, enquanto é gasto uma caloria para se produzir 10 calorias de gasolina. Esse dado revela que a produção de etanol é bastante energia-intensiva quando comparada a gasolina.

### **3.2.2 Elaboração do índice econômico**

Na tabela 4 é apresentada a análise quantitativa dos indicadores econômicos, em que se comparam os dados obtidos da análise qualitativa objetivando a formação do subíndice econômico. A partir dela é possível observar que os valores dos índices HHI e  $CR_5$  para a gasolina C constituem um maior custo social, pois foi atribuído a eles o valor um. Já no indicador custo de energia o

etanol é responsável por um custo social maior, dessa forma foi imputado o valor um para o etanol.

**Tabela 4** – Análise quantitativa dos indicadores econômicos

Característica avaliada	Etanol	Gasolina C	Fator de ponderação
HHI	0,41	1	2
CR <sub>5</sub>	0,45	1	2
Custo de energia	1	0,23	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação ao indicador do custo de energia deve ser destacado que se trata de um estudo antigo e podem ter ocorrido mudanças nas estruturas produtivas, modificando esses valores. Entretanto por não estar disponível uma atualização dos dados foi dado a esse item um fator de ponderação menor.

Aplicando os valores descritos na Tabela 4 na equação (1) obtiveram-se os indicadores econômicos de 0,54 e 0,85 respectivamente para o etanol hidratado e a gasolina C. Os números encontrados para os dois combustíveis apresentam menor diferença entre eles quando comparados com os do subíndice ambiental. Porém revelam da mesma forma a vantagem do etanol sobre a gasolina.

### **3.3 Indicador ambiental para os mercados de etanol e gasolina**

O último subíndice estudado é o ambiental. Esse tema marca uma mudança de paradigma nos últimos anos. Historicamente a análise ambiental não era considerada em trabalhos e estudos, porém com o início da discussão dos impactos gerados pelo aquecimento global e suas consequências, o assunto passou a ser colocado em pauta e o tema sustentabilidade ganhou importância. Relacionadas ao aquecimento global estão às emissões dos gases do efeito estufa, os quais são intimamente ligados ao tipo de combustível escolhido utilizado nos automóveis. Frente a este cenário colocou-se a questão de qual seria o combustível que permite conciliar o aumento da demanda por energia pela sociedade com aspectos de eficiência, e principalmente sustentabilidade.

Assim, o item 3.3.1 descreve impactos ambientais dos combustíveis analisados descritos na literatura e o item 3.3.2 procurou elaborar um índice a partir dos valores encontrados.



### 3.3.1 Descrição e discussão das características ambientais

Os indicadores utilizados na análise estão descritos na Tabela 5, na qual podem ser observados os valores encontrados na literatura referentes a cada item.

**Tabela 5** – Indicadores ambientais para a elaboração do índice

Características avaliadas	Unidade	Etanol	Gasolina C	Gasolina A
Emissões evitadas de CO <sub>2</sub>	Toneladas CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> etanol	-1,7	-	0
Redução % gases efeito estufa	%	-0,8	-	0
Mortes evitadas	Pessoas	-130	0	-
Gastos com perdas evitadas	milhões (US\$)	-19,8	0	-

Fonte: Macedo & Seabra (2008); Saldiva et al. (2010).

No caso do indicador ambiental são realizados estudos que analisam cenários de redução de uma determinada característica decorrente da substituição do etanol à gasolina. Esse fato explica o valor zero para as duas últimas colunas, porém é utilizada a mesma metodologia para o desenvolvimento deste indicador.

O indicador ambiental inicial refere-se às emissões líquidas evitadas de CO<sub>2</sub> quando há substituição da gasolina pelo etanol hidratado. Para este cálculo foram incluídas as emissões de CO<sub>2</sub> na produção de cana, transporte e produção do etanol. Desse modo a emissão líquida de CO<sub>2</sub> foi calculada pela diferença das emissões evitadas devido ao uso do etanol com as emissões acarretadas devido ao ciclo de vida do mesmo.

Macedo & Seabra (2008) realizaram esse estudo para o ano de 2006 e encontraram o valor líquido de redução de 1,7 toneladas de CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> etanol. Os mesmos autores também calcularam a redução percentual dos gases de efeito estufa pela substituição da gasolina por etanol no valor de 80%, correspondendo ao segundo indicador da tabela.

Outro importante indicador utilizado na análise ambiental é o potencial de mortes evitadas em consequência da redução da concentração de ozônio e material particulado fino no ambiente. A formação dessas substâncias é proveniente de um conjunto de gases que ocorre na emissão veicular. A concentração desses materiais está relacionada a diversos tipos de doenças respiratórias.

Assim Saldiva et al. (2010) concluíram que a substituição de 100% da gasolina por etanol é responsável pela redução da mortalidade anual em 130 pessoas. Esse valor foi obtido através dos valores médios de anos de vida perdidos devido a concentrações ambiente dos poluentes atmosféricos em São Paulo. É importante frisar que os resultados encontrados no estudo são correspondentes a cidade de São Paulo em função da qualidade dos dados disponíveis. Porém, os autores afirmam que o resultado pode ser extrapolado para áreas que apresentem as mesmas características.

Do mesmo estudo foi obtido outro indicador relevante à análise, os gastos com perdas evitadas de doenças pela substituição da gasolina pelo biocombustível. Para essa estimativa foi considerado apenas os custos associados às internações hospitalares de doenças e faixas etárias mais suscetíveis à poluição atmosférica, no qual foi encontrando o valor de 19,8 milhões de dólares.

O que os autores do trabalho ressaltam é a subestimação dos resultados, pois outras variáveis explicativas não foram colocadas no estudo devido a não disponibilidade de informações. Portanto é possível concluir que o impacto desses gases emitidos é ainda mais grave.

### 3.3.2 Elaboração do índice ambiental

A Tabela 6 apresenta os resultados da análise quantitativa dos indicadores ambientais, correspondente ao terceiro passo na elaboração do índice. A partir desta é obtido o subíndice ambiental, revelando qual combustível é mais vantajoso.

**Tabela 6** – Análise quantitativa dos indicadores ambientais

Características avaliadas	Etanol	Gasolina C	Gasolina A	Fator de ponderação
Emissões evitadas de CO <sub>2</sub>	0	0,75	1	1
Redução % gases efeito estufa	0	0,75	1	1
Mortes evitadas	0	1	-	2
Gastos com perdas evitadas	0	1	-	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

As características que indicam o aspecto de saúde da população não correspondem unicamente ao indicador ambiental, também é uma medida com

importância social. Assim, este indicador teve um peso superior aos demais, o qual recebeu a ponderação com o valor de 2, e os demais com valor de 1.

Aplicando os valores descritos na Tabela 6 na equação (1) tem-se os valores dos indicadores ambientais igual a 0 para o etanol hidratado e 0,9 para a gasolina C. O valor zero encontrado para o indicador ambiental do etanol não deve ser entendido como não havendo impactos negativos na sua produção. A exploração dos recursos naturais para a sua produção, assim como na produção de petróleo, são maléficos para o ambiente. Contudo, como não foram encontradas informações sobre esse indicador de impacto na produção comparando o etanol com a gasolina, ele não foi utilizado. Foram encontrados, por sua vez, dados comparativos do etanol com outras culturas agrícolas. Elas mostram que mesmo o etanol apresentando aspectos negativos na exploração de recursos naturais, este produto ainda possui um impacto menor relativamente a outras culturas agrícolas.

### **3.4 Custo Social (Externalidade) nos mercados de etanol e gasolina**

O indicador foi produzido a partir de uma combinação de três diferentes subíndices descritos anteriormente: social, econômico e ambiental. A Tabela 7 resume os valores obtidos dos indicadores e as ponderações utilizadas para cada um. Neste trabalho as dimensões foram igualmente consideradas para elaboração do índice geral.

**Tabela 7**– Resumo dos indicadores social, econômico e ambiental obtidos anteriormente e sua ponderação para produção do índice geral

Dimensão	Etanol	Gasolina C	Fator de ponderação
Social	0,14	0,79	1
Econômico	0,54	0,85	1
Ambiental	0,00	0,90	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos dados indicados na Tabela 7, os indicadores foram mensurados conforme descrito nas equações (2) e (3) do item 2.2 e foram obtidos os valores de 0,23 e 0,84 para o etanol hidratado e a gasolina C, respectivamente. Isto significa cobrar uma alíquota de imposto de 0,62 a mais sobre a gasolina C em comparação ao etanol hidratado.

Para aplicar este resultado na forma de um valor indicativo das taxas ideais sobre o preço destes combustíveis, adotamos os preços médios no Brasil ao

consumidor para o ano de 2010 obtidos na ANP (2011). Entretanto, estes preços sofrem a influencia dos impostos cobrados diferencialmente sobre ambos os combustíveis. Assim, foi subtraído dos preços o valor de tais impostos<sup>2</sup>, sendo obtidos os valores de R\$1,42/litro para o etanol hidratado e R\$1,70/litro para a gasolina C.

Aplicando o índice obtido, os preços ao consumidor seriam de R\$1,42/litro para o etanol e R\$2,74/litro para a gasolina C ( $1,7+1,7*0,62$ ). Isto significa ausência de imposto para o etanol hidratado e um imposto específico, considerando os preços dos combustíveis utilizados nesta análise, no valor de R\$1,05/litro sobre o preço da gasolina C. Este é um valor 3,75 vezes maior do que o valor máximo da CIDE, que é de R\$0,28/litro.

Comparando este resultado com a política existente no Estado de São Paulo onde, além da CIDE há um diferencial tarifário do ICMS entre os combustíveis, tem-se que o valor calculado foi ainda superior. Considerando a CIDE de R\$0,28/litro e os preços médios ao consumidor de 2010 (R\$1,71/litro para o etanol e R\$2,57/litro para a gasolina) o imposto proposto neste trabalho foi 1,5 vezes maior do que o valor específico cobrado no Estado a mais sobre o preço da gasolina em relação ao cobrado sobre o etanol hidratado.

Portanto, conclui-se que a CIDE atualmente existente no país está subdimensionada para os benefícios que o etanol hidratado pode acarretar em comparação com a gasolina, mesmo misturada em 25% com etanol (gasolina C).

#### **4 Conclusão**

O tema da sustentabilidade ganha cada vez mais importância nos dias de hoje. Este termo significa empregar nas análises três fatores igualmente importantes para quaisquer tomadas de decisão. São eles: o econômico, o social e o ambiental. Este artigo procurou aliar este conceito a uma tomada de decisão política relacionada ao incentivo dado no país para o consumo do etanol como combustível alternativo aos derivados do petróleo.

Desde 2002 o principal incentivo dado pelo governo federal é a aplicação de um imposto sobre a gasolina C (a CIDE). Entretanto, este imposto não tem sido

---

<sup>2</sup> Os valores ou percentuais dos impostos sobre o etanol hidratado e a gasolina C foram obtidos no trabalho de Cerqueira e Costa (2011).

suficiente para o propósito e outras medidas são tomadas conjuntamente, gerando uma confusão sobre o processo de formação de preço da gasolina no país e, conseqüentemente, sobre o incentivo ao biocombustível. Além disto, os impostos e outras políticas têm sofrido variações no tempo em função de outras prioridades do governo federal.

À parte desta questão da manipulação da política para outros fins que não o incentivo ao etanol, a qual se sugere ser abordado em outro estudo, este trabalho propôs uma metodologia e a implementou para obter um número que possa ser utilizado como o valor do imposto a ser cobrado sobre a gasolina C no país. Ou seja, o objetivo foi encontrar qual deve ser o valor da CIDE considerando os aspectos de sustentabilidade dos combustíveis no país.

Os resultados demonstram claramente que o etanol hidratado é superior à gasolina C nos aspectos econômico, social e ambiental e, portanto, seu consumo deve ser incentivado pelo governo, mesmo em períodos de baixa oferta do produto, como ocorreu na entressafra do ano de 2011. Isto se justifica porque o estímulo do consumo é que leva os produtores a aumentarem seu volume produzido assim como o desenvolvimento de novas tecnologias de produção como o etanol de segunda geração e de outras fontes como o sorgo sacarino.

O valor encontrado para a CIDE foi 3,75 vezes superior ao atualmente cobrado pelo governo, o que mostra seu papel pouco efetivo sobre a política a qual se objetiva (incentivo ao biocombustível). Entretanto, deve-se destacar que este valor, apesar de ter se baseado em valores objetivos, depende também de alguns fatores subjetivos como os fatores de ponderação utilizados. Assim, o resultado deste estudo pode ser visto como apenas um indicativo do valor a ser cobrado como imposto sobre o combustível fóssil.

## **5 Referências Bibliográficas**

- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). 2010. <<http://www.anfavea.com.br/tabelas2010.html>>. Maio, 2009. São Paulo. Brasil. Acesso em: 15 de maio de 2011
- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) 2011. <<http://www.anp.gov.br/>> Acesso em:

- CERQUEIRA, M.N.P.S.; COSTA, C.C. Análise das políticas de formação do preço da gasolina C e impacto no mercado de etanol no Brasil. Anais do 49º Congresso da Sober. Belo Horizonte, MG. 2011.
- FERGUSON, C.E. Microeconomia. 20a edição. Editora Forense Universitária: São Paulo. 1999.
- LMC. 2008. LMC International. Ethanol Quarterly - 4th Quarter, 2008.
- LMC. 2009. LMC International. Ethanol Quarterly - 1st Quarter, 2009.
- PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. Microeconomia. 6a edição. Editora Pearson: São Paulo. 2007.
- UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. <<http://www.unica.com.br>>. Sustentabilidade. Meio Ambiente. 2010. Acesso em:
- VARIAN, H.R. **Microeconomia**. Princípios básicos. 7a edição. Editora campus: São Paulo. 2006.
- MORAES, M.A.F.D.; COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M.; SOUZA, L.G.A.; OLIVEIRA, F.C.R. Externalidades sociais dos combustíveis. In: SOUZA, E.L.L.; MACEDO, I.C. (Eds). Etanol e Bioeletricidade: a cana-de-açúcar no future da matriz energética. São Paulo: Luc, 2010. pp. 44-75.
- FARINA, E.M.M.Q.; VIEGAS, C.A.S.; PEREDA, P.C.; GARCIA, C.P. *Estruturas de mercado e concorrência do setor de etanol*. In: SOUZA, E.L.L.; MACEDO, I.C. (Eds). Etanol e Bioeletricidade: a cana-de-açúcar no future da matriz energética. São Paulo: Luc, 2010. pp. 226-259.
- MARTINEZ-ALIER, J. (1987). Ecological Economics, p. energy, environment and society. Cambridge MA, p. Brasil Blackwell.
- GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F.E.B.; COELHO, S.T. *Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 152p.
- MACEDO, I.C.; SEABRA, J.E.A. Mitigation of GHG emissions using sugarcane bioethanol. Sugarcane Ethanol. Wageningen Academic Publishers: 2008
- SALDIVA, P.H.N.; ANDRADE, M.F.; MIRAGLIA, S.G.E.; ANDRÉ, P.A. O etanol e a saúde. In: SOUZA, E.L.L.; MACEDO, I.C. (Eds). Etanol e Bioeletricidade: a cana-de-açúcar no future da matriz energética. São Paulo: Luc, 2010. pp. 98-135.