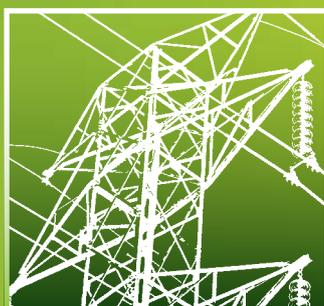




UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR

ETANOL • AÇÚCAR • ENERGIA

SÃO PAULO • BRASIL



# Etanol e Bioeletricidade

A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética

Coordenação e Organização

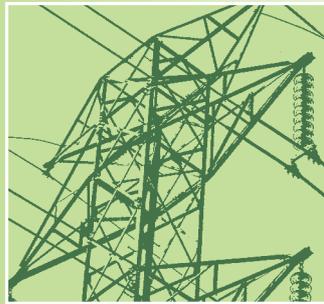
Eduardo Leão de Sousa

Isaias de Carvalho Macedo



# Etanol e Bioeletricidade

A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética



Coordenação e Supervisão Editorial

Eduardo Leão de Sousa

*Diretor Executivo da Unica*

Isaias de Carvalho Macedo

*Pesquisador da Unicamp*

Edição de Textos

Oscar Pilgallo



unica

## AUTORES DOS ESTUDOS CITADOS NESTA PUBLICAÇÃO

### ***Mapeamento da Cadeia Sucroenergética***

Marcos Fava Neves (FEARP/USP)

Vinicius Gustavo Trombin (FEARP/USP)

Matheus Consoli (Markestrat)

### ***Área Social***

Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes (ESALQ/USP)

Cinthia Cabral da Costa (UFSCAR)

Joaquim José Maria Guilhoto (FEA/USP)

Luiz Gustavo Antonio de Souza (ESALQ/USP)

Fabiola Cristina Ribeiro de Oliveira (ESALQ/USP)

### ***Clima***

Luis Gylvan Meira Filho (IEA/USP)

Isaias de Carvalho Macedo (UNICAMP)

### ***Saúde Pública***

Paulo Hilário Nascimento Saldiva (MEDICINA/USP)

Maria de Fátima Andrade (USP)

Simone Georges El Kouri Miraglia (POLI/USP)

Paulo Afonso de André (USP)

### ***Bioeletricidade***

Nivalde José de Castro (GESEL/UFRJ)

Roberto Brandão (GESEL/UFRJ)

Guilherme de A. Dantas (GESEL/UFRJ)

### ***Veículos Flex***

Francisco Nigro (POLI/USP)

Alfred Szwarc (Consultor)

### ***Programas Internacionais***

Adriano Pires (Centro Brasileiro de Infraestrutura/CBIE)

Rafael Schechtman (Centro Brasileiro de Infraestrutura/CBIE)

### ***Matriz Energética***

Sérgio Valdir Bajay (UNICAMP)

Luiz Augusto Horta Nogueira (CEPAL/ONU)

Francisco José Rocha de Sousa (UNICAMP)

Leia a íntegra dos artigos resumidos nesta publicação  
no seguinte endereço:  
[www.unica.com.br/downloads/estudosmatrizenergetica](http://www.unica.com.br/downloads/estudosmatrizenergetica)

# SUMÁRIO

**07**

APRESENTAÇÃO  
**Uma matriz de combustíveis para o Brasil**

**10**

MAPEAMENTO DA CADEIA PRODUTIVA  
**Um retrato panorâmico do setor sucoenergético**

**16**

ÁREA SOCIAL  
**O etanol como fator de interiorização da riqueza**

**20**

CLIMA  
**Os biocombustíveis no combate ao aquecimento global**

**24**

SAÚDE PÚBLICA  
**Mais etanol nos carros, menos doentes em hospitais**

**28**

BIOELETRICIDADE  
**O papel do bagaço na geração de energia**

**32**

VEÍCULOS FLEX  
**Uma revolução que precisa de aperfeiçoamentos**

**36**

PROGRAMAS INTERNACIONAIS  
**O que fazem outros países para estimular os biocombustíveis**

**40**

MATRIZ ENERGÉTICA  
**A participação dos biocombustíveis na oferta de energia**

**44**

GLOSSÁRIO



# Uma matriz de combustíveis para o Brasil



A matriz energética brasileira, que se destaca pela grande incidência de fontes renováveis, passou por transformações que a colocaram entre as mais limpas do mundo. Nesta década, a participação do petróleo e derivados na matriz diminuiu cerca de nove pontos percentuais: passou de 45,5% em 2000 para 37,3% em 2008. Ao fim desse período, mais de 16% da energia consumida no país já provinha de derivados da cana-de-açúcar, ultrapassando a energia hidráulica em importância na matriz e assumindo o segundo lugar.

É importante enfatizar, no entanto, que, considerando-se um período mais longo, esse avanço foi registrado *apesar* das políticas públicas e não *por causa* delas. Nas últimas três décadas, a ausência de uma política de longo prazo para os combustíveis gerou forte instabilidade na produção e consumo da energia alternativa. As crises do petróleo não foram suficientes para que surgissem políticas governamentais preocupadas com a sustentabilidade dos combustíveis renováveis. Ao contrário, as políticas adotadas, em particular após o primeiro choque do petróleo, conduziram a ciclos de substituição de combustíveis com efeitos negativos para todos os envolvidos, inclusive o consumidor.

Desde a década de 70, houve ao menos cinco fases [leia o texto na página 09] associadas a políticas erráticas de combustíveis, que enviaram sinais imprecisos ao mercado e fragilizaram o fluxo de investimentos. São elas: a “dieselização” da matriz nos anos 70, a criação e desenvolvimento do Proálcool nos anos 80, a crise deste programa e o retorno à gasolina nos anos 90, o incentivo ao gás natural veicular e, finalmente, a revolução dos veículos flex em 2003.

O mercado hoje aposta no etanol. Além da significativa expansão das plantas tradicionais, mais de cem novas unidades entraram em operação entre 2005 e 2009, totalizando investimentos da ordem de US\$ 20 bilhões. Apesar desse forte afluxo de investimentos, continuam as incertezas quanto à participação do etanol na futura matriz de combustíveis.

Diversos ainda são os sinais: de um lado, persiste o estímulo ao consumo de gás natural combustível, apesar da escassez recente. De outro, mantêm-se os artificialismos nos preços da gasolina, com subsídios cruzados entre os derivados de petróleo, o que, além de causar problemas para o setor industrial, gera distorções no mercado em que o etanol hidratado compete diretamente com a gasolina. Ao mesmo tempo, ainda se vivencia notícias extemporâneas de apoio à introdução de carros de passeio movidos a diesel, a despeito das evidentes consequências econômicas e ambientais negativas de tal medida. Finalmente, não se podem desconsiderar as perspectivas do pré-sal, que em alguns anos implicará importantes investimentos na extração e refino do petróleo que aumentarão substancialmente a produção.

Em síntese, o que se observou nas últimas décadas – e ainda se observa hoje – foi uma situação ciclotímica no mercado de combustíveis, o que provoca insegurança nos consumidores e incerteza para os investidores. Por isso, é fundamental um ordenamento de longo prazo, que oriente políticas públicas compatíveis com uma economia de mercado, criando um ambiente estável para investimentos e garantias duradouras aos consumidores. Tal diretiva deve contemplar a adoção de mecanismos fiscais capazes de incorporar no sistema de preços os valores das externalidades positivas dos combustíveis renováveis que o mercado autônomo não captura.



Marcos Sawaya Jank  
Presidente da UNICA

## O QUE DEVE SER A MATRIZ ENERGÉTICA

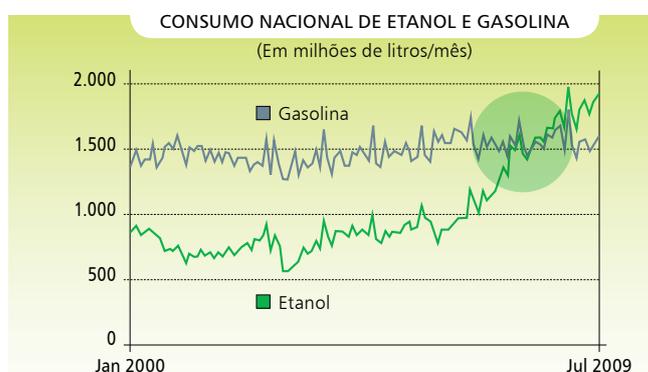
É absolutamente necessária e urgente a definição de uma matriz energética consistente e duradoura, baseada em critérios de sustentabilidade na produção e no uso dos combustíveis. O cenário econômico mundial oferece uma oportunidade ímpar para o Brasil se consolidar como líder global na política de combustíveis, seja biocombustíveis ou fósseis, a partir do estabelecimento de metas e cenários futuros de oferta e demanda para cada componente de sua matriz de combustíveis.

**Uma matriz energética consistente é aquela que contém um ordenamento de longo prazo caracterizado por políticas públicas compatíveis com uma economia de mercado. Isso cria um ambiente estável para investimentos e garantias duradouras aos consumidores**

A matriz de combustíveis, portanto, deve atender às expectativas dos vários agentes envolvidos: produtores de biocombustíveis, exploradores e refinadores de petróleo, distribuidores de combustíveis, indústria automobilística, consumidores, governo e a sociedade como um todo.

Não são poucos nem irrelevantes os benefícios da entronização dos biocombustíveis no arcabouço institucional do Brasil. Eles são de natureza social (geração de empregos e riqueza no interior e melhoria na distribuição de renda), ambiental (mitigação das consequências negativas das mudanças climáticas) e econômica (geração de renda e tributos).

Todos esses itens são atributos da sustentabilidade e do desenvolvimento limpo, com justiça social. Esta será uma importante contribuição do Brasil – e da sociedade brasileira – para um crescimento mundial sustentado.



Nota: dados de gasolina referem-se à gasolina A; dados de etanol compreendem consumo de etanol anidro e hidratado. Fonte: ANP. Elaboração: UNICA.



Esta publicação traz um conjunto de informações inéditas e ilustrativas que certamente servirão de subsídio para a definição de uma matriz energética que seja do interesse do País. Os oito estudos aqui apresentados identificam e quantificam os benefícios do uso do etanol e da bioeletricidade para a sociedade e o meio ambiente e vão além, sugerindo políticas para a sua consolidação na nossa matriz. A primeira contribuição desta iniciativa é mapear o setor, algo que nunca havia sido feito com tal rigor técnico. O retrato que emerge do levantamento exaustivo mostra que o setor sucroenergético produz anualmente mais de US\$ 28 bilhões, incluídos aí os impostos que somam quase US\$ 10 bilhões ao longo da cadeia produtiva.

O estudo seguinte mostra a capilaridade do setor, fundamental para a interiorização da riqueza. Em São Paulo, por exemplo, a atividade da cana está presente em mais de 60% dos 645 municípios, denotando expressiva distribuição na geração de desenvolvimento e emprego. O mesmo trabalho faz uma simulação do potencial do etanol como gerador de empregos: se 15% da gasolina atualmente consumida fosse substituída por álcool combustível, 117 mil postos de trabalho seriam criados, gerando renda adicional de quase R\$ 250 milhões ao ano.

É sabido que o meio ambiente ganha com a maior utilização do etanol. O que poucos sabem é quantificar esse ganho. É disso que trata o terceiro artigo: medições técnicas indicam que o etanol de cana-de-açúcar é capaz de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em mais de 90%, quando comparado com a gasolina. É uma vantagem que pode ser expressa de outra forma: cada litro de etanol equivale a US\$ 0,20 que deixam de ser gastos em medidas para mitigar a emissão de gases poluentes, reduzindo os investimentos que o país aplicaria no desenvolvimento de outras tecnologias para fazer sua parte no esforço mundial para controlar o aquecimento global.

As questões mais relevantes, porém, não podem ser simplesmente traduzidas em cifras. O estudo sobre o impacto na saúde pública da substituição progressiva de derivados de petróleo por etanol revela uma projeção surpreendente: se a frota cativa de ônibus da região metropolitana de São Paulo trocasse o diesel por etanol, mais de 4 mil internações hospitalares seriam evitadas e 745 vidas seriam salvas a cada ano, uma vez e meia o número de mortes causadas por tuberculose na região em 2007.

E, quando se pensa a energia de forma mais abrangente, a cana-de-açúcar não é apenas etanol. É também bioeletricidade, a eletricidade obtida da biomassa – o bagaço e a palha da cana – que é a maneira ideal de complementar o regime pluviométrico da geração

hidrelétrica, pois a safra da cana é concentrada de abril a novembro, período de seca no Centro-Sul. E esse é outro aspecto que não pode escapar aos formuladores da matriz energética brasileira.

Finalmente, uma série de propostas é apresentada, incluindo políticas para induzir o aperfeiçoamento tecnológico dos veículos flex e para

a ampliação dos mercados internacionais. O conjunto culmina com importantes considerações sobre mecanismos que assegurarão a participação crescente de fontes renováveis e limpas na nossa matriz energética.

A UNICA, ao reunir este conjunto de trabalhos, tem a certeza de estar contribuindo para o debate nacional visando à definição dessa matriz.

**1) Década de 70**

**Processo de “dieselização” da matriz.**  
O primeiro processo de substituição foi o da gasolina pelo diesel, devido à política de preços artificiais. Isso provocou aumento da frota a diesel e das importações do combustível.

**2) Década de 80**

**Inovação do Proálcool.** Lançado em meados dos anos 70, o Proálcool inicialmente ampliou o uso do etanol anidro misturado à gasolina. Essa mistura já era utilizada desde 1938 e tinha por objetivo a absorção do excedente da produção de etanol e a substituição do chumbo-tetraetila, altamente poluente, como aditivo à gasolina. O segundo choque do petróleo, em 1979, quando o seu preço atingiu novo pico histórico, viabilizou a entrada dos veículos movidos a etanol hidratado no mercado, inaugurando nova fase do Proálcool. O sucesso dessa fase foi tão grande que, em 1985, 95% dos veículos leves produzidos eram movidos a etanol hidratado.

**3) Década de 90**

**Nova “gasolinização” da matriz.** Com a queda dos preços internacionais do petróleo, o etanol começou a perder competitividade frente à gasolina, não obstante os bons resultados no aumento da produtividade pela indústria sucroenergética. O governo reduziu os incentivos e não houve como remunerar o alto nível de oferta necessária para o atendimento da frota, culminando na crise de desabastecimento de etanol em 1989/1990. Com isso, a gasolina rapidamente recuperou espaço.

**4) Final da década de 90**

**Incentivos ao Gás Natural Veicular (GNV).** Nesse período, começa a forte expansão da conversão de veículos para gás, substituindo o etanol hidratado e a gasolina. Esse incentivo, que teve como principal estímulo o excedente temporário de Gás Natural, levou à migração de significativa parcela da frota de carros das capitais para o uso desse combustível, cuja oferta é cada vez mais escassa e cara.

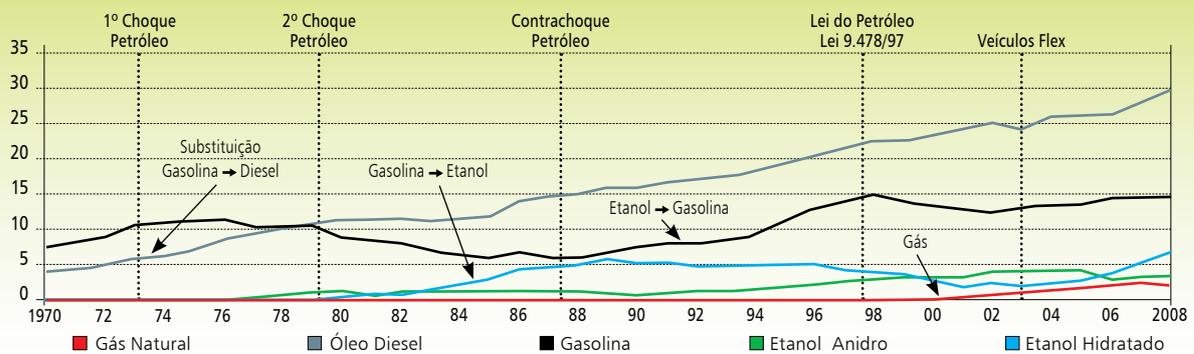
**5) A partir de 2003**

**A revolução do flex.** Em 2003, com a introdução dos veículos bicombustíveis, começa nova etapa do etanol hidratado. Com a nova tecnologia, o consumidor escolhe o combustível ao abastecer e não mais quando da compra do veículo. Entre 2003 e 2008 foram comercializados mais de 8 milhões de carros flex. Hoje, eles são responsáveis por mais de 90% dos veículos comercializados no país.

O crescimento da frota flex e a manutenção da competitividade do preço do álcool em relação ao da gasolina fizeram com que as vendas do etanol hidratado quintuplicassem em cinco anos. Desde abril de 2008, a venda mensal de etanol (somados o hidratado e o anidro) superou a de gasolina pura – um marco inédito e admirado no mundo (veja gráfico na página 8). Graças a esse feito, pode-se afirmar que no Brasil o “combustível alternativo” hoje é a gasolina.

**A DANÇA DOS COMBUSTÍVEIS**

(Em milhões de tep\*)



\* Toneladas equivalentes de petróleo. Fontes: Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP).

# PIB do setor sucroenergético, de US\$ 28 bi, é quase um Uruguai

Somadas as  
receitas de todos  
os segmentos, o  
setor desembolsou  
quase US 10 bilhões  
em impostos, para  
uma movimentação  
financeira que atinge  
US\$ 86 bilhões



O negócio da cana-de-açúcar no Brasil, apesar de tão antigo quanto a própria colonização do país – data de 1532, ano da introdução das primeiras mudas do produto – nunca tinha sido fotografado em plano panorâmico. Ninguém desconhece a importância histórica da cultura da planta que, por dois séculos, dominou a economia brasileira e que nas últimas décadas, tendo se reinventado com novas tecnologias e novos mercados, continua cada vez mais relevante para o agronegócio e energia no país.

E, no entanto, apesar desse papel de destaque desempenhado na sociedade, com desdobramentos que permeiam a própria cultura brasileira, nunca se soube, a partir de um trabalho técnico e aprofundado, a ordem de grandeza econômica da cadeia produtiva da cana, que se estende do fertilizante aos produtos disponíveis para o consumidor nos supermercados ou postos de abastecimento.

Agora, pela primeira vez, o segmento como um todo é dimensionado. Com a aplicação do método GESis (Gestão Estratégica de Sistemas Agroindustriais), desenvolvido pelo professor Marcos Fava Neves, coordenador do departamento de administração da Faculdade de Economia e Administração da USP, aferiu-se que o Produto Interno Bruto do setor é de US\$ 28,15 bilhões, equivalente a quase 2% do PIB nacional ou à quase totalidade da riqueza gerada em um ano por um país como o Uruguai (US\$ 32 bilhões). No mapeamento do setor foi usada a taxa de câmbio de R\$ 1,84 por dólar, a média de 2008.

Considerados apenas os impostos sobre o faturamento – isto é, IPI, ICMS, PIS e Cofins – estima-se que, em 2008, o setor tenha pago o equivalente a US\$ 9,86 bilhões. Desse total, US\$ 3 bilhões são relativos à venda de insumos agrícolas e industriais e US\$ 6,86 bilhões se referem a impostos agregados do setor sucroenergético.

Nessa conta do PIB setorial, em que foram computados dados relativos a 2008, estão incluídas as exportações de quase US\$ 8 bilhões (sobretudo de açúcar, US\$ 5,5 bilhões, e etanol, US\$ 2,4 bilhões). O grosso é gerado no mercado interno, onde as vendas alcançam US\$ 20,2 bilhões, metade das quais de etanol hidratado.

Quando se considera a movimentação financeira do setor sucroenergético, ou seja, a somatória das vendas dos diversos elos da cadeia, o valor alcança US\$ 86,8 bilhões.

A imagem panorâmica revela que mais de três quartos dessa movimentação financeira se dá depois que a cana-de-açúcar deixa a fazenda. A atividade industrial, o transporte, a distribuição no atacado e no varejo de produtos derivados da cana, tudo isso é responsável por 76% do movimento do setor sucroenergético. Os elos de produção *antes* da fazenda e *na* fazenda respondem pelos restante 24%.

O mapeamento e a quantificação do setor não teriam sido possíveis sem o método GESis. Desenvolvido em 2004, ele estabelece o fluxo dos produtos, dos insumos básicos àqueles destinados ao consumidor final, resumindo a cadeia num diagrama reproduzido neste relatório. Os dados emergem do cruzamento de informações sobre compras e vendas obtidas em entrevistas com gerentes e diretores das empresas. O método já foi utilizado no Brasil para esquadrihar as cadeias de laranja, trigo e leite. Apresentado em vários congressos internacionais, tornou-se conhecido e chegou a ser empregado também no exterior. Em 2007, foi usado no Uruguai e na Argentina para as cadeias do trigo e leite, respectivamente.

## ATÉ A FAZENDA

Alguns dados são conhecidos. Sabe-se, por exemplo, que a safra 2008/2009 foi recorde até então, com quase 570 milhões de toneladas de cana produzidas numa área plantada de 8,5 milhões de hectares. Outros dados só agora vêm à luz: é aí, na fazenda (de acordo com a divisão proposta pelo método GESis), que o faturamento foi de US\$ 11,5 bilhões. Somente os fornecedores independentes de cana-de-açúcar somam mais de 70 mil no país e geraram uma receita superior a US\$ 5 bilhões.

A cadeia sucroenergética, porém, tem início antes do plantio da cana-de-açúcar, com a compra dos insumos agrícolas, que no ano passado atingiu US\$ 9,2 bilhões.

Só em relação aos fertilizantes, a cultura da cana realizou gastos de US\$ 2,3 bilhões, o que é equivalente a 14% da venda de fertilizantes no Brasil. Trata-se do terceiro maior mercado para fertilizantes, atrás apenas das culturas de soja e milho.

Quanto aos defensivos agrícolas, o setor movimentou US\$ 768,4 milhões (9,5% das vendas no país). Do total, 73,5% foram gastos com herbicidas, 22,8% com inseticidas e 3,7% com fungicidas.

### 1,2 MILHÃO DE EMPREGOS FORMAIS

**Em 2008, o setor sucroenergético empregou 1,28 milhão de pessoas com carteira assinada, o equivalente a 2,15% dos postos de trabalho no Brasil. Nessa conta-se incluem empregos gerados no cultivo da cana-de-açúcar, fábricas de açúcar em bruto, no refino e moagem de açúcar e na produção de etanol.**

**A maior parte dos empregos foi gerada pelo cultivo da cana (481.662 funcionários), fixos e sazonais, e nas fábricas de açúcar (561.292). A produção de etanol envolveu 226.513 empregados. E o refino e moagem de açúcar, 13.791.**

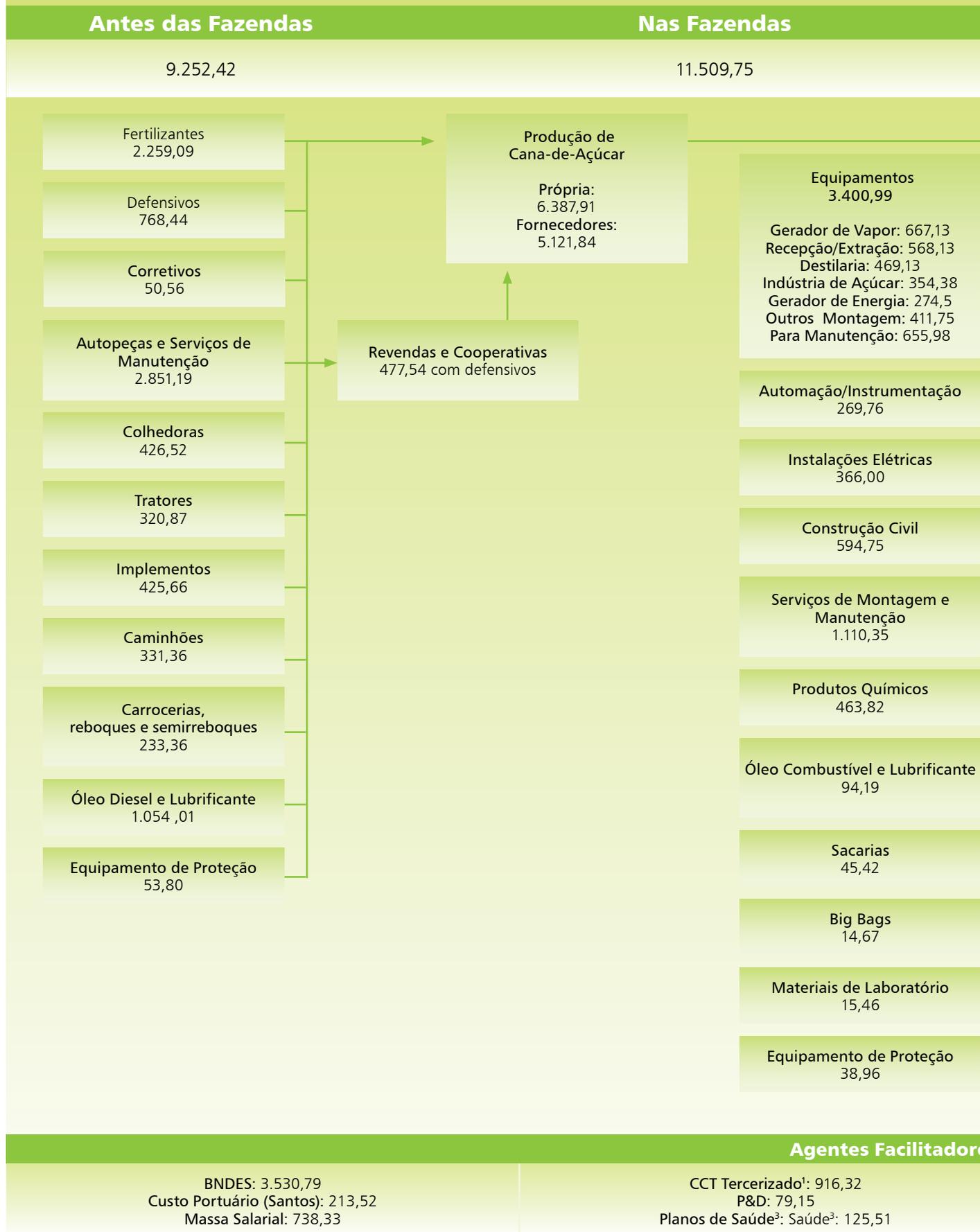
**Os dados mostram que o índice de formalidade de empregos no setor canavieiro vem crescendo, atingindo a média nacional de 80,9%. O índice de formalidade é maior na região Centro-Sul (90,3%), chegando a 95,05% em São Paulo, segundo dados do IBGE de 2007. No Nordeste, é de 66,5%.**

**Considerando-se que para cada emprego direto são gerados dois indiretos, estima-se haver 4,29 milhões de pessoas trabalhando na cadeia da cana-de-açúcar.**

**Mais da metade (55%) dos trabalhadores no cultivo da cana é analfabeta ou tem baixa escolaridade. O aumento da mecanização, porém, tem se encarregado de aumentar a demanda por profissionais mais qualificados.**

# CADEIA SUCROENERGÉTICA

(em milhões de dólares, 2008)



1- CCT = Corte, Carregamento e Transporte, no Centro Sul. 2- Volume exportados pelos Portos de Santos e Paranaguá. 3 e 4 – Apenas Estado de São Paulo.

Após as Fazendas

52.795,27



(prestadores de serviço) – 13.275,58

Frete Rodoviário Exportação<sup>2</sup>: 539,03  
 Eventos: 5,32  
 Alimentação<sup>4</sup>: 188,26

Pedágios Exportação (Santos): 79,96  
 Revistas: 3,99  
 Impostos Agregados no SAG: 6.855,41

### MAPEAMENTO DA CADEIA (Em milhões de dólares, 2008)

#### ANTES DAS FAZENDAS

	Valor Bruto	Valor Líquido	Impostos*
Autopeças e Serviços	2.851,19	2.041,19	810,00
Fertilizantes	2.259,09	1.988,00	271,09
Óleo Diesel e Lubrificante	1.054,01	795,57	258,44
Defensivos	768,44	676,23	92,21
Colhedoras	426,52	305,35	121,17
Implementos	425,67	304,74	120,93
Caminhões	331,39	237,25	94,14
Tratores	320,87	229,71	91,16
Carrocerias, reboques e semi-reboques	233,36	167,06	66,30
Equipamento de Proteção	53,80	38,52	15,28
Corretivos	50,56	44,49	6,07
<b>Total</b>	<b>8.774,90</b>	<b>6.828,11</b>	<b>1.946,79</b>

\* Impostos sobre vendas: IPI, ICMS, PIS e COFINS.

#### NAS FAZENDAS

	Valor Bruto
Própria	6.387,91
Fornecedores	5.121,84
<b>Total</b>	<b>11.509,75</b>

#### INSUMOS INDUSTRIAIS (APÓS AS FAZENDAS)

	Valor Bruto	Valor Líquido	Impostos*
Equipamentos Industriais	3.400,98	2.720,78	680,20
Serviços de Montagem e Manutenção	1.110,35	1.007,64	102,71
Construção Civil	594,75	539,74	55,01
Produtos Químicos	463,82	394,25	69,57
Instalações Elétricas	366,00	301,95	64,05
Automação/ Instrumentação	269,76	222,55	47,21
Óleo Combustível e Lubrificante	94,19	71,09	23,10
Sacarias	45,42	36,34	9,08
Equipamento de Proteção	38,96	31,17	7,79
Materiais de Laboratório	15,46	11,07	4,39
Big Bags	14,67	11,74	2,93
<b>Total</b>	<b>6.414,36</b>	<b>5.348,31</b>	<b>1.066,05</b>

\* Impostos sobre vendas: IPI, ICMS, PIS e COFINS.

Também foram comprados 3.970 tratores em 2008, o que movimentou US\$ 320,9 milhões (9% das vendas). O setor foi responsável pela compra de 47% dos tratores vendidos com potencia acima de 200 cv. O faturamento com implementos, como arados e pulverizadores, foi de US\$ 425,7 milhões.

Os números são todos superlativos. A venda de colhedoras para o setor cresceu 52% em 2008, atingindo 981 unidades, o que quase dobrou a frota usada nas lavouras de cana. Uma das razões para tal crescimento foi a exigência do fim das queimadas. Neste ano, foram vendidos também 1.962 caminhões com mais de 40 toneladas (5% das vendas totais).

### DEPOIS DA FAZENDA: O BINÔMIO ENERGIA-ALIMENTO

As usinas faturaram com etanol US\$ 12,4 bilhões em 2008, contabilizadas as vendas para o mercado externo e interno. As exportações geraram faturamento de US\$ 2,36 bilhões (5 bilhões de litros). Desde 2001, as exportações para o exterior cresceram 26 vezes em faturamento e 15 vezes em volume. Os principais compradores foram os Estados Unidos e a União Européia.

A maior parte do etanol hidratado é consumida no mercado interno: em 2008, foram 14,08 bilhões de litros (faturamento para as usinas de US\$ 6,6 bilhões). O volume de vendas vem crescendo: desde 2006, esse volume quase dobrou, puxado sobretudo pela introdução dos carros com motores flex, que em 2008 responderam por 90% da produção dos automóveis comerciais leves no Brasil.

Quanto ao etanol anidro – misturado à gasolina – foram vendidos 6,48 bilhões de litros (US\$ 2,97 bilhões). Devido aos carros flex, o consumo de etanol anidro tem diminuído nos últimos anos, já que os consumidores desse tipo de automóvel mais e mais têm optado pelo uso do etanol.

Após as usinas, o etanol vendido no mercado interno ainda gerou faturamento nas distribuidoras de US\$ 8,62 bilhões e nos postos de US\$ 11,11 bilhões.

O etanol para fins não-energéticos é utilizado no Brasil na produção de bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos e químicos. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional, o consumo foi de 720 milhões de litros em 2008.

A comercialização de energia não se deve apenas a produtos físicos, como os combustíveis. Há ainda a bioeletricidade – a energia elétrica renovável gerada a partir do bagaço da cana – que vem ganhando importância crescente. Em 2008, cerca de trinta usinas negociaram 544 MW médios para a venda anual por quinze anos. Esse volume irá gerar faturamento anual de US\$ 389,6 milhões.

Em relação ao açúcar, as usinas faturaram US\$ 9,76 bilhões nos mercados externo e interno.

As exportações geraram faturamento de US\$ 5,5 bilhões. Das 19,5 milhões de toneladas embarcadas, 83% foram destinadas ao Centro-Sul e 17% ao Norte-Nordeste. Mais de 40% das exportações foram destinadas a cinco países (entre os quais, Rússia, Nigéria, Egito e Arábia Saudita) e o restante para mais de cem países. A maior parcela da produção, que tem crescido mais do que o consumo interno, é destinada à exportação. Ressalte-se que, além de outros serviços, somente o Porto de Santos teve uma receita superior a US\$ 200 milhões devido aos embarques de açúcar e etanol.

**Mais de três quartos da movimentação financeira se dá depois que a cana-de-açúcar deixa a fazenda; a atividade industrial, o transporte, a distribuição no atacado e no varejo de produtos derivados da cana são responsáveis por 76% do giro**

## ALÉM DO ETANOL

O setor de insumos industriais faturou com o setor sucroenergético US\$ 6,4 bilhões em 2008.

Considerando-se os investimentos industriais realizados pelas 29 usinas que entraram em operação em 2008, a troca de equipamentos na entressafra, os projetos de automação e a instrumentação de usinas vendidas em anos anteriores a 2008, as empresas de bens de capital faturaram US\$ 3,6 bilhões com o setor sucroenergético. Em construção civil e instalações elétricas, estima-se faturamento de US\$ 961 milhões para instalação das novas unidades industriais. Em serviços de montagem e manutenção, calcula-se que as usinas movimentaram mais de US\$ 1 bilhão.

Finalmente, é digno de nota que, apesar de ainda aquém do que seria necessário, dado o potencial das novas tecnologias, o setor não deixa de investir em pesquisa.

Em 2008, foram alocados US\$ 79,15 milhões de recursos em pesquisas no setor sucroenergético provenientes de Finep, Fapesp, Canavialis e Allelyx, CTC, IAC e distribuídos entre organizações públicas e privadas, USP, Unicamp, Unesp, Embrapa, Ridesa entre outras.

Uma gama de novos produtos também compõe o faturamento pós-porteira do setor e, com maior ou menor escala, será cada vez mais importantes no portfólio de receitas da atividade. As leveduras já representam faturamento superior a US\$ 60 milhões. Produtos como bioplásticos, biobutanol, diesel e outros álcoolquímicos já iniciaram escala comercial de produção ou se encontram em fase piloto de testes. Créditos de carbono também deverão ganhar importância na proporção da crescente preocupação com economias de "baixo carbono". Espera-se uma importante transformação nessa que é, ao mesmo tempo, uma das mais antigas e mais modernas plantas energéticas do planeta.

## Autores do estudo

- **Marcos Fava Neves**, professor titular da FEA/USP, campus de Ribeirão Preto, e coordenador do Markestrat (Centro de Pesquisas e Projetos em Marketing e Estratégia da USP).
- **Vinicius Gustavo Trombin**, mestre em administração pela FEA/USP e pesquisador Markestrat.
- **Matheus Consoli**, doutorando em engenharia da produção pela USP de São Carlos e pesquisador Markestrat.

Os autores contaram com o apoio da equipe integrada por: Bryan Manuel Julca Briceno, Gabriel Raush, José Guilherme A. Nogueira, Larissa Borges de Souza, Leandro Andrade Silva e Marina Biagi Barros.

# Consumo de etanol 15% maior criaria dois estádios de empregos

**Simulação mostra que, com essa elevação, seriam gerados 117 mil postos de trabalho, número equivalente à soma do público do Maracanã e do Pacaembu em dia de clássico; o resultado corresponde a duas vezes o emprego atual na produção total de petróleo**



O impacto social da atividade sucroenergética no Brasil deve ser avaliado não apenas pelas centenas de milhares de empregos gerados. Igualmente importante é saber que o setor, espalhado por grande parte do território nacional, contribui para descentralizar a renda, como mostra pesquisa realizada pelo Grupo de Extensão em Mercado de Trabalho Agrícola (Gemt), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, da USP, coordenado pela professora Márcia Azanha de Moraes.

Qual o perfil desses empregados do ciclo do álcool? Qual seu grau de instrução? Qual o nível de remuneração?

É sabido que a escolaridade dos assalariados na lavoura canieira ainda é baixa. Eles estudam, na média, 4,2 anos, de acordo com dados de 2007. No setor de produção de etanol, a média é mais alta: 7,7 anos. Os anos de estudos estão naturalmente refletidos nos salários. Na média, o empregado na indústria de etanol ganha 25,3% mais do que o empregado da lavoura canieira.

**O rendimento médio do trabalhador dos canaviais é maior que o dos empregados nas culturas de café, arroz, milho e mandioca; só fica atrás do rendimento do trabalhador nas fazendas de soja, que, por serem altamente mecanizadas, demandam mão-de-obra mais qualificada**

Há duas maneiras complementares de olhar esses números. Por um lado, quando se olha para o futuro, nota-se que eles indicam a necessidade de um esforço, público e privado, no sentido de aumentar o nível de escolaridade da mão-de-obra do ciclo do etanol. Isso elevaria o rendimento médio e a produtividade. Por outro lado, quando se olha o presente, percebe-se que o setor é responsável pela inclusão no mercado de trabalho de um contingente expressivo que teria dificuldade em ser absorvido em outros ramos da atividade econômica.

De qualquer maneira, para avaliar o nível de remuneração dos trabalhadores nas plantações de cana, a comparação mais reveladora é em relação aos empregados de outras culturas. Nesse universo, o trabalhador dos canaviais, com rendimento médio de R\$ 590,60, segundo a PNAD de 2007, só perde para o que trabalha nas fazendas de soja (R\$ 799,69), altamente mecanizadas e que, portanto, demandam mão-de-obra mais qualificada. Nas culturas comparáveis, ganha-se menos: R\$ 443,66 na de café, R\$ 359,90 na de arroz, R\$ 277,38 na de milho e R\$ 232,90 na de mandioca. Entre 1999 e 2007, o salário médio dos empregados na lavoura de cana subiu 4,30% ao ano, atrás apenas da alta da sojicultura (5,05%). Nas outras culturas, as variações foram mais modestas: café (4,21%), mandioca (2,43%), milho (2,08%) e arroz (1,54%).

**CAPILARIDADE DO ETANOL X CONCENTRAÇÃO DO SETOR PETROQUÍMICO**

Os empregos gerados no ciclo do etanol têm a vantagem adicional, do ponto de vista de distribuição regional da riqueza, de estarem espalhados em quase todo o território nacional. Não se trata apenas de constatar que a atividade está presente em 25 dos 26 estados – afinal, a indústria de petróleo tem presença em 24 unidades da federação – mas de reconhecer sua maior capilaridade, uma vez que abrange um número muito maior de municípios.

Com base na metodologia do **quociente locacional**, verifica-se que as atividades produtivas do setor sucroenergético têm alto grau de interiorização. O número de municípios produtores de cana-de-açúcar e/ou etanol (1.042) é aproximadamente seis vezes maior do que o número de cidades em que há extração de petróleo e/ou indústria de derivados (176).

Com relação ao número de empregados, a diferença também é grande. De acordo com os Registros Administrativos do Ministério do Trabalho e Emprego (Rais) referentes a 2007, o setor de produção de cana e etanol, com 465.236 trabalhadores, emprega mais de seis vezes mais do que o setor de produção de petróleo (73.075 empregos).

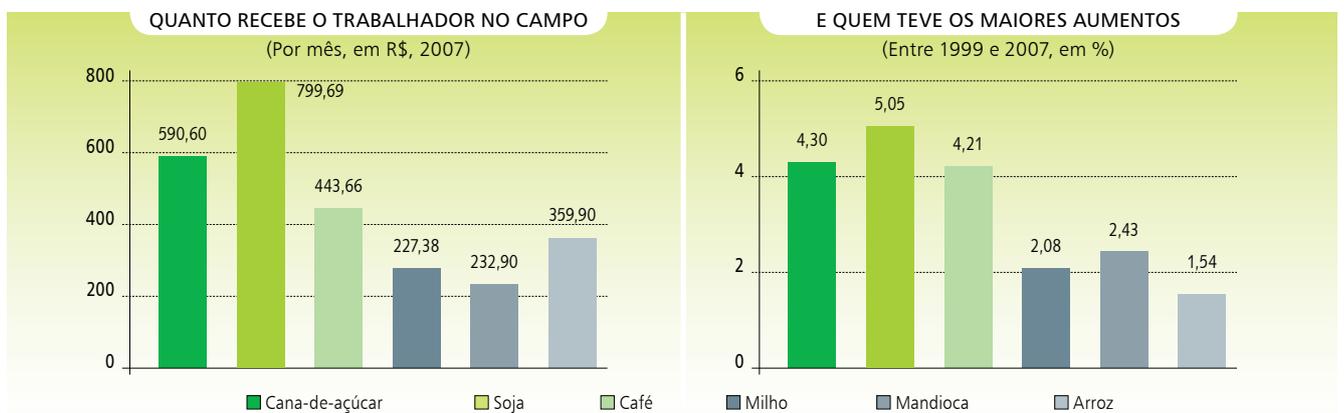
**Saiba o que é o quociente locacional**

Para analisar a importância relativa do setor sucroalcooleiro e petroquímico nas diversas regiões produtoras, o estudo do Grupo de Extensão em Mercado de Trabalho Agrícola (Gemt) utilizou o quociente locacional (QL). A metodologia permite identificar a existência de especialização e de aglomeração na atividade produtiva de cada estado ou região.

Foram utilizados os dados da Rais referentes ao número de empregos e de estabelecimentos entre 2000 e 2007. Na Rais, o nível de desagregação geográfica das informações é por municípios, o que possibilita a análise da capilaridade das diversas atividades.

O quociente locacional possui limite inferior igual a zero. O zero indica inexistência de atividade na região analisada. A partir do zero, o número sobe de acordo com o nível de especialização dos trabalhadores. Quando não há especialização, o número fica entre zero e um. No caso de haver especialização, o número é superior a um. O nível de especialização pode ser baixo (entre um e cinco), moderado (entre cinco e dez) e alto (acima de dez).

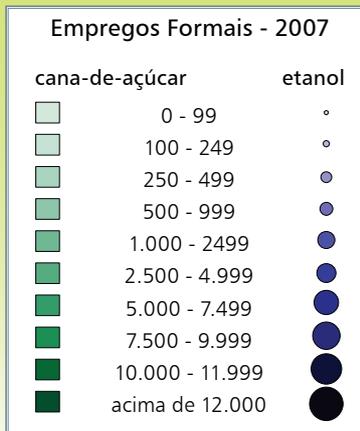
Dessa forma, é possível fazer comparação direta entre o setor sucroenergético e o de derivado de petróleo.



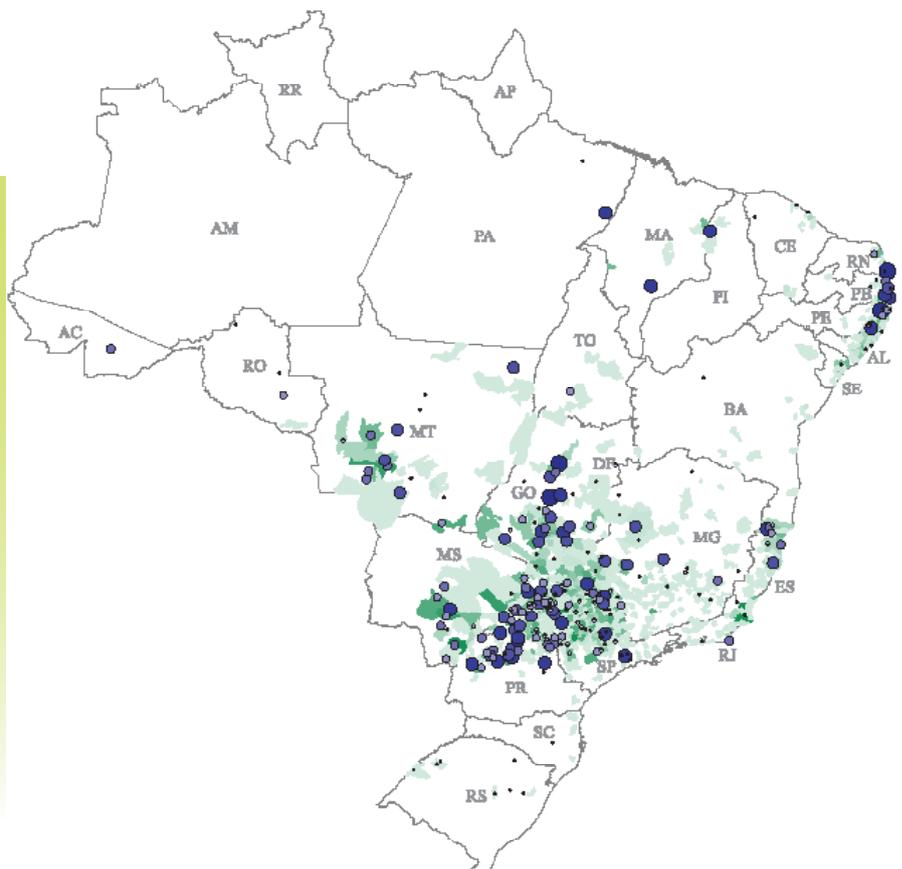
Fonte: Oliveira, com base em dados do PNAD.

### A CAPILARIDADE DO ETANOL E A CONCENTRAÇÃO DO PETRÓLEO

#### CANA-DE-AÇÚCAR E ETANOL



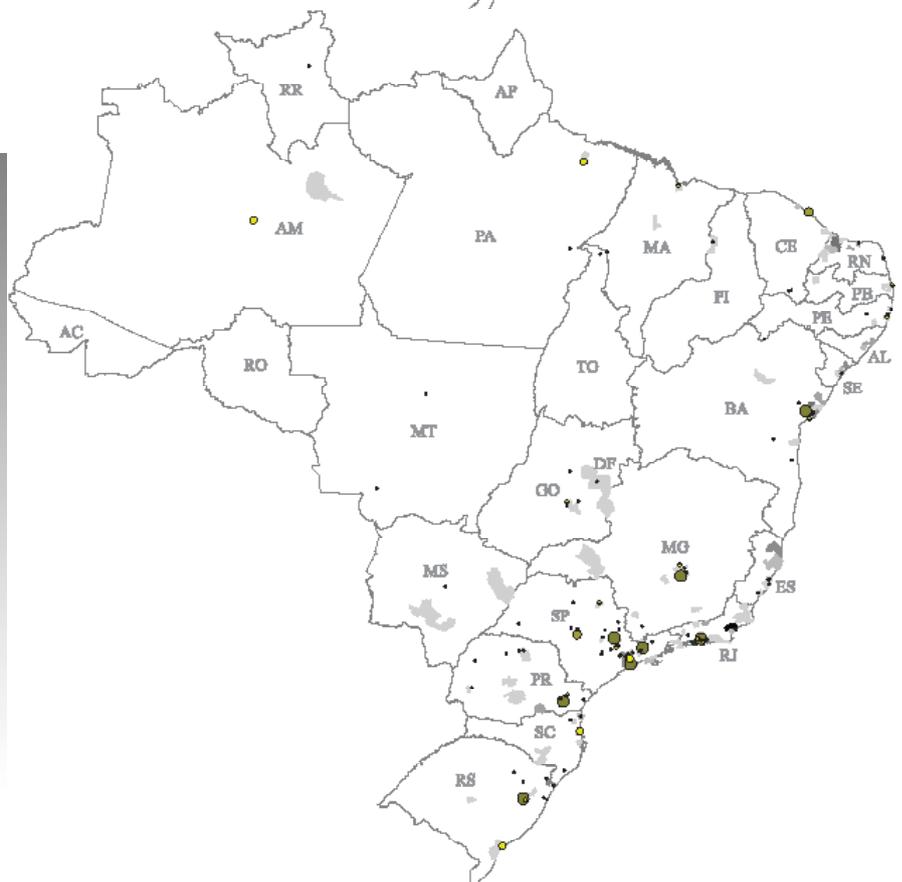
Fonte: Mapa elaborado a partir dos dados da RAIS.



#### EXTRAÇÃO E DERIVADOS DO PETRÓLEO



Fonte: Mapa elaborado a partir dos dados da RAIS.



#### DOIS SETORES, UM ABISMO

Em unidades, em 2007

Setor	Estados	Municípios	Empregos	Estabelecimentos
Etanol (*)	25	1.042	465.236	16.829
Petróleo (**)	24	176	73.075	1.239

Nota: (\*) Inclui lavoura de cana e produção de álcool. (\*\*) Inclui extração de petróleo e produção de derivados.

Fonte: RAIS (2007), PNAD (2007).

Uma rápida comparação entre São Paulo e Rio de Janeiro ajuda a visualizar as diferenças do perfil dos setores sucroenergético e petroquímico. Em São Paulo, principal polo do setor sucroenergético, a produção da cana está presente em 397 municípios (61,6% do total). Desses, 220 registram algum grau de especialização (o que é indicado pelo QL superior a um). Com relação à produção de etanol, está presente em 80 cidades do estado (12,4%), das quais 60 têm especialização. No Rio, um polo petrolífero, a atividade de extração está presente em apenas quinze municípios, sendo que em apenas três deles há especialidade produtiva.

**A cadeia sucroenergética tem alta capilaridade, o que fica demonstrado pela comparação entre São Paulo e Rio de Janeiro, polos de produção de etanol e petróleo: em São Paulo, a produção da cana ocorre em 397 cidades; no Rio, a atividade de extração está presente em apenas 15 municípios**

**UMA SIMULAÇÃO**

O fato de a lavoura de cana empregar cada vez mais não é, necessariamente, uma tendência permanente. É preciso levar em conta a intensificação da mecanização no campo, que exerce pressão em sentido contrário. Uma maneira de compensar o efeito da maior mecanização seria a elevação da demanda por etanol.

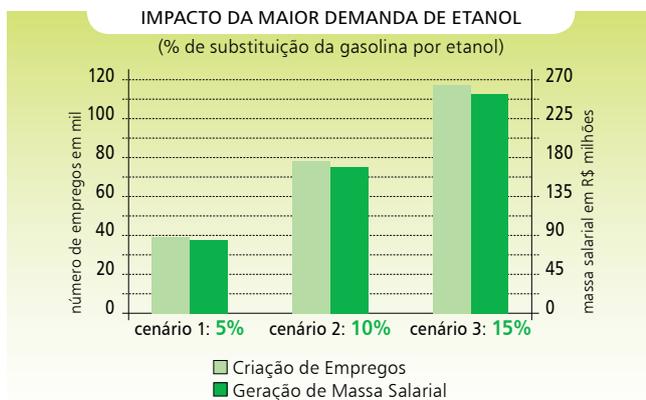
Qual o resultado da maior demanda por etanol? Do ponto de vista social, a resposta poderia ser resumida numa palavra: empregos. Mesmo com um aumento modesto do consumo de etanol (em substituição à gasolina) o efeito seria a geração de milhares de postos de trabalho.

O impacto da maior demanda por etanol foi calculado em estudo realizado pelos professores Cinthia Cabral da Costa, da Universidade Federal de São Carlos, e Joaquim José Maria Guilhoto, da Faculdade de Economia e Administração da USP. Eles trabalharam com três cenários: substituição da gasolina por etanol na proporção de 5%, 10% e 15%. Em todos os cenários, a substituição representa ganho em termos de criação de emprego, considerado o resultado líquido da substituição (ou seja, contando-se os poucos postos de trabalho fechados no setor petroquímico).

No cenário mais modesto, de 5%, haveria aumento de quase 40 mil empregos, gerando massa salarial de aproximadamente R\$ 80 milhões por ano. Com a substituição de 15%, cria-se no país um potencial de 117.701 novos empregos – número equivalente à soma de público do Maracanã e do Pacaembu em dia de clássico. Esses empregos agregariam massa salarial de R\$ 236 milhões por ano.

**Conheça os critérios dos cálculos**

Para melhor compreensão do resultado do estudo – pelo qual foi utilizado a metodologia Matriz-Insumo-Produto – deve-se ter em mente os dois critérios técnicos adotados nessa simulação. Em primeiro lugar, foi usado o coeficiente de 0,7 para estabelecer a comparação de rendimento (quilômetros rodados) entre o etanol hidratado e a gasolina. Ou seja, multiplicando-se o volume de etanol em cada estado por 0,7 obtém-se o volume de consumo de gasolina equivalente. Em segundo lugar, o impacto é analisado em termos de valor, e não em volume (na realidade, o volume calculado foi multiplicado pelo preço). Como se está utilizando como base para análise valores referente a 2004, quando os preços dos combustíveis estavam sujeitos a tributações diferenciadas nos estados, foram usados os preços para cada estado.



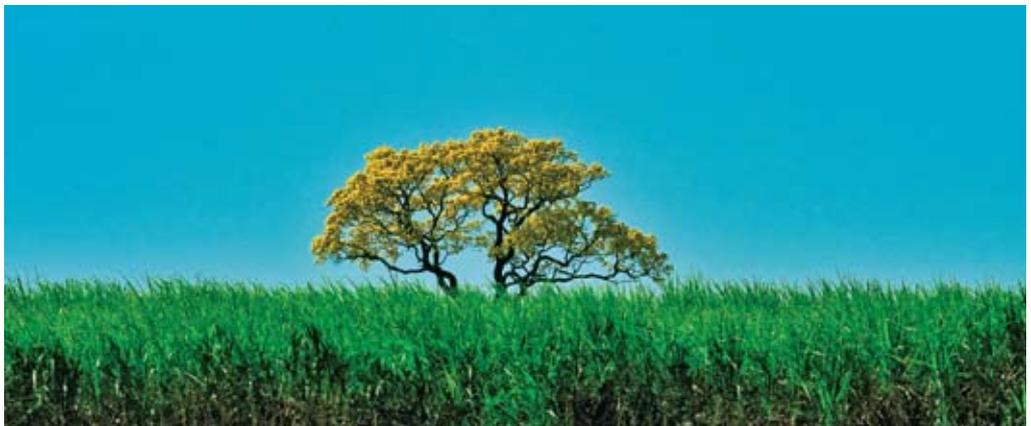
Fonte: Simulação da Professora Cinthia Cabral da Costa, da Universidade Federal de São Carlos, sobre dados de 2004.

**Autores do estudo**

- **Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes**, professora do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ, Universidade de São Paulo. Coordenadora do Grupo de Extensão em Mercado de Trabalho Agrícola (Gemt).
- **Cinthia Cabral da Costa**, professora do Departamento de Economia da Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba.
- **Joaquim José Maria Guilhoto**, professor e chefe do Departamento de Economia da FEA, Universidade de São Paulo.
- **Luiz Gustavo Antonio de Souza**, doutorando em Economia aplicada pela ESALQ/USP. Pesquisador do Gemt.
- **Fabíola Cristina Ribeiro de Oliveira**, mestre em Economia Aplicada pela ESALQ/USP. Pesquisadora do Gemt.

# Uso do etanol contribui para reduzir aquecimento global

Sem a utilização do etanol, emissões de gases de efeito estufa no Brasil (excluídas as provocadas pelo desmatamento) seriam 10% maiores



**A**ssunto prioritário da agenda das relações internacionais, a política para enfrentar o problema da mudança climática tem custo proporcional à dificuldade de se encontrar soluções. As análises têm sido concentradas nas possibilidades de mitigação do problema, ou seja, na redução das emissões dos gases de efeito estufa. O tema é abordado em estudo dos professores Luis Gylvan Meira Filho e Isaias Macedo.

Embora ainda haja muita incerteza, de acordo com as últimas estimativas oficiais, o custo da adaptação não sairá por menos do que US\$ 500 bilhões por ano, despesa que deve ser dividida pelas nações segundo critérios que envolvem o tamanho das economias e a responsabilidade pela emissão de gases de efeito estufa que tem provocado o aquecimento do planeta.

**Do início do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) da ONU, em julho de 2005, até julho de 2009, o etanol brasileiro evitou a emissão de gases de efeito estufa equivalente a 60% dos créditos de carbono gerados por esse mecanismo no mundo**

Por causa do desmatamento da Amazônia, o Brasil costuma aparecer como um vilão quando o assunto é o aquecimento global. Mas o país também tem o seu lado mocinho reconhecido pela comunidade internacional. Isso por ter uma matriz energética extremamente limpa, para a qual contribuem o etanol derivado da cana-de-açúcar e a bioeletricidade (16% da oferta interna de energia). Afinal, o uso de fontes de energia renovável e com baixo teor de carbono é uma das estratégias para reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

O impacto positivo do etanol no clima é substancial. O uso do álcool combustível permitiu ao Brasil, excluída a parcela devida ao desmatamento, reduzir as emissões dos gases de efeito estufa em 10% entre 1990 e 2006. Para 2020, estima-se um corte de 18% (sempre em relação aos níveis de 1990, a referência fixa adotada no Protocolo de Kyoto).

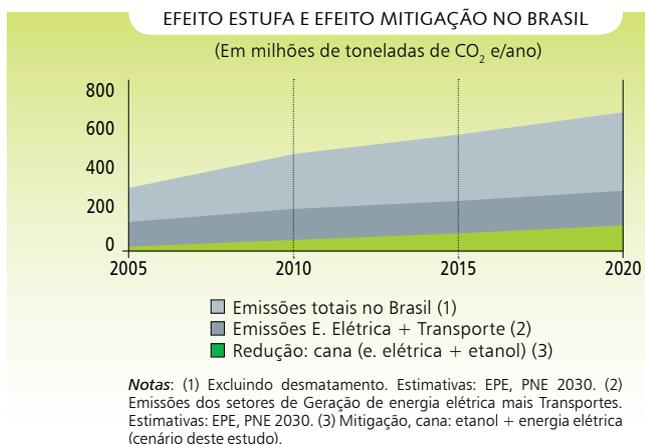
Quando se fecha o foco no setor de transporte e geração de energia elétrica, a contribuição do álcool é ainda mais expressiva. Em 2006, o uso do etanol como combustível proporcionou a redução de 22% das emissões finais dos dois setores e chegaria a 43 % em 2020.

Em termos globais, a produção e o uso de etanol no Brasil contribuíram para a redução de 0,1 % das emissões globais associadas à energia em 2006. Parece pouco, mas não é. Para se ter uma idéia, é possível estimar que, desde o início do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) da ONU, em julho de 2005, até julho de 2009, o etanol brasileiro evitou emissão equivalente a mais ou menos 60% de todos os créditos de carbono gerados por esse mecanismo no mundo.

Para melhor compreender o papel do etanol nas políticas sobre o clima será necessário recuar no tempo e lembrar como o aquecimento global tornou-se uma das principais preocupações.

O aquecimento decorre das atividades humanas que aumentam a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera: principalmente dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. O aumento da concentração promove o aquecimento gradual da superfície, o que mudará, se nada for feito, a dinâmica dos oceanos e da atmosfera. E mais grave: essa mudança ocorreria mais rapidamente do que a capacidade de adaptação da natureza ou da humanidade.

Para lidar com essa ameaça foi criado, em 1988, no âmbito das Nações Unidas, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, em inglês), cujo primeiro relatório, em 1990, registrou o aumento da concentração de dióxido de carbono na



#### **COMO REDUZIR A EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

*As duas melhores maneiras de limitar as emissões de gases de efeito estufa são as medidas tributárias e os mecanismos de mercado. Outra opção seriam as políticas regulatórias. Embora todas visem ao mesmo fim, o custo e a eficiência de cada uma delas são diferentes.*

**1) Medidas tributárias vão desde a cobrança de um imposto sobre a emissão de gases de efeito estufa até, no extremo oposto, renúncias fiscais. A disponibilização de crédito em condições favorecidas para empreendimentos que resultem em diminuição de emissões, embora não tenha caráter tributário, pode ser incluída nessa linha de ações por também privilegiar a indução de decisões de investimento.**

**2) Mecanismos de mercado possibilitam a comercialização de certificados de permissão de emissões de CO<sub>2</sub> em volume compatível com a limitação desejada. Esse sistema é adotado na União Européia. Em determinadas condições de controle de emissões de fontes estacionárias, com tecnologia disponível, o esquema pode resultar na minimização dos custos para a sociedade, já que o mercado se encarrega de garantir que as reduções ocorrerão onde o seu custo marginal for mais baixo.**

**Quanto às políticas regulatórias, podem levar à adoção obrigatória de certas práticas, como a observação de padrões de eficiência energética. Mas, em geral, medidas desse tipo tendem a ser as menos eficientes e apresentar custo mais elevado para a sociedade.**

O etanol tem um valor adicional, não refletido em seu preço, de US\$ 0,20 por litro, que é equivalente ao quanto se deixa de gastar em outras tecnologias para remover CO<sub>2</sub> de carbono da atmosfera

atmosfera e a previsão de que a temperatura média global aumentaria cerca de 3°C até 2100. O último relatório, de 2007, registrou que a mudança do clima produzida pelo homem já foi detectada de forma inequívoca.

A estabilização da temperatura exige a estabilização da concentração atmosférica dos gases de efeito estufa, o que por sua vez exige a estabilização das emissões líquidas produzidas pelo homem. Emissão líquida é a diferença entre as emissões geradas e removidas. O único gás de efeito estufa que se pode efetivamente retirar da atmosfera é o dióxido de carbono. A remoção pode ser feita, por exemplo, com o plantio de árvores que absorvem os gases.

Em paralelo à evolução do conhecimento sobre mudança do clima, tem aumentado a conscientização da sociedade no sentido de reagir à mudança. As reações possíveis são a mitigação e a adaptação. A mitigação compreende as ações de redução das emissões líquidas de gases de efeito estufa; a adaptação trata das medidas para diminuir os prejuízos resultantes da mudança do clima.

Adotado em 1997 e em vigor desde 2005, o Protocolo de Kyoto estabelece limites para as emissões nacionais agregadas para países industrializados; programas nacionais de mitigação de emissões para todos os países; e mecanismos de mercado de créditos de carbono (como o MDL) para minimizar o custo geral das reduções de emissões.

Esse mercado funciona com a compra e venda de unidades correspondentes à redução da emissão de gases que causam o efeito estufa. Os créditos de carbono são obtidos por países ou empresas que comprovadamente diminuem suas emissões e são vendidos aos países desenvolvidos para

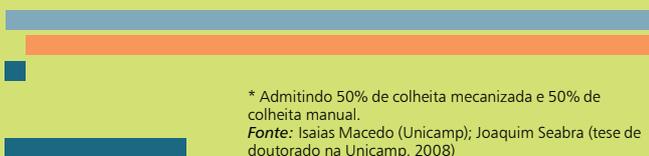
### O CÍRCULO VIRTUOSO DO ETANOL

As emissões dos automóveis são reabsorvidas pela cana  
(Emissão de CO<sub>2</sub>, em quilos por mil litros de etanol produzido e consumido)



<b>ETANOL</b>	
Emissões geradas (1+3+5+6).....	8.135
Emissões reabsorvidas + evitadas (2+4).....	7.875
Saldo gerado .....	260

<b>GASOLINA</b>	
Emissões com uso equivalente de gasolina	2.280



\* Admitindo 50% de colheita mecanizada e 50% de colheita manual.  
Fonte: Isaias Macedo (Unicamp); Joaquim Seabra (tese de doutorado na Unicamp, 2008)

que estes alcancem as metas do Protocolo de Kyoto. O primeiro período de verificação do cumprimento das metas de Kyoto é de 2008 a 2012. Hoje o debate está centrado nos limites para um segundo período. Esses limites são importantes porque terão impacto sobre o valor de mercado dos créditos de carbono.

Não se sabe ao certo quais serão esses limites. Mas há um consenso recente de que se deve limitar o aumento da temperatura em não mais do que 2°C até o final do século. Isso implicaria na necessidade de reduzir as emissões líquidas globais em 60% em relação aos níveis de 1990. Os países do G8 (incluindo os demais países da União Européia) já sinalizaram que fariam esforço para reduzir suas emissões em 80%, permitindo ação mais lenta por parte dos países emergentes.

Como em 1990 as emissões dos países industrializados eram iguais a três quartos das emissões mundiais, as propostas em consideração hoje levam à conclusão de que será necessário aos países emergentes limitar suas emissões ao nível daquele ano. Não há indicações sobre a repartição desse limite entre os países emergentes. Mas, supondo-se, para efeitos de ilustração, que cada um deles o faça individualmente, conclui-se que o Brasil deveria trabalhar para atingir essa meta. O planejamento energético, no entanto, não prevê ações nesse sentido.

Há no Brasil uma discrepância entre intenções de longo prazo e o cenário de curto prazo. É interessante notar que, em que pese o fato de o Plano Nacional de Mudança do Clima (PNMC) prever ações para a mitigação, e portanto para a limitação das emissões de gases de efeito estufa, o planejamento governamental detalhado, publicado no Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica, prevê a retomada de crescimento exponencial do consumo de gasolina a partir de 2020, mantendo uma proporção constante entre o consumo do etanol e da gasolina, sem um aumento da proporção do etanol que pareceria ser compatível com os objetivos do PNMC. É fundamental que haja sintonia entre as esferas do governo, de modo que a mitigação de gases de efeito estufa no país atenda às metas da política ambiental.

Qual seria o custo, para o mundo, para reduzir as emissões a um nível tolerável? Admita-se a meta de limitação de concentração de dióxido de carbono na atmosfera em 450 ppm (partes por milhão). Os dados mais recentes, considerando as tecnologias disponíveis e em desenvolvimento, indicam valores de até U\$ 180 por tonelada de dióxido de carbono evitado entre 2020 e 2030.

Levando-se em conta o uso de etanol em substituição à gasolina e seu excedente de energia elétrica – com mitigação média de aproximadamente duas toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por metro cúbico de etanol e um custo de referência para a mitigação no mundo de US\$ 100 por tonelada de dióxido de carbono – o valor adicional para o litro de etanol seria de US\$ 0,20. Esse valor adicional (isto é, em adição ao valor equivalente à gasolina substituída) é uma das chamadas externalidades positiva do uso do etanol, que, apesar de não remunerada, deve ser considerada na elaboração de políticas públicas adequadas de suporte à sua produção e uso. Dito de outra maneira: trata-se de uma vantagem do etanol que, embora não esteja refletida em seu preço, equivale ao quanto se deixa de gastar em outras tecnologias para remover dióxido de carbono da atmosfera.

As políticas públicas também devem proteger a competitividade da indústria brasileira, atentando para o fato de que as metas internacionais são adotadas de maneira uniforme, inclusive para países como China e Índia, que têm outra realidade ambiental. Nos debates internacionais, será preciso incorporar as vantagens do Brasil, quantificando-as para que possam ser traduzidas em termos de vantagens no comércio internacional de carbono.

**Há no Brasil uma discrepância entre o Plano Nacional de Mudança do Clima, que prevê a limitação das emissões de gases de efeito estufa, e o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica, que prevê a retomada de crescimento do consumo de gasolina a partir de 2020; para que a política ambiental seja efetiva, é fundamental a sintonia entre as esferas do governo**

### **Autores do estudo**

- **Luis Gylvan Meira Filho**, pesquisador do Instituto de Estudos Avançados, da USP.
- **Isaias C. Macedo**, pesquisador do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, da Unicamp.

# Troca de petróleo por etanol melhoraria saúde nas metrópoles

**Simulação da troca de combustíveis fósseis por etanol indica que milhares de internações hospitalares seriam evitadas, com centenas de vidas poupadas por ano só na região metropolitana de São Paulo**



**O** que aconteceria para a saúde pública caso, de um dia para o outro, na região metropolitana de São Paulo, carros e ônibus movidos a derivados de petróleo passassem a usar apenas etanol como combustível? A pergunta motivou uma equipe de especialistas, liderada pelo médico patologista Paulo Saldiva, do Laboratório de Poluição da Faculdade de Medicina da USP, a se debruçar em projeções.

O bom senso indica que a resposta seria necessariamente positiva, dado o fato de que o álcool é um combustível mais “limpo” do que a gasolina ou o diesel. A surpresa revelada pelo estudo, portanto, tem menos a ver com os prejuízos causados pelos derivados de petróleo – porque esses são notórios – do que com a ordem de grandeza do impacto da substituição. O resultado apontou a redução de milhares de internações hospitalares e de centenas de mortes, além de um corte do custo financeiro correspondente, de centenas de milhões de dólares.

No cenário extremo projetado, ou seja, substituição total da gasolina e do diesel na frota cativa de ônibus por etanol, mais de 12 mil internações e 875 mortes seriam evitadas em um ano. Uma tragédia, portanto, seria evitada, diante da qual seu custo financeiro, de quase US\$ 190 milhões, teria importância secundária – e isso não significa que a informação econômica devesse ser descartada, pois implicaria em alta pressão sobre orçamentos públicos e familiares.

É evidente que tal projeção é apenas um exercício acadêmico. Afinal, não está em debate a substituição imediata dos combustíveis de toda a frota de veículos. Mas

O trabalho apresenta números conservadores, pois só leva em conta dois poluentes, o material particulado fino e o ozônio, e não considera doenças menos graves

## IMPACTO DA SUBSTITUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS NA SAÚDE PÚBLICA (nas internações hospitalares e no número de mortes)

### SUBSTITUIÇÃO DE DIESEL POR ETANOL NA FROTA CATIVA DE ÔNIBUS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Cenários de substituição (em %)	Morbidade		Mortalidade		Total redução gastos (em US\$ milhões)
	(redução no número de internações)*	Redução do gasto (em US\$ milhões)	(redução)	(em US\$ milhões)	
5	224	0,63	37	6,63	7,26
10	450	1,26	75	13,45	14,71
15	675	1,89	112	20,08	21,97
50	2.270	6,38	373	66,89	73,27
100	4.588	12,86	745	133,60	146,46

\* Consideradas as internações pelo SUS e na rede privada.

### SUBSTITUIÇÃO DE GASOLINA POR ETANOL NA FROTA DE VEÍCULOS LEVES NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Cenários de substituição (em %)	Morbidade		Mortalidade		Total redução gastos (em US\$ milhões)
	(redução no número de internações)*	Redução do gasto (em US\$ milhões)	(redução)	(em US\$ milhões)	
5	398	0,98	6	1,07	2,05
10	795	1,96	13	2,33	4,29
15	1.193	2,95	19	3,40	6,35
100	8.002	19,79	130	23,31	43,10

\* Consideradas as internações pelo SUS e na rede privada.

### SUBSTITUIÇÃO DE ETANOL POR GASOLINA (REDUÇÃO DE ETANOL)

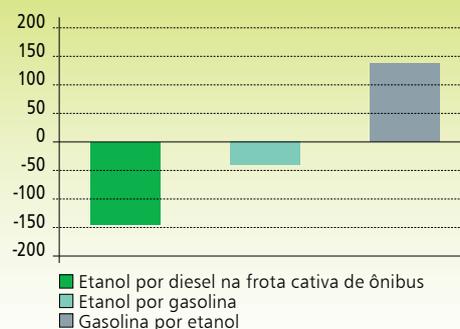
Cenários de substituição (em %)	Morbidade		Mortalidade		Total aumento gastos (em US\$ milhões)
	(aumento no número de internações)*	Aumento do gasto (em US\$ milhões)	(aumento)	(em US\$ milhões)	
Somente E-22** (sem carros flex)	16.850	41,68	273	48,95	90,63
Carros 100% a gasolina	25.680	63,53	416	74,60	138,13

\* Consideradas as internações pelo SUS e na rede privada. \*\* Gasolina aditivada com 22% de etanol, de acordo com a legislação vigente no país

Fonte: projeções dos professores Paulo Saldiva, Maria de Fatima Andrade, Simone Miragliaia e Paulo André.

### IMPACTO NOS GASTOS PARA A SAÚDE PÚBLICA

(Em milhões de dólares)



NOTA: Cenários de 100% de substituição de combustíveis na região metropolitana de São Paulo

trata-se de um exercício extremamente didático, que deveria levar à reflexão das autoridades e da própria sociedade, sobretudo se o seu resultado puder ser multiplicado, com a aplicação da mesma metodologia, para todo o território nacional.

O trabalho, porém, não está descolado de propostas exequíveis. Seria perfeitamente possível, e desejável, que pelo menos a frota cativa de ônibus passasse a ser movida a etanol. Nesse caso, quais as consequências para a saúde pública? Considerando-se sempre a região da Grande São Paulo, o número de internações hospitalares decorrentes de doenças provocadas pela poluição gerada pela queima do diesel seria reduzido em 4,5 mil em um ano, incluídas as realizadas através do SUS e na rede privada. Com isso, mais de US\$ 12 milhões seriam economizados anualmente. E também seriam evitados 745 óbitos no mesmo período, o equivalente a uma vez e meia o número de mortes por tuberculose na região em 2007.

**O dano da gasolina à saúde pública é gigantesco: se todos os carros da Grande São Paulo rodassem somente com esse combustível, sem etanol, haveria mais de 400 mortes por ano na região em decorrência da maior poluição**

#### CRITÉRIOS DA METODOLOGIA

***A valoração das mortes evitadas devido às reduções das concentrações de ozônio e material particulado fino foi obtida através dos valores médios de anos de vida perdidos devido a concentrações ambiente dos poluentes atmosféricos em São Paulo aplicados aos cenários de potencial de redução de mortalidade com as taxas atuais de expectativa de vida da população. Usou-se a base do IBGE, de 2008.***

***Quanto à estimativa de morbidade, ela considera apenas os custos associados às internações hospitalares para as doenças e faixas etárias da população mais consistentemente associadas à poluição atmosférica, quais sejam, as internações por doenças respiratórias para as faixas etárias de crianças até 4 anos de idade e adultos acima de 40 anos de idade, e por doenças cardiovasculares apenas para a faixa etária de adultos acima de 40 anos de idade. Assim, essa estimativa pode ser considerada conservadora ao não incluir outros desfechos menos frequentes e as demais faixas etárias.***

A morte de trabalhadores pode ser medida também pelo valor que deixam de produzir para si próprios e para suas famílias – no caso, o custo é estimado em mais de US\$ 130 milhões. Os gráficos publicados na página anterior mostram outros impactos, decorrentes de substituições de combustíveis em outras porcentagens.

Até aqui, a questão foi abordada pelo aspecto positivo, ou seja, calculou-se o impacto da substituição de derivados de petróleo pelo etanol. O caminho inverso, no entanto, é igualmente ilustrativo da gravidade do problema. Imagine-se a substituição total do etanol pela gasolina. Foi o que fizeram os especialistas em saúde pública. Se a gasolina desse cenário fosse a disponível hoje no Brasil, com mistura de 22% de álcool, o número de internações aumentaria em 16.850 casos, com 273 mortes. Se a gasolina fosse pura, sem mistura, o impacto seria ainda mais sinistro: mais de 25 mil internações e mais de 400 mortes. Embora a volta da gasolina pura não esteja em cogitação, os números servem de alerta para o mal provocado pelos derivados de petróleo.

Como se trata de um trabalho pioneiro, algumas considerações são importantes. Em primeiro lugar, é pertinente perguntar por que se decidiu escolher a região metropolitana de São Paulo, e não outras tantas espalhadas pelo país. Não foi uma decisão arbitrária. A Grande São Paulo foi pinçada como cenário devido à disponibilidade de dados de qualidade sobre o monitoramento ambiental e de saúde. De qualquer maneira, como é reconhecido o fato de que a poluição do ar é um problema que afeta as outras regiões densamente povoadas, as conclusões podem ser extrapoladas para outras áreas como as mesmas características.

Outro aspecto a ser sublinhado é que os resultados estão subestimados. Isso porque os efeitos sobre a saúde são medidos apenas em termos de admissões hospitalares e mortalidade, escolha que se deve à disponibilidade de informações nas bases de dados oficiais. Sabe-se, no entanto, que esses casos representam apenas parte dos eventos adversos à saúde. Outras doenças, que não demandam atendimento hospitalar, não foram contabilizadas. Ou seja, o impacto é ainda mais grave do que mostram os números da simulação.

Quanto ao etanol, é preciso que se diga, também não é imune a críticas. O principal aspecto negativo de combustível é a queima da palha da cana durante o período de colheita. Felizmente, esse é um problema para o qual a solução está encaminhada. Em 2007, a UNICA assinou um protocolo com a Secretaria do Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo que prescreve a redução progressiva da área de queima dos canaviais, com aumento correspondente da área mecanizada. Segundo dados da SMA, na safra 2008/09, 49,1% da safra no Estado já havia sido colhida sem o uso do fogo e, até 2014, espera-se que praticamente todas as áreas com declividade inferior a 12%, que representam a maioria das áreas cultivadas, abandonem a prática da queima.

**Os benefícios do etanol também são subestimados no estudo porque outros agentes tóxicos, como enxofre, metais pesados e CO<sub>2</sub> não foram considerados**

## OS POLUENTES

Os poluentes considerados na análise foram o material particulado fino e o ozônio. A escolha desses poluentes foi motivada pelo fato de que excedem os limites preconizados pela Organização Mundial da Saúde e são considerados os principais desafios da poluição atmosférica no Brasil. Mais ainda, tanto para as partículas finas como para o ozônio, já existem estudos bem estabelecidos relacionados concentrações ambientais com danos à saúde.

belecionados relacionado concentrações ambientais com danos à saúde.

As partículas finas têm sido consistentemente relacionadas com agravos à saúde humana. Enquanto os veículos a diesel são a maior fonte automotiva de partículas finas na região metropolitana de São Paulo, a queima do etanol praticamente não emite material particulado. Assim a utilização de etanol como substituto do óleo diesel na frota cativa de São Paulo promoveria sensível diminuição dos efeitos na saúde da população.

Quanto ao ozônio, é um poluente formado pela ação da radiação ultravioleta sobre compostos disponíveis na atmosfera, muitos dos quais emitidos pelos veículos automotores. Tanto o etanol como a gasolina emitem compostos precursores de ozônio. No entanto, o potencial de geração de ozônio pelos precursores emitidos pelo etanol é bastante menor que aqueles emitidos pela gasolina.

É também importante ressaltar que os resultados do estudo também são subestimados devido a outros dois fatores. Em primeiro lugar, foram considerados apenas esses dois poluentes, partículas finas e ozônio. Outros agentes tóxicos presentes em menor quantidade nas emissões do etanol, tais como enxofre, metais pesados e alguns hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, não foram incluídos na análise, e sua consideração poderia acrescentar benefícios adicionais ao etanol. Em segundo lugar, os aspectos relativos ao balanço de CO<sub>2</sub>, também favoráveis ao etanol, não foram contabilizados quando do perfil comparativo entre etanol e combustíveis fósseis. O fato de os benefícios à saúde terem sido avaliados em bases conservadoras aumenta ainda mais a importância do debate público com vistas a promover tal substituição de combustíveis.

## Autores do estudo

- **Paulo Hilário Nascimento Saldiva**, médico patologista, membro do comitê de saúde ambiental da OMS e chefe do Laboratório de Poluição da Faculdade de Medicina da USP.
- **Maria de Fátima Andrade**, física especializada em aerossóis atmosféricos e modelos fotoquímicos e de qualidade do ar, livre-docente do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP.
- **Simone Georges El Kouri Miraglia**, engenheira civil com doutorado e pós-doutorado em valoração ambiental e em saúde, pesquisadora do Laboratório de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina da USP.
- **Paulo Afonso de André**, engenheiro mecânico com doutorado em poluição atmosférica, pesquisador do Laboratório de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina da USP.

# Bioeletricidade, sintonia fina com a agenda mundial

Regras e metodologia  
deficientes dos  
leilões de energia  
tiram competitividade  
da biomassa como  
complemento da  
geração hídrica



**A** energia da biomassa da cana-de-açúcar tem todos os requisitos para complementar a hidroeletricidade. Mas, sendo o Brasil um país abastecido sobretudo pela energia gerada pelas águas, e com tantos rios ainda não aproveitados como fonte energética, é de se perguntar por que defender a opção por uma fonte complementar. Afinal, as enormes bacias hídricas brasileiras não seriam suficientes? Um estudo coordenado por Nivalde José de Castro, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro e coordenador do Gesel (Grupo de Estudos do Setor Elétrico), demonstra por que a resposta é negativa, e por que a biomassa da cana seria complemento fundamental à geração de energia hídrica.

O setor elétrico brasileiro, como se sabe, é abastecido preponderantemente pela geração hídrica. A energia que vem dos rios tem sido responsável por cerca de 90% da carga elétrica no país. É uma participação notável, sobretudo quando se leva em conta a irregularidade das chuvas, concentradas no verão e início de outono, entre dezembro e abril.

Não se trata de sazonalidade pouco relevante: entre o pico das chuvas, em fevereiro, e o piso, em agosto e setembro, há uma redução de dois terços da Energia Natural Afluente, que os especialistas chamam de ENA e que significa o potencial energético dos rios.

Se dependesse apenas da natureza, teríamos energia elétrica sobrando na estação úmida e apagões durante a seca. É por isso que grandes reservatórios foram construídos. Eles têm o objetivo de, ao armazenar a água excedente durante as chuvas, garantir o atendimento da demanda de energia na seca, reduzindo o impacto da sazonalidade. Essa energia potencial da água dos reservatórios é chamada de Energia Armazenada (EAR).

É esse, em suma, o atual desenho do sistema elétrico brasileiro. Se ele pudesse ser desenvolvido indefinidamente, o debate sobre a matriz energética não teria muita urgência. Mas o fato é que esse desenho tem restrições de ordem geográfica. Não que o Brasil não tenha potencial hídrico

a explorar. Mas a verdade, da qual nem todos se dão conta, é que o perfil do sistema hídrico está em transição. A perspectiva é de que a quantidade de energia gerada pelos rios cresça sem novos reservatórios de grande porte, o que reduzirá a capacidade de armazenar água e regularizar a geração hídrica.

Se o modelo tem dado certo, por que não manter a diretriz de construção de reservatórios? Por dois motivos. Primeiro, porque a construção de barragens com grandes reservatórios passou a sofrer restrições impostas pela legislação ambiental. Segundo, porque o potencial hídrico remanescente se concentra na região Norte, onde predominam rios que cortam planícies, cuja topografia suave é inadequada para a construção de reservatórios. O que se prevê para os próximos anos é a construção das chamadas usinas a fio d'água, que não têm reservatórios significativos.

Não se trata de um problema a ser enfrentado num futuro remoto. A questão já está colocada: a evolução da geração de energia não tem sido acompanhada pelo aumento correspondente na capacidade de armazenamento. Em 2000, os reservatórios eram capazes de armazenar mais de seis vezes a energia equivalente a mais de seis meses de consumo. Em 2012, estima-se que consigam armazenar apenas quatro vezes e meia. E nos anos seguintes, sem novos reservatórios de porte, a capacidade de regularizar a geração de energia diminuirá ainda mais.

**Em 2000, os reservatórios armazenavam mais de 6 vezes a energia equivalente a mais de seis meses de consumo; em 2012, estima-se que consigam armazenar 4,5 vezes e nos anos seguintes, sem novos reservatórios de porte, a capacidade de regularizar a geração de energia diminuirá ainda mais**

É por isso que serão cada vez mais necessários recursos alternativos de geração de energia no período seco. Essa nova característica do Sistema Elétrico Brasileiro indica a rápida transição para um sistema hidrotérmico.

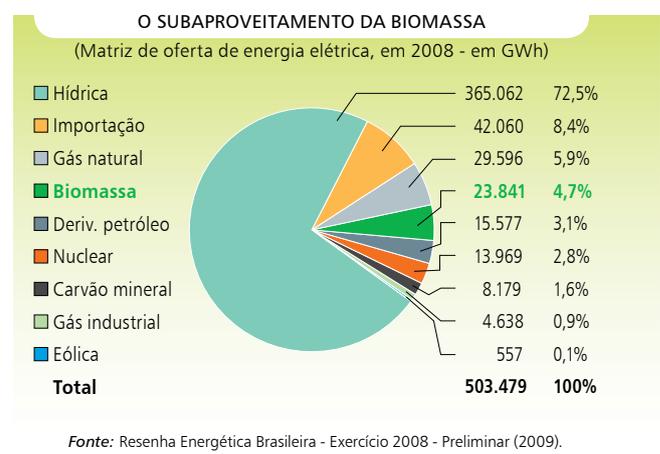
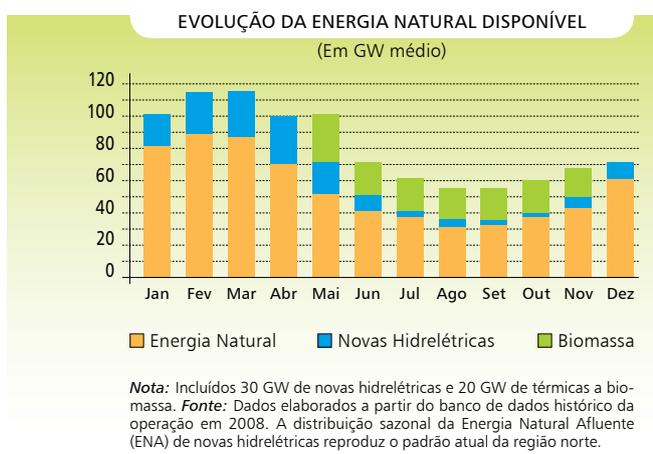
A forma mais simples de efetivar essa transição seria acionar as geradoras termoelétricas nos meses secos. O problema é o custo elevado. A maior parte dessas termoelétricas gera uma energia cara e, muitas vezes, a partir de combustíveis fósseis e poluentes. Mais de dois terços delas têm um Custo Variável Unitário (CVU) superior a R\$ 200/MWh.

A realidade é que essas termoelétricas foram contratadas com expectativa de baixa frequência de uso. O custo reconhecidamente elevado é compensado pela baixa utilização, apenas para compensar a afluência desfavorável dos rios em anos de seca mais intensa. Mas, se forem acionadas com mais regularidade, para suprir uma deficiência estrutural, acabarão impondo custos elevados à sociedade.

**O VALOR DO BAGAÇO**

É aí que, como complemento à energia de origem hídrica, entra a alternativa da biomassa da cana-de-açúcar, que é nada mais do que o velho conhecido bagaço, além da palha. Essa bioeletricidade tem diversas vantagens, além de ser sabidamente limpa e renovável. Para começar, é em grande parte gerada perto os maiores centros de demanda por energia elétrica. Mas, igualmente importante, e até estratégico, é o fato de ser complementar à hidrologia em termos sazonais: nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, o potencial de eletricidade da biomassa da cana-de-açúcar é concentrado entre os meses de abril a novembro, exatamente no período mais seco do ano.

Para se ter uma ideia da relevância potencial da bioeletricidade, projeções do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), órgão responsável pela coordenação e controle de operação da geração



e transmissão de energia elétrica, indicam que cada 1.000 megawatts médios (MWmed) de bioeletricidade inseridos na matriz elétrica entre maio e novembro representam economia de quase 4% da capacidade dos reservatórios das regiões Sudeste e Centro-Oeste.

O bagaço passou a ser aproveitado na produção de energia em um processo conhecido como co-geração. Trata-se da geração simultânea de energia mecânica e térmica, a partir de um mesmo combustível. A energia mecânica pode ser transformada em eletricidade por meio de geradores. A energia térmica pode ser utilizada como fonte de calor em um processo industrial.

Desde a década de 80 os sistemas de cogeração têm sido utilizados no setor sucroenergético, embora no início o objetivo fosse apenas gerar energia para as próprias unidades de produção de etanol e açúcar. Recentemente, com a adoção de tecnologias mais eficientes, foi possível produzir eletricidade para venda.

### OS BENEFÍCIOS DA BIOELETRICIDADE

- **Tempo de construção reduzido**
  - Implantação em 24-30 meses
- **Renovável e limpa**
  - Reduzido impacto ambiental
  - Proporciona créditos de carbono, contribuindo na redução de gases de efeito estufa
- **Período de safra complementar à geração das hidroelétricas**
  - Bioeletricidade é produzida em período seco (hidrologia)
- **Projetos de menor porte e espectro mais amplo de investidores**
  - Elimina riscos de atrasos e problemas na construção
- **Fortalece a indústria nacional de equipamentos e a geração de emprego e renda**
- **Disponível no "coração" do sistema elétrico interligado**

Esse excedente comercializável vem ao encontro de um dos pontos mais altos da agenda econômico-energético-ambiental do mundo. Praticamente todos os países enfrentam o desafio de expandir a oferta de energia elétrica e, ao mesmo tempo, minimizar os impactos ambientais. Nessa equação, levam grande vantagem as fontes renováveis.

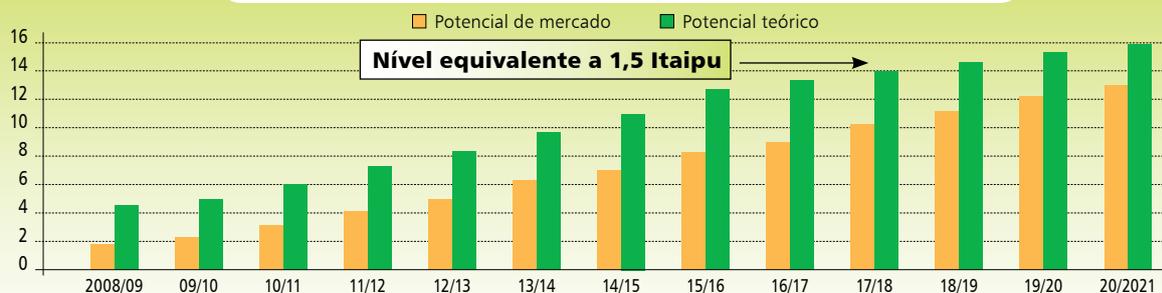
O Brasil já tem uma folgada vantagem comparativa. Na matriz de energia brasileira, a participação de fontes renováveis (45,8%) é mais de três vezes superior à média mundial (12,9%). O que é necessário agora é manter e aprofundar essa vantagem.

A bioeletricidade sucroenergética é fundamental para atingir esse propósito, como demonstra com eloquência o perfil da matriz energética brasileira. Em 2008, a biomassa como um todo, incorporando bagaço de cana e palha, representava menos de 5% da matriz, enquanto o mercado teria condições de absorver o equivalente a 12% da matriz em 2020, considerando-se apenas o potencial do setor sucroenergético.

### LEILÕES PROBLEMÁTICOS

Se há oferta potencial e demanda, se a energia está sintonizada com as preocupações mundiais, se ela cai como uma luva como complemento da energia hídrica, então a pergunta que se impõe é: por que falta competitividade à bioeletricidade nos leilões de energia?

BIOELETRICIDADE: POTENCIAL NO BRASIL (em 1.000 MW médios)



**Notas:** 1 t de cana produz 250 kg de bagaço e 204 de palha e pontas, 1 t de cana (bagaço + palha) gera 199,9 KWh para exportação, Poder Calorífico Inferior (PCI) da palha = 1,7 PCI do bagaço, Fator de capacidade = 0,5 (Koblitz), utilizando caldeira de 65 bar. Considera-se, em 2008/09, a utilização de 75% do bagaço disponível e 5% da palha disponível e, a partir de 2015/16, a utilização de 75% do bagaço disponível e 70% da palha disponível. Até 2010 foi considerada a energia comercializada nos Leilões de Energia no Ambiente de Contratação Regulado, em 2011 foi considerado um incremento de 1600 MW, e a partir de 2012 incremento de 2000 MW por ano. Fonte: UNICA, Cogen, Koblitz (2009).

**Cada 1.000 megawatts médios de bioeletricidade inseridos na matriz elétrica entre maio e novembro representam economia de quase 4% da capacidade dos reservatórios das regiões Sudeste e Centro-Oeste**

Leilões de energia, como é sabido, são realizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) com o objetivo de expandir a oferta. Participam vendedores de energia (empresas geradoras) e compradores (distribuidoras). Há dois tipos de leilões: os de energia existente e os de energia nova, para projetos que devem ocorrer cinco e três anos antes do efetivo fornecimento de energia elétrica, sendo, por isso, chamados de A-5 e A-3.

O trabalho por Nivalde José de Castro mostra que é apenas aparente a falta de competitividade da bioeletricidade nos leilões de energia genéricos, ou seja, aqueles abertos a projetos de diversas fontes. O estudo atribui os resultados desfavoráveis a deficiências na metodologia e nas regras de seleção dos projetos. O valor da sazonalidade complementar da bioeletricidade sucroenergética não tem sido adequadamente reconhecido e premiado nos **leilões**. Por outro lado, tem havido nos

leilões favorecimento indevido aos projetos termoelétricos que agregam relativamente pouco ao sistema elétrico, fruto de uma regra de seleção de projetos imperfeita.

Os projetos de bioeletricidade têm sido prejudicados nos leilões devido aos critérios utilizados. Em primeiro lugar, a avaliação dos custos é feita com base em preços de energia que não têm um sinal econômico sazonal correto. O fato é que o valor da energia, nos meses secos, que é maior do que a média anual, não se traduz perfeitamente em preços maiores.

Em segundo lugar, ao aferir o benefício da bioeletricidade, não se leva em conta o fato de essa alternativa ser complementar ao parque gerador hídrico.

E, finalmente, a metodologia utilizada para medir as garantias físicas dos novos empreendimentos subestima os benefícios da bioeletricidade e apresenta forte viés a favor de geradoras térmicas.

As distorções de avaliação apontam para a necessidade de uma revisão da metodologia de seleção de projetos utilizada nos Leilões de Energia Nova. Possivelmente o ponto mais importante seja abandonar, pelo menos no curto prazo, o conceito de leilões abertos a projetos de qualquer fonte. Isso porque mesmo corrigindo pontualmente os problemas, ainda será preciso tratar de outra questão igualmente importante: a tendência de transformação do parque hídrico brasileiro e seu impacto sobre os novos projetos de geração.

## DISPERSÃO GEOGRÁFICA

Outro ponto que merece ser contemplado por uma política pública é a criação de condições para que as usinas existentes possam se conectar à rede e comercializar energia. As usinas de açúcar e etanol estão dispersas geograficamente. Muitas delas estão distantes de subestações capazes de escoar a energia produzida. Com isso, o acesso à rede acaba constituindo-se em uma barreira para a incorporação de novos empreendimentos de geração movidos a bioeletricidade.

Em 2008, o desenho de uma rede coletora para servir a diversos empreendimentos em uma mesma região foi um passo na direção certa. Mas, como o compromisso financeiro com a rede coletora tinha que ser decidido antes do leilão, não se trata de alternativa ideal. Dada a competitividade da bioeletricidade, recomenda-se a realização de estudos para reforço da rede básica em regiões com alto potencial produtor, antes mesmo de confirmada a vitória em leilão das usinas da região.

## Projetos termoelétricos caros dominam leilões

**A baixa participação da biomassa na matriz de energia elétrica pode ser parcialmente explicada pelo desempenho discreto dos projetos de cogeração a partir da cana-de-açúcar nos leilões de energia nova já realizados.**

**A maior parte dos contratos foi obtida pelas usinas em programas de incentivo a fontes alternativas de energia: o Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes de Alternativa de Energia), o Leilão de Fontes Alternativas (2007) e o Leilão de Energia de Reserva (2008), este último exclusivo para empreendimentos de bioeletricidade. Já nos leilões regulares, onde projetos de diversas fontes disputam o direito de firmar contratos de longo prazo com as distribuidoras de energia elétrica, a bioeletricidade tem sido preterida.**

**Os leilões de energia nova têm sido dominados por termoelétricas, sobretudo as de custo de geração elevado, movidas a óleo combustível e, em menor escala, a gás natural liquefeito. Dos 4.141 MW de capacidade instalada, mais de 87% conseguiram a contratação em leilões direcionados a fontes alternativas ou através do Proinfa.**

## Autores do estudo

- **Nivalde José de Castro**, professor da UFRJ e coordenador do Gesel (Grupo de Estudos do Setor Elétrico) do Instituto de Economia da UFRJ.
- **Roberto Brandão**, pesquisador-sênior do Gesel/IE/UFRJ.
- **Guilherme de A. Dantas**, doutorando do Programa de Planejamento Energético da Coppe/UFRJ e Pesquisador do Gesel/IE/UFRJ.

# O carro flex é um sucesso, mas a eficiência do motor pode melhorar

Próximos passos dependem de iniciativas privadas e de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento de novas tecnologias



O veículo flex, hoje com participação nas vendas em torno de 90% e mais de 8 milhões de carros vendidos desde 2003, é o ápice de uma história de sucesso que tem no etanol brasileiro um de seus protagonistas. Trata-se, no entanto, de uma história que ainda não acabou: ela pode ser melhorada, com ganhos de eficiência energética e desempenho ambiental, desde que sejam adotadas as políticas públicas necessárias. Esse é o foco do estudo coordenado por Francisco Nigro, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, e por Alfred Szwarc, especialista em mobilidade sustentável.

Para se compreender o que ainda precisa ser feito, porém, será preciso antes saber o que já se fez em relação ao etanol combustível. Não foi curta nem pouco acidentada a estrada em que hoje passeiam os veículos flex. É um trajeto de mais de 30 anos com desvios de natureza comercial e tecnológica.

Tudo começou em 1975 com o estabelecimento do Proálcool (Programa Nacional do Álcool), na esteira da primeira crise do petróleo, dois anos antes. No início, incentivou-se a produção de etanol anidro para ser misturado à gasolina até um teor de 20%, e que hoje já alcança o limite de 25%. A partir de 1979, promoveu-se também o uso de etanol hidratado puro com o lançamento do primeiro carro a álcool produzido em escala comercial.

Na época, o que mais interessava era o desenvolvimento de uma tecnologia do motor a álcool que aumentasse a eficiência energética, que chegou a ser 16% superior à dos veículos a gasolina. Considerações ambientais não eram prioritárias, embora a qualidade “verde” do etanol, como combustível renovável, já fosse reconhecida. Foi só nos anos 80, quando os veículos a álcool atingiram 90% das vendas, que passaram a ser valorizadas as características ambientais e sociais do etanol, não raramente relegando a segundo plano a eficiência energética no aproveitamento do combustível.

A partir da década de 90, com a queda dos preços do petróleo, a indústria automobilística voltou a investir mais na atualização tecnológica do veículo a gasolina, o que reduziu para cerca de 4% a vantagem energética dos veículos a etanol.

O etanol é um capítulo recente na história dos motores de combustão interna. Nos últimos cem anos, eles foram desenvolvidos para uso de gasolina e diesel. Hoje, a interface tecnológica motor-combustível revela interesse pelos biocombustíveis, em particular pelo etanol. É preciso levar em conta que, no mundo, os derivados de petróleo ainda representam 97% dos combustíveis consumidos. Isso é relevante porque torna a viabilização comercial de qualquer combustível alternativo dependente do aproveitamento da infraestrutura para transporte, estocagem e distribuição de gasolina e diesel. Nesse sentido, a compatibilidade do etanol, misturado à gasolina ou puro, é uma grande vantagem frente a outras alternativas energéticas.

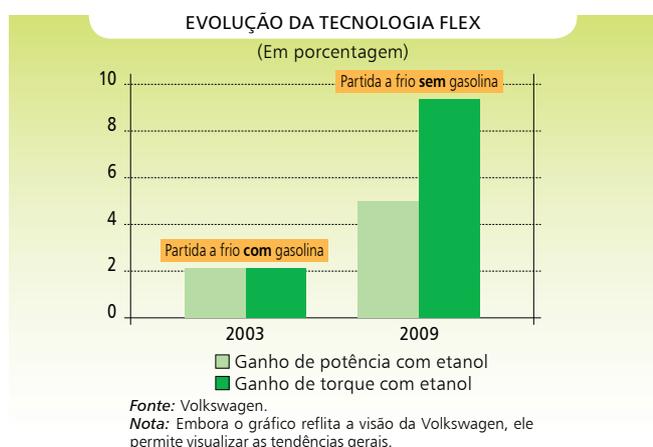
Os derivados de petróleo representam 97% dos combustíveis consumidos no mundo, o que torna a viabilização comercial de qualquer combustível alternativo dependente do aproveitamento dessa infraestrutura; esse é o caso do etanol, que por isso tem grande vantagem frente a outras opções energéticas

#### A PRIMEIRA MOTO FLEX DO MUNDO

*Em março de 2009 foi lançada no Brasil a primeira moto flex do mundo produzida em escala comercial. A moto flex responde às demandas do mercado e apresenta resultados satisfatórios no seu uso, evitando a necessidade de conversão caseira para etanol, prática que se popularizou nos últimos anos.*

*Com avanços tecnológicos, a moto flex reedita algumas das soluções desenvolvidas na década de 80 para motos a álcool então produzidas. Diferentemente de sua antecessora a álcool, a versão flex não possui sistema autônomo de partida a frio, o que requer que, em situações de temperatura ambiente abaixo dos 15 °C, o tanque da motocicleta contenha cerca de 20% de gasolina.*

*Equipada com injeção eletrônica e conversor catalítico, a versão flex atende plenamente aos limites de emissão vigentes no país e no exterior.*



## A EVOLUÇÃO DO FLEX

Os primeiros estudos sobre os veículos flex no Brasil começaram a ser feitos em 1990. Os carros foram lançados no mercado em 2003, depois de incorporarem importantes avanços, especialmente na eletrônica embarcada que viabiliza um controle preciso das principais funções do motor para cada um dos combustíveis utilizados – etanol ou gasolina – e suas misturas.

A introdução dessa tecnologia no país foi baseada no conceito da não modificação do motor a gasolina, de modo que, na primeira geração, a atenção foi quase que exclusivamente dedicada à funcionalidade do sistema e atendimento aos requisitos de emissões, com pouca preocupação com o consumo do etanol. Essa tecnologia foi sendo aprimorada, mas de modo desigual pelas diversas montadoras que operam no mercado nacional. Enquanto que algumas montadoras, reconhecendo a preferência do consumidor pelo etanol, vêm incorporando inovações que levam a um uso mais otimizado do combustível renovável, outras ainda estão na primeira geração de motores flex. Portanto, pode-se afirmar que, de um modo geral, esses veículos ainda não estão suficientemente desenvolvidos para maximizar os benefícios do etanol, como o maior calor latente de vaporização e a maior octanagem, que dão vantagem energética sobre a gasolina.

A mais recente novidade tecnológica dos veículos flex, incorporada em 2009 por enquanto a um único modelo, foi o sistema de partida a frio com pré-aquecimento do etanol, o que dispensa a necessidade do tanque auxiliar de gasolina e apresenta redução adicional na emissão de poluentes com etanol.

**Incentivos ao fabricante e ao usuário final do veículo flex valorizariam a eficiência energética e sustentabilidade ambiental; uma possível medida a ser adotada, e que tem se mostrado eficaz em outros países, é a desoneração fiscal seletiva em função do grau de economia de combustível e da redução nas emissões de gases de efeito estufa**

A evolução da tecnologia flex é determinada por aspectos técnico-econômicos que dependem de quanto os consumidores estão dispostos a pagar para ter os benefícios da redução das despesas com combustível, da diferença em desempenho ou da emissão dos poluentes. No Brasil, os modelos populares, que apresentam volume de produção capaz de suportar desenvolvimentos intensivos em engenharia, são justamente os que apresentam restrições para qualquer acréscimo de preço decorrente de partes ou componentes que necessitem ser incorporados. Trata-se, evidentemente, de um caso em que políticas públicas, adequadamente estruturadas e direcionadas, podem contribuir para o desenvolvimento tecnológico no país e beneficiar os consumidores. É, também, uma forma de evitar o que ocorreu com os veículos de passageiros movidos a etanol na década de 90, quando perderam vantagens significativas em comparação aos veículos movidos a gasolina, no que diz respeito à eficiência energética e à emissão de poluentes.

Não é difícil entender o que houve. Basta lembrar que o setor automobilístico é formado predominantemente por empresas multinacionais, e que os combustíveis renováveis representam fração mínima dos combustíveis consumidos globalmente. Nada mais natural, portanto, que os desenvolvimentos tecnológicos dos últimos trinta anos, objetivando reduções de consumo de combustível e de emissões de poluentes, tenham visado os derivados de petróleo.

Até pouco tempo atrás, a importância relativa do Brasil no mercado automotivo mundial era pequena e o uso do etanol era visto como solução local. Agora, com o amplo programa de produção e utilização de etanol



como complemento da gasolina adotado pelos Estados Unidos – e também por outros países, ainda que em menor escala – a engenharia de aplicação do etanol ganha um novo impulso.

Os combustíveis renováveis representam 19% da energia dos combustíveis utilizados no setor de transportes no Brasil. Considerando que o país responde por 4% dos veículos vendidos no planeta, e que a engenharia automotiva brasileira representa fração ainda menor da engenharia automotiva mundial, o desafio é enorme e necessitará do apoio de políticas públicas para ser vencido.

## POLÍTICAS PÚBLICAS

Foi grande a evolução da eficiência energética e ambiental da utilização do etanol como combustível automotivo nos últimos 30 anos. Mas é preciso reconhecer que os resultados poderiam ser melhores. Os próximos passos dependem da adoção de políticas que reforcem o estabelecimento de competência tecnológica nacional voltada para a utilização eficiente e sustentável do etanol como combustível veicular.

Essa necessidade está estruturada em três níveis:

- a) formação de recursos humanos para pesquisa e desenvolvimento;
  - b) estímulo e fortalecimento da engenharia automotiva nacional;
  - c) incentivos junto ao fabricante do veículo e ao usuário final, de modo a valorizar a eficiência energética e sustentabilidade ambiental que se pretende atingir.
- Um dos possíveis incentivos a serem adotados, e que tem se mostrado eficaz em outros países, é a desoneração fiscal seletiva em função do grau de economia de combustível e da redução nas emissões.

Além disso, uma política voltada para a renovação da frota em circulação pode trazer inúmeras vantagens na redução de consumo de combustível e de poluentes, bem como melhoria nas condições de segurança veicular.



### **ETANOL EM MOTOR DIESEL AJUDARIA A LIMPAR O AR**

*Apesar de o etanol ser mais apropriado para uso em motores Otto (ignição por centelha), ele também pode ser usado em motores Diesel (ignição por compressão), com potencial econômico atraente no transporte urbano de passageiros e cargas. Isso é importante, pois, sobretudo nas cidades, é desejável a utilização de combustíveis limpos e renováveis, que reduzem a emissão de poluentes e gases de efeito estufa. Há também potencial de uso em caminhões, colheitadeiras e tratores para uso no próprio setor sucroenergético.*

*Devido o caráter social do transporte urbano de passageiros, há potencial para incentivos fiscais ou requisitos legais que facilitem sua viabilização nesse segmento.*

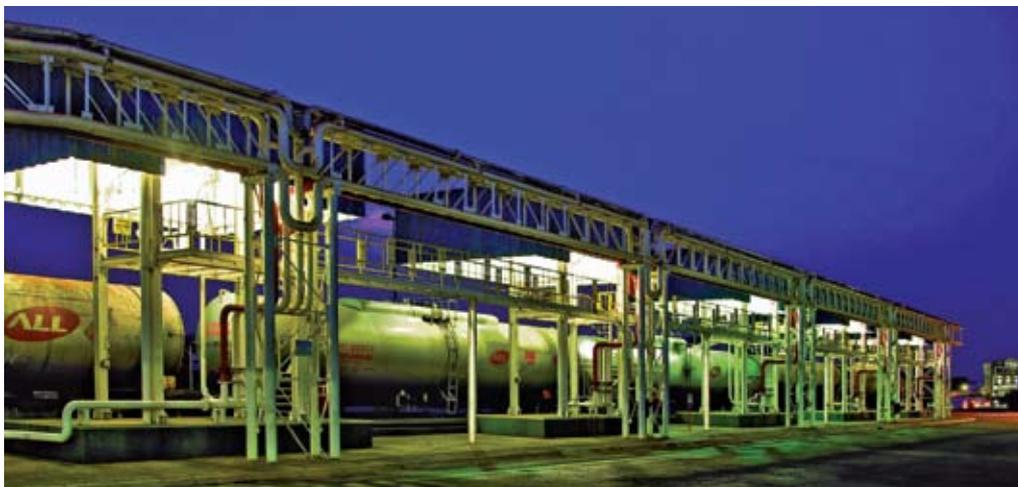
*As alternativas tecnológicas em desenvolvimento convergem basicamente para três opções: a) transformação de motores Diesel em motores Otto; b) uso de etanol aditivado; e c) uso de etanol nebulizado em motores Diesel. Espera-se que produtos comerciais com alguma dessas soluções cheguem ao mercado nos próximos dois anos.*

## **Autores do estudo**

- **Francisco Nigro**, doutor em engenharia mecânica, professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e ex-pesquisador do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).
- **Alfred Szwarc**, mestre em engenharia ambiental e consultor nas áreas de emissões, combustíveis e tecnologia.

# No mundo, incentivos fiscais e cota na matriz estimulam uso de biocombustíveis

Restrições comerciais na forma de tarifas aduaneiras impostas às importações de biocombustíveis também estão entre os instrumentos mais utilizados para proteger a produção doméstica



**A** produção e uso mundial de biocombustíveis vêm crescendo rapidamente nos últimos anos devido à preocupação com as mudanças climáticas e com a segurança energética. Assim, vários países, tanto desenvolvidos como em desenvolvimento, passaram a adotar políticas de promoção a produção e uso dos biocombustíveis, como mostra o estudo realizado por Adriano Pires e Rafael Schechtman, diretores do Centro Brasileiro de Infraestrutura.

Entre 2000 e 2008, a produção de etanol aumentou 18,6% por ano, em média, e a de biodiesel, 37,3%. Em termos absolutos, a produção em 2008 alcançou 67 bilhões de litros de etanol e 12

bilhões de litros de biodiesel. Somados, eles são equivalentes a 920 mil barris por dia de petróleo, ou 1,1% da produção do combustível fóssil.

É um mercado com presença dominante de dois países. Os Estados Unidos, com 34 bilhões de litros produzidos em 2008, e o Brasil, com 27 bilhões de litros, são os maiores produtores mundiais de etanol, respondendo por 90% da oferta. Em relação ao biodiesel, a produção é mais pulverizada, estando fortemente presente na União Européia, sobretudo na Alemanha, por ter uma frota principalmente movida a diesel.

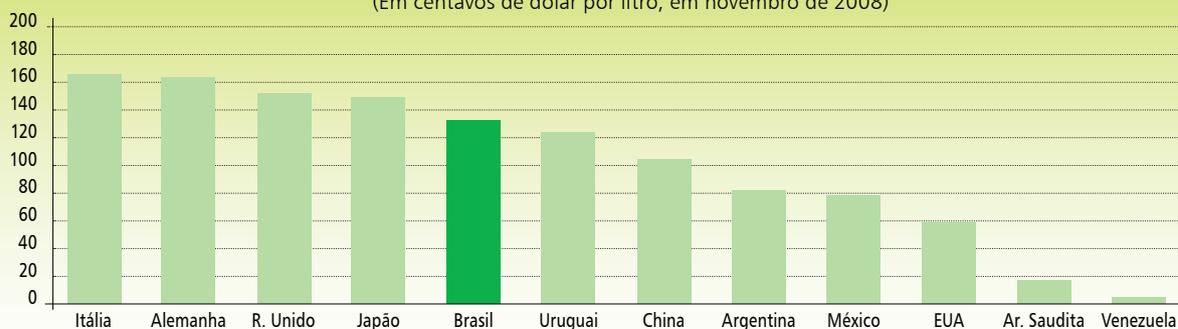
No topo da lista das motivações dos países para fomentar o uso de biocombustíveis está a questão ambiental. Um objetivo comum a todos os governos é a redução de emissão dos gases de efeito estufa. Mas há outros fins igualmente relevantes, como a segurança energética derivada da diversificação de fontes, a redução das importações de combustíveis fósseis, a promoção das externalidades ambientais locais positivas, o desenvolvimento rural e a ampliação da pauta de exportações. Essas são as principais razões para a promoção da produção e do uso de biocombustíveis.

A questão é que, em muitos países, os biocombustíveis, como a maioria das novas fontes de energia alternativas, têm custo significativamente maior do que o dos derivados de petróleo a serem substituídos. Para se ter uma ideia da disparidade de valores, nem mesmo os aumentos do petróleo e de seus derivados ocorridos no passado recente tornaram os biocombustíveis competitivos, uma vez que os preços das commodities agrícolas e dos insumos empregados na produção de biocombustíveis também disparam. Por esse motivo, exceto em alguns poucos países, a produção e uso de biocombustíveis dependem de incentivos fiscais que recompensam as externalidades positivas dos biocombustíveis.

**Os biocombustíveis, como a grande maioria das novas fontes de energia alternativa, dependem da implantação de políticas públicas para ganhar espaço na matriz energética; iniciativas nesse sentido são motivadas pelos benefícios ambientais e sociais dos biocombustíveis**

#### COMPARE OS PREÇOS DE GASOLINA NA BOMBA

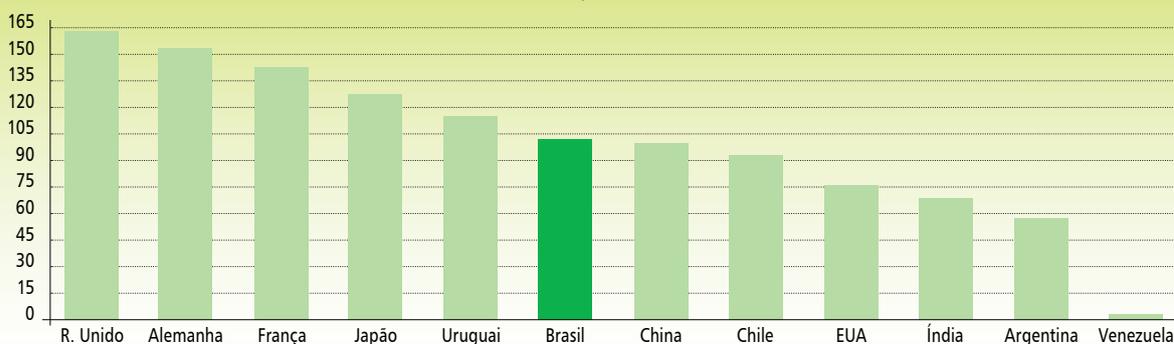
(Em centavos de dólar por litro, em novembro de 2008)



Fonte: Adiano Pires e Rafael Schechtman a partir de GTZ (2009).

#### PREÇO DO DIESEL AO CONSUMIDOR

(Em centavos de dólar por litro, em novembro de 2008)



Fonte: Adiano Pires e Rafael Schechtman a partir de GTZ (2009).

O sucesso dessas políticas está diretamente relacionado à estrutura dos preços existente nos países. Dificilmente terão êxito políticas promovidas por países onde os preços dos derivados são subsidiados ou possuem carga tributária que não incorpora os custos das externalidades negativas da produção e do uso dos combustíveis fósseis. Gráficos nesta página mostram que, devido a altos subsídios, a gasolina e o diesel são extremamente baratos em países produtores de petróleo, como a Arábia Saudita e a Venezuela. Esses produtos também são mais caros em países com taxaço muito alta, como Finlândia, Alemanha e Reino Unido. O Brasil, com taxaço considerada alta, fica no bloco intermediário.

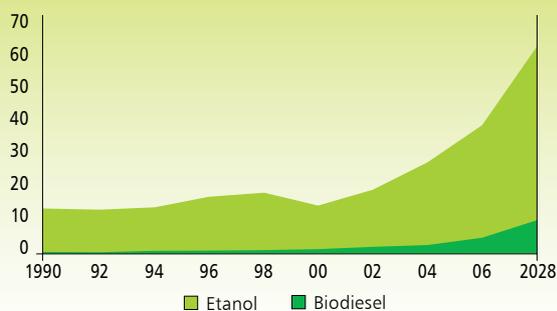
Também dificilmente terão sucesso políticas públicas em países em que os preços dos combustíveis são determinados em função de outras circunstâncias econômicas. A questão é que a falta de previsibilidade dos preços inviabiliza os investimentos necessários à produção agrícola e à instalação de infraestrutura de distribuição, revenda e uso de biocombustíveis. Nesses casos, isso só seria viabilizado com pesados subsídios ou medidas mandatórias, o que seria indesejável para o bom funcionamento dos mecanismos de mercado.

Apesar de as políticas públicas voltadas à promoção dos biocombustíveis terem diversos formatos, muitas se valem de três instrumentos. São eles:

- 1) apoio financeiro na forma de isenção ou redução de tributos ou de concessão de subsídios diretos para os agentes da cadeia produtiva ou para os consumidores de biocombustíveis;
- 2) cotas mandatórias que requerem participação mínima dos biocombustíveis na matriz de combustíveis automotivos; e
- 3) restrições comerciais na forma de tarifas aduaneiras impostas às importações de biocombustíveis.

### PRODUÇÃO MUNDIAL DE ETANOL E BIODIESEL

(Em bilhões de litros ao ano)



Fonte: Adriano Pires e Rafael Schechtman a partir de Fulton, L. et al. (2004) para dados de 1990 a 2000, EIA (2009a) para 2001 a 2007 e REN21 (2009) para 2008.

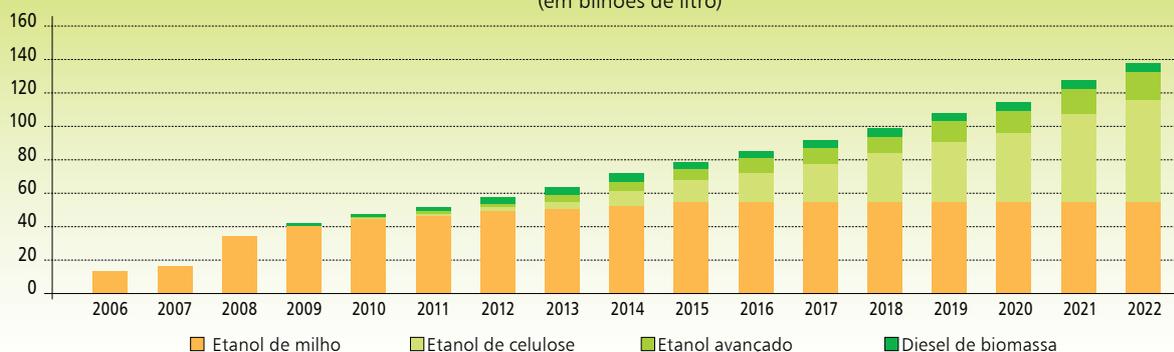
(Em bilhões de litros, 2008)

País	Etanol	Biodiesel	Total
Estados Unidos	34,0	2,0	36,0
<b>Brasil</b>	<b>27,0</b>	<b>1,2</b>	<b>28,2</b>
França	1,2	1,6	2,8
Alemanha	0,5	2,2	2,7
China	1,9	0,1	2,0
Argentina	0,0	1,2	1,2
Canadá	0,9	0,1	1,0
Espanha	0,4	0,3	0,7
Tailândia	0,3	0,4	0,7
Outros	0,5	2,7	3,2
<b>Total Mundial</b>	<b>67,0</b>	<b>12,0</b>	<b>79,0</b>

Fonte: Adriano Pires e Rafael Schechtman a partir de REN21 (2009).

### METAS DE CONSUMO DE ETANOL NOS EUA

(em bilhões de litro)



Notas: Legislação do padrão dos biocombustíveis renováveis (RFS, em inglês) nos EUA. Elaboração: UNICA

As medidas de apoio financeiro têm efeito sobre o orçamento público, seja pela perda de receita decorrente da renúncia fiscal ou pelas despesas com subsídios, e, portanto, representam uma transferência do contribuinte para os produtores ou usuários de biocombustíveis e encontram a sua justificativa nos benefícios ambientais e sociais do produto. Os Estados Unidos são um exemplo de país que subsidia os produtores e formuladores de misturas, ao passo que a Suécia concede isenções tributárias aos biocombustíveis. O Reino Unido, que já fez uso da renúncia fiscal, abandonou a prática, e a Alemanha vem reduzindo-a progressivamente.

**Estados Unidos e Brasil dominam o mercado de etanol, respondendo por 90% da produção mundial; a produção de biocombustíveis, porém, é equivalente a apenas 1,1% da produção mundial de combustíveis fósseis**

Quanto às cotas mandatórias, podem ser acompanhadas de multas aos fornecedores de combustíveis que descumprirem a obrigação ou de certificados de misturas que podem ser transacionados entre fornecedores que excedam as cotas e os que não consigam atendê-las. Essas medidas não causam impactos ao orçamento público, mas implicam maiores custos para os usuários (caso o preço dos biocombustíveis seja mais elevado que o combustível fóssil) que transferem renda para os agentes da cadeia de produção dos biocombustíveis. Tanto os Estados Unidos como o Reino Unido e a Alemanha aplicam cotas mandatórias em suas políticas de promoção dos biocombustíveis (veja gráfico na página 38 com as metas de consumo nos EUA). No Reino Unido, a adoção de cotas é acompanhada da emissão de certificados, enquanto na Alemanha a obrigação pode ser transferida para outros fornecedores.

As restrições impostas às importações de biocombustíveis, como acontece com políticas de caráter protecionista, protege a produção doméstica contra produtores estrangeiros mais eficientes. Essas medidas limitam as perspectivas de desenvolvimento de fornecedores mais competitivos de outros países e causam transferência dos usuários para os produtores domésticos. É o que acontece em países como os Estados Unidos e a União Européia que impõem tarifas alfandegárias à importação de biocombustíveis.

As análises realizadas pelos diretores do Centro Brasileiro de Infraestrutura, no entanto, mostram que a demanda futura por etanol desses países dificilmente será atendida sem a importação do produto, ainda mais quando se leva em conta que os critérios de sustentabilidade estabelecidos nas políticas energéticas de substituição dos combustíveis fósseis, tanto dos Estados Unidos como da União Européia, restringem a utilização de tecnologias de produção existentes nesses países, como aquelas que geram limitadas reduções nas emissões de gás efeito estufa.

A perspectiva da internacionalização do uso do combustível abre oportunidades não só para a exportação de matéria-prima, mas também de tecnologia. Para o Brasil manter a liderança no mercado de etanol, é fundamental tanto uma estratégia de abertura de mercados importadores como de incentivos a investimentos em pesquisa e desenvolvimento, buscando inovação tecnológica que garanta a competitividade na produção, crie novas aplicações para o produto e promova a comercialização de subprodutos.

### **Autores do estudo**

- **Adriano Pires**, diretor do Centro Brasileiro de Infraestrutura.
- **Rafael Schechtman**, diretor do Centro Brasileiro de Infraestrutura.

# O momento de aperfeiçoar o marco regulatório para os biocombustíveis

A realidade hoje é completamente diferente da dos anos 70, quando o mercado de etanol foi estruturado no país, e exige um novo conjunto de leis para garantir a participação crescente de fontes renováveis na matriz energética



**O** Brasil avançou no planejamento de sua matriz energética nos últimos anos. Isso ficou claro com a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que prepara os planos decenais e de longo prazo para o Ministério de Minas e Energia. Avanços adicionais, no entanto, encontram hoje uma formidável barreira, como constata o estudo realizado pelos professores Sérgio Bajay, da Universidade de Campinas, Luiz Augusto Horta Nogueira e Francisco de Sousa.

O problema é que não basta o planejamento. Faltam políticas energéticas de longo prazo, que ainda precisam ser definidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), presidido pelo Ministério de Minas e Energia e do qual participam os principais ministros afetos à área energética. Somente com essa definição e com adequada sintonia entre esses diversos órgãos, pode-se assegurar uma matriz consistente com aquele planejamento.

O Brasil se depara atualmente com duas grandes opções em relação ao futuro de sua matriz energética. Se apenas forem mantidas as atuais políticas energéticas (a maioria com perspectiva de curto ou médio prazo) e as regras de funcionamento dos mercados de combustíveis e de energia elétrica, a tendência é que a participação das fontes renováveis na oferta interna de energia diminua até 2030. Isso porque, descontadas as hipóteses muito otimistas em relação ao crescimento de algumas fontes renováveis, como a geração de eletricidade em grandes hidrelétricas, esse plano não considerou o impacto das novas reservas de petróleo e gás natural do pré-sal.

Se, por outro lado, o governo brasileiro quiser reverter esse quadro, passando a fomentar de forma consistente e contínua as fontes renováveis de energia, sobretudo as mais competitivas como o etanol, terá que estabelecer políticas e metas de longo prazo para balizar os novos exercícios de planejamento. Essas metas deveriam ser estabelecidas de forma a refletir os benefícios ambientais (mitigação dos gases de efeito estufa), sociais (geração de empregos), de desenvolvimento tecnológico (como o etanol de segunda geração) e de redução dos custos de suprimento energético que podem ser propiciados por essas fontes.

Antes de abordar o marco regulatório do setor, no entanto, será útil recordar como o Brasil chegou à situação atual.

## HISTÓRICO

Até a década de 60, planejava-se, no Brasil e no mundo, apenas a oferta de energia. O desafio das projeções da demanda era simplesmente tentar capturar as principais tendências do mercado. Os choques dos preços do petróleo, em 1973 e 1979, mostraram a necessidade de se planejar também a demanda, por exemplo, com programas de conservação de energia.

Abordagens multissetoriais envolvendo ações do lado da oferta e da demanda foram, em sua grande maioria, desenvolvidos na segunda metade da década de 70 e na primeira metade da década de 80. A principal motivação resumia-se à busca de alternativas para diminuir a dependência de derivados de petróleo e aumentar a segurança do suprimento energético, de preferência com fontes domésticas.

A queda e a posterior estabilização nos preços do petróleo, a partir de meados da década de 1980, frearam parcialmente esse processo. Por outro lado, as crescentes preocupações sobre os impactos ambientais da indústria de energia nos âmbitos regional e global – chuvas ácidas, buraco na camada de ozônio e efeito estufa – reacenderam o interesse pelas fontes alternativas de energia.

**O país avançou no planejamento da matriz energética, com a criação da Empresa de Pesquisa Energética, mas ainda faltam políticas de longo prazo que permitam balizar decisões de investimento**

No final desta década, a nova Constituição inaugurava também um novo sistema jurídico que privilegiava a livre iniciativa e, nesse ambiente, inicia-se ao longo da década de 90, um forte processo de desregulamentação da atividade sucroalcooleira que culmina com a liberação total da produção e preços do setor. As indústrias que passam pela crise de superabastecimento no final dessa década aprendem rapidamente com a competição e verificam um grande salto de eficiência e redução nos custos de produção.

A década de 90 mostrou também que é possível haver competição em alguns mercados antes considerados monopólios naturais. A partir dessa década também se iniciou um processo de globalização da atuação de importantes *players* da indústria da energia, não só em termos geográficos, como também de mercados setoriais. Biocombustíveis passam a fazer parte das agendas globais e novas tecnologias desafiam os paradigmas de geração e distribuição energética. As rígidas fronteiras entre as indústrias de energia elétrica, de petróleo e de gás natural começavam a desmoronar.

## PLANEJAR A MATRIZ

O planejamento da evolução da matriz energética envolve múltiplos objetivos, entre os quais se destacam: 1) suprimento da demanda energética a custos baixos; 2) diversificação das fontes de energia e dos suprimentos, de forma a diminuir riscos de desabastecimento e minimizar o poder de mercado de alguns grandes fornecedores; e 3) minimização de impactos ambientais e sociais negativos e potencialização dos efeitos positivos.

Como ocorre com todo planejamento envolvendo objetivos conflitantes, deve-se buscar soluções de compromisso. As fontes renováveis de energia desempenham papel fundamental na busca dessas soluções.

**Um marco regulatório para o etanol deveria, entre outros objetivos, consolidar a legislação existente, definir a cadeia decisória, as condições de regulação, os instrumentos de acompanhamento do mercado e políticas fiscais e tributárias**

O Brasil dispõe de muitas alternativas para aumentar seu suprimento energético a partir de fontes próprias. Poucos países no mundo têm tal diversidade e disponibilidade de recursos naturais que podem ser utilizados como combustíveis ou para gerar energia elétrica. De fato, a análise da série histórica do Balanço Energético Nacional mostra que a diversificação das fontes entre 1970 e 2007. Segundo as projeções do Plano Nacional de Energia (PNE 2030), essa diversificação deve continuar aumentando até 2030.

A participação de fontes renováveis na oferta interna de energia, no entanto, diminuiu de 57,7% em 1970 para 45,9% em 2007 e, segundo as projeções do PNE 2030, deve diminuir mais ainda, para 44,7%, em 2030. Embora o país detenha participação de fontes renováveis em sua matriz bem superior à média mundial (12,9% em 2007), o fato é que se está caminhando na contramão da maioria dos países, que estão adotando uma série de políticas de fomento para incrementar a participação das fontes renováveis em suas matrizes energéticas.

Um dos principais objetivos das recentes políticas de fomento a fontes renováveis de energia no mundo tem sido a busca de reduções nos impactos ambientais negativos decorrentes da produção e do consumo de energia, sobretudo de diminuições nas emissões de gases que causam o efeito estufa. No Brasil, o inverso tem acontecido nos últimos anos, particularmente após os resultados dos últimos leilões de energia nova, em que capacidades substanciais de geração termoeletrica a óleo combustível e a carvão mineral, de elevado potencial poluidor, foram contratadas.

Os custos marginais de suprimento dos principais combustíveis e da energia elétrica têm, no geral, se mostrado crescentes nos últimos anos no Brasil. Além disso, há muitas incertezas hoje em dia sobre os custos unitários de produção de várias fontes e/ou tecnologias, como é o caso do petróleo e do gás natural oriundos das camadas de pré-sal recém-descobertas, do biodiesel, das usinas nucleares e das usinas termelétricas a carvão nacional. A leitura dos Planos Decenais de Energia (o 2008-2017 e o 2030) permite detectar facilmente essas incertezas. Logo, para minimizar o custo do suprimento energético no país, o governo brasileiro deve fomentar a expansão de fontes energéticas de baixo custo unitário de produção, como as usinas hidrelétricas – pequenas e grandes – e o etanol, fontes que propiciam ao Brasil grandes vantagens competitivas.

### MARCO REGULATÓRIO

Depois de décadas de desenvolvimento pioneiro de um mercado energético renovável – os dos biocombustíveis etanol e biodiesel – é importante avaliar as novas perspectivas do expressivo crescimento das reservas provadas e da produção de petróleo no Brasil até 2020.

Há intenção de ampliar a capacidade de refino em cerca de 1,36 milhão de barris por dia até 2014, elevando em 67% a capacidade de refino nacional existente em 2008, para minimizar a exportação de petróleo bruto e agregar valor ao petróleo nacional. Dessa forma, segundo os planos governamentais, haveria geração de grandes excedentes exportáveis de gasolina e de óleo diesel a partir de 2017. A questão é que essa exportação prevista depende do mercado externo, e, caso as condições externas não sejam favoráveis, não se deve descartar a hipótese de a produção nacional de combustível fóssil ser direcionada ao mercado interno. O risco não pode ser subestimado: com a maior oferta de petróleo poderia haver deslocamento da demanda por etanol.



É por isso que é importante o Brasil ter um marco regulatório específico para ordenar o seu mercado. Além de atender a objetivos mais gerais, como estimular os investimentos produtivos, promover a competição equilibrada e a defesa do abuso econômico e assegurar o fluxo de informações, esse marco deveria:

- a) Consolidar e aperfeiçoar a legislação existente, particularmente quanto à definição da cadeia decisória e às condições de regulação e instrumentos de acompanhamento do mercado, observadas as diretrizes constitucionais e legais para a livre iniciativa e concorrência;
- b) Definir de forma clara o marco tributário para os combustíveis, especialmente contemplando as suas externalidade positivas (geração de empregos, renda e divisas, ganhos ambientais na redução de CO<sub>2</sub>, na saúde pública etc) e as diferenças estruturais entre o mercado de combustíveis fósseis e o de renováveis. Nesse sentido, os reajustes e a aplicação da Cide (Contribuição de Intervenção do Domínio Econômico) devem ser redefinidos, dando-lhe um caráter ambiental, social e de saúde pública, associado ao regulatório;
- c) Criar condições para uma reestruturação do processo de comercialização do etanol no mercado doméstico (desenvolvimento do mercado futuro e contratos de longo prazo), incluindo a criação de mecanismos para favorecer o estoque privado e o maior comprometimento dos demais agentes da cadeia em relação ao abastecimento no mercado doméstico;
- d) Estabelecer mecanismos de apoio às atividades de pesquisa e desenvolvimento no âmbito da agroindústria energética e automobilística;
- e) Estimular os investimentos em infraestrutura para o transporte e estocagem de etanol, de forma a aumentar a competitividade do setor nos mercados doméstico e internacional;
- f) Incentivar a consolidação da bioeletricidade, a energia elétrica produzida a partir da biomassa da cana-de-açúcar, por meio de mecanismos de precificação adequados e de apoio à conexão e comercialização desse produto;
- g) Definir marcos regulatórios claros sobre dutovias destinadas a etanol e outros combustíveis.

As condições atuais do mercado de combustível no Brasil são completamente diferentes das dos anos 70, quando se estruturou e regulamentou a introdução do etanol hidratado no país. Hoje, há diversificação de produtos, com importantes volumes de biocombustíveis produzidos em centenas de unidades distribuídas pelo território nacional. Além disso, o setor emprega centenas de milhares de pessoas e gera benefícios sociais e ambientais relevantes. Portanto, frente a essa nova realidade, e atendendo ao interesse da sociedade, é preciso assegurar as perspectivas de sustentabilidade dos biocombustíveis no Brasil, cuja matriz energética deve manter-se baseada em recursos renováveis.

### Autores do estudo

- **Sérgio Valdir Bajay**, doutor em engenharia mecânica e professor da Universidade Estadual de Campinas.
- **Luiz Augusto Horta Nogueira**, mestre em engenharia de energia e consultor da ONU para temas energéticos.
- **Francisco José Rocha de Sousa**, mestre em química biológica.



# GLOSSÁRIO

**BIOCOMBUSTÍVEIS:** São combustíveis produzidos de fontes de energia renovável, derivadas de produtos agrícolas como cana-de-açúcar, plantas oleaginosas (soja, mamona, canola etc), biomassa florestal e outras matérias orgânicas (lixo orgânico, sebo animal etc).

**BIOELETRICIDADE:** Produção de energia elétrica a partir da biomassa. No Brasil, existe grande potencial para geração de bioeletricidade a partir de resíduos agrícolas, sobretudo a partir do bagaço da cana-de-açúcar.

**BIOBUTANOL:** É um biocombustível obtido a partir da fermentação de matérias-primas como a cana-de-açúcar, beterraba, trigo, milho ou mandioca, se diferenciando do etanol pela sua molécula que possui dois carbonos a mais, gerando um potencial de energia cerca de 20% maior.

**BIOMASSA:** Do ponto de vista de geração de energia, é qualquer matéria de origem orgânica (vegetal, animal, microrganismos) utilizada como combustível ou para sua produção, excluindo os combustíveis fósseis que levaram milhões de anos para se depositarem. Exemplos de biomassa usada para produzir energia incluem resíduos de madeira, palha, bagaço de cana, capins e outras.

**BIOLÁSTICO:** Compostos derivados de fontes renováveis (como os produzidos a partir de cana-de-açúcar ou milho) ou que sejam biodegradáveis (nesse caso, precisam atender a padrões rígidos relacionados com a capacidade de biodegradação e de compostagem) e que pretendem substituir as resinas plásticas produzidas a partir do petróleo.

**CAPACIDADE INSTALADA:** Capacidade máxima de geração de energia elétrica de uma usina, também conhecida como Potência Instalada, expressa em quilowatts (kW).

**COGERAÇÃO:** Processo de produção combinada de calor útil e energia mecânica, geralmente convertida total ou parcialmente em energia elétrica, a partir da energia química disponibilizada por um ou mais combustíveis. No setor sucroenergético, o principal combustível para o processo de cogeração é o bagaço da cana-de-açúcar.

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA:** É a atividade de aperfeiçoar o uso das fontes de energia, ou seja, consiste em usar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético.

**ENERGIA RENOVÁVEL:** É aquela originária de fontes naturais que possuem a capacidade de regeneração (renovação), ou seja, não se esgotam. Exemplos de energia renovável: energia solar, energia eólica (dos ventos), energia hidráulica (dos rios), biomassa (matéria vegetal), geotérmica (calor proveniente da Terra) e energia dos mares (das ondas de mares e oceanos).

**ENERGIA FÓSSIL:** É aquela que uma vez esgotada não pode ser repostada em pouco tempo. Consideram-se fontes de energia não-renovável os combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural e óleos obtidos de xisto e de fontes similares) e o urânio, que é a matéria-prima necessária para obter energia resultante dos processos de fissão ou fusão nuclear.

**ETANOL:** Etanol ou álcool etílico é o mais comum dos alcoóis e caracteriza-se por ser uma substância orgânica obtida por meio de fermentação de açúcares, como a sacarose existente na cana-de-açúcar. No Brasil, é produzido quase que exclusivamente pela fermentação e destilação do caldo de cana e do melaço, resíduo da produção de açúcar. Seu consumo volumétrico, como combustível utilizado no transporte, já supera o da gasolina. Os EUA produzem etanol basicamente a partir do milho, enquanto a União Européia produz principalmente a partir do trigo e da beterraba.

**ETANOL HIDRATADO e ETANOL ANIDRO:** Mistura hidroalcoólica, cujo principal componente é o etanol etílico ou etanol, com teor alcoólico mínimo de 99,3º INPM (anidro) ou 92,6º INPM (hidratado). O etanol anidro é acrescentado à gasolina na proporção de até 25%, enquanto que o etanol hidratado é vendido puro para os veículos movidos a etanol e veículos flex.

**GASES DE EFEITO ESTUFA:** São os gases responsáveis pela intensificação do efeito estufa: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFC) e perfluorcarbonos (PFC). Eles absorvem radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e radiam por sua vez parte da energia absorvida de volta para a superfície. O excesso de gases de efeito estufa desencadeia um fenômeno conhecido como aquecimento global, responsável pelo aumento da temperatura média dos oceanos e do ar perto da superfície da Terra.

**GNV (GÁS NATURAL VEICULAR):** É um combustível disponibilizado na forma gasosa, utilizado em automóveis como alternativa à gasolina e ao álcool. O GNV diferencia-se do gás liquefeito de petróleo (GLP) por ser constituído por hidrocarbonetos na faixa do metano e do etano, enquanto o GLP possui em sua formação hidrocarbonetos na faixa do propano e do butano.

**LEILÃO DE COMPRA DE ENERGIA ELÉTRICA:** Processo licitatório para compra de energia elétrica, regido pelo edital e seus documentos correlatos, para atendimento ao mercado de energia e potência dos agentes de distribuição do Sistema Interligado Nacional. A licitação é promovida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), direta ou indiretamente, observando as diretrizes fixadas pelo Ministério de Minas e Energia.

**MATRIZ ENERGÉTICA:** É a combinação de fontes de energia que um país utiliza (biomassa, hidráulica, petróleo, nuclear, eólica etc).

**MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL):** Mecanismo criado pelo Protocolo de Kyoto para auxiliar o processo de redução de emissões de gases do efeito estufa (GEE) ou de captura de carbono (ou sequestro de carbono) de maneira mais eficiente no âmbito global, na medida em que possibilita a participação de países em desenvolvimento.

**MOTOR CICLO-OTTO:** Motor a quatro tempos de combustão interna de ignição por centelha, caracterizado pela alta eficiência e baixa emissão de poluentes quando comparado a outros motores de mesma potência. Motores do Ciclo-Otto não incluem veículos movidos a diesel.

**MOTOR DIESEL:** Motor de combustão interna com ignição por compressão, cuja queima do combustível se faz pelo aumento da temperatura provocado pela compressão de mistura inflamável.

**PROTOCOLO DE KYOTO:** Constitui-se no protocolo de um tratado internacional assinado nessa cidade do Japão em 1997, com compromissos para a redução da emissão dos gases que intensificam o efeito estufa, considerados como causa antropogênicas do aquecimento global.

**SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN):** Sistema composto pela Rede Básica e demais instalações de transmissão que interliga as unidades de geração e distribuição nos sistemas Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do setor elétrico brasileiro.

**USINA TERMELÉTRICA (UTE):** Unidade de geração que transforma energia potencial em energia elétrica a partir da queima de um determinado combustível, que pode ser carvão, óleo diesel, gás, biomassa ou outros.

**VEÍCULO FLEX:** Veículo equipado com um motor de combustão interna do Ciclo Otto (ignição por centelha) que tem a capacidade de operar com gasolina, etanol ou qualquer mistura desses combustíveis. No Brasil, a produção de veículos flex iniciou-se em maio de 2003, e suas vendas já representam mais de 90% do total de veículos do ciclo-otto licenciados no país.



## UNICA

### União da Indústria de Cana-de-açúcar

*Presidente: Marcos Sawaya Jank*

*Diretor-Executivo: Eduardo Leão de Sousa*

*Diretor de Comunicação: Adhemar Altieri*

*Diretor Técnico: Antônio de Padua Rodrigues*

Sede: Av. Brigadeiro Faria Lima, 2179 – 9º andar

CEP: 01452-000 Jardim Paulistano

São Paulo, SP – Brasil

Tel: +55(11) 3093-4949

Fax: +55(11)3812-1416

[www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)

[unica@unica.com.br](mailto:unica@unica.com.br)

Escritórios Regionais:

Ribeirão Preto, Washington e Bruxelas

## ETANOL E BIOELETRICIDADE:

### A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética

#### Coordenadores

Eduardo Leão de Sousa – *Diretor-executivo da UNICA*

Isaias de Carvalho Macedo – *Pesquisador da UNICAMP*

#### Autores dos estudos citados nesta publicação

##### Mapeamento da Cadeia Sucroenergética

Marcos Fava Neves (FEARP/USP)

Vinicius Gustavo Trombin (FEARP/USP)

Matheus Consoli (Markestrat)

##### Área Social

Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes (ESALQ/USP)

Cinthia Cabral da Costa (UFSCAR)

Joaquim José Maria Guilhoto (FEA/USP)

Luiz Gustavo Antonio de Souza (ESALQ/USP)

Fabíola Cristina Ribeiro de Oliveira (ESALQ/USP)

##### Clima

Luis Gylvan Meira Filho (IEA/USP)

Isaias de Carvalho Macedo (UNICAMP)

##### Saúde Pública

Paulo Hilário Nascimento Saldiva (MEDICINA/USP)

Maria de Fátima Andrade (USP)

Simone Georges El Kouri Miraglia (POLI/USP)

Paulo Afonso de André (USP)

##### Bioeletricidade

Nivalde José de Castro (GESEL/UFRJ)

Roberto Brandão (GESEL/UFRJ)

Guilherme de A. Dantas (GESEL/UFRJ)

##### Veículos Flex

Francisco Nigro (POLI/USP)

Alfred Szwarc (Consultor)

##### Programas Internacionais

Adriano Pires (Centro Brasileiro de Infraestrutura/CBIE)

Rafael Schechtman (Centro Brasileiro de Infraestrutura/CBIE)

##### Matriz Energética

Sérgio Valdir Bajay (UNICAMP)

Luiz Augusto Horta Nogueira (CEPAL/ONU)

Francisco José Rocha de Sousa (UNICAMP)

#### Edição de texto

Oscar Pilagallo

#### Planejamento, Projeto, Edição e Produção Gráfica

LUC Comunicação Integrada (11) 5044 6099

Projeto Gráfico Eduardo Matsuda

Arte e tratamento de imagem Claudio Santos

#### Fotos

Stock.xchng, Fotolia, Getty Images (Dougau Waters),

Luc Imagens (R. Ferreira), Nils Andreas,

Pulsar Imagens (Rogério Reis), Tadeu Fessel

#### Equipe técnica

Isabela Spolidoro Marques e Leandro Pampin

#### Colaboradores

Alfred Szwarc, Beatriz Stuart Secaf, Carlos Roberto Silvestrin,

Daniel Lobo, Diana Edna Nóbrega, Elimara Aparecida Assad

Sallum, Fabiane Cunha, Francesco Gianetti, Geraldine Kutas,

Isabella Asperti de Oliveira, Luciano Rodrigues, Luiz Fernando

do Amaral, Maria Luiza Barbosa, Mariana Regina Zechin e

Zilmar José de Souza.

#### Impressão

Gráficos Burti

Tiragem 5 mil exemplares

Outubro de 2009



**UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

ETANOL • AÇÚCAR • ENERGIA      SÃO PAULO • BRASIL



**Fontes Mistas**  
Grupo de produto proveniente de  
florestas bem manejadas e fontes  
controladas

Cert no. SW-COC-003192  
[www.fsc.org](http://www.fsc.org)

© 1996 Forest Stewardship Council

O selo FSC é a garantia de que a madeira utilizada na fabricação do papel deste livro provém de florestas bem manejadas e outras fontes controladas.