

# **Impactos ambientais de açúcar para exportação no Brasil: quantificação das emissões de GEE evitadas pelo uso do modal ferroviário**

Área temática: Estratégia Socioambiental

Roberto Fray da Silva, Daniela Bacchi Bartholomeu, José Vicente Caixeta Filho

## **Resumo**

Uma logística de transporte eficiente é fundamental para garantir a continuidade da competitividade do Brasil no comércio internacional de açúcar. Embora ainda predominantemente transportado por rodovias, nota-se uma participação crescente na utilização do modal ferroviário no escoamento de açúcar para exportação. Entre os benefícios deste modal, destaca-se sua maior eficiência energética e, conseqüentemente, uma menor emissão de GEE por unidade transportada quando comparado ao modal rodoviário.

Este estudo avalia como as opções logísticas para o escoamento do açúcar para o mercado externo têm sido consideradas nas estratégias de algumas empresas do setor no estado de São Paulo, maior produtor de açúcar do país. Mais especificamente, são mensurados os benefícios ambientais, em termos da redução das emissões de CO<sub>2</sub>, advindos da adoção do modal ferroviário como alternativa ao rodoviário para rotas de exportação realizadas entre os anos 2006 e 2008.

Para tanto, foram consideradas as rotas ferroviárias com origem no estado de São Paulo e destino o porto de Santos. Os resultados indicam que o modal ferroviário evitou a emissão de cerca de 462.604 tCO<sub>2</sub>, em comparação ao uso exclusivo do modal rodoviário, durante o período analisado, aumentando a eficiência do uso de combustíveis no transporte deste produto.

## **Abstract**

An efficient transport logistics is essential to maintain Brazil competitive in the international sugar market. Although still mainly transported using roads, there is an increasingly participation of the railway mode in the transport of sugar focusing on exportation. Among the benefits of this transport mode, its energetic efficiency can be highlighted, what results in a lower emission of GHG per unit transported when compared with the road transport mode.

This study evaluates how the different transportation modes have been evaluated by the companies that act with the commercialization of sugar at São Paulo state, Brazil's biggest producer of sugar, focusing on exportation. The environmental benefits will be evaluated in terms of reduction of CO<sub>2</sub> emissions provenient from the use of the railway transportation mode as an alternative to the use of roads for exportation routes utilised between 2006 and 2008.

Railway routes with origin at São Paulo state and destiny at Santos port were considered in this study. The results show that the railway transportation mode lowered the emissions in 462,604 tCO<sub>2</sub> in the period analyzed, in comparison with a scenario using only transportation via roads. This shows an increase in the efficiency of the use of fuel in the transport of sugar.

**Palavras-chave:** emissões de CO<sub>2</sub>; transporte; açúcar

## **1. INTRODUÇÃO**

O açúcar é uma das commodities mais importantes na pauta de exportação do Brasil. De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC/SECEX, 2009), o país exportou 13,6 milhões de toneladas de açúcar bruto em 2008, resultando em um valor FOB de US\$ 3,6 bilhões. Em 2009, devido à alta dos preços do açúcar no mercado internacional, os valores observados foram ainda maiores: 17,9 milhões de toneladas exportadas e quase US\$ 6 bilhões em valor FOB. É possível observar um incremento de US\$ 66 no preço médio por tonelada de açúcar durante o período, denotando a crescente importância do produto no mercado internacional.

O estado de São Paulo se destaca como principal produtor de açúcar no país, contribuindo com 62% do volume produzido.

Consequentemente, o transporte do açúcar constitui-se uma etapa fundamental na cadeia produtiva, demandando grande quantidade de veículos de transporte e fluxos com destinos aos portos. Se por um lado, fatores logísticos são de grande importância para definir a competitividade do produto brasileiro, por outro, a atividade de transporte deve representar uma etapa relevante no que diz respeito aos impactos ambientais da cadeia produtiva, já que está diretamente relacionada aos modais e à quantidade de infraestrutura demandada para o escoamento do produto.

A preocupação com as emissões de Gases de Efeito Estufa vem mobilizando ações no sentido de identificar as fontes emissoras relevantes relacionadas a algumas atividades econômicas expressivas, quantificá-las e definir estratégias para mitigá-las. Os transportes se caracterizam por serem o maior emissor de Gases de Efeito Estufa do setor energético no Brasil, isto é, quando desconsideradas as emissões decorrentes da mudança do uso da terra e desmatamento. Neste sentido, ações que visem à mitigação das emissões neste setor terão impactos positivos importantes, especialmente quando relacionadas a segmentos produtivos com elevada necessidade de utilização de transporte. Dentre estas ações, podem ser citadas aquelas que visem ao aumento de eficiência energética, à substituição de combustíveis ou mesmo de modais de transporte.

Embora ainda predominantemente transportado por rodovias, nota-se uma participação crescente na utilização do modal ferroviário no escoamento de açúcar para exportação. Entre os benefícios deste modal, destaca-se sua maior eficiência energética e, conseqüentemente, uma menor emissão de GEE por unidade transportada quando comparado ao modal rodoviário.

## **2. PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVO**

Por se tratar de um produto de grande importância para a balança comercial brasileira, a competitividade do açúcar deve ser incrementada constantemente. Os fatores logísticos se tornam importantes para definir esta competitividade.

Este estudo avalia como as opções logísticas para o escoamento do açúcar para o mercado externo têm sido consideradas nas estratégias de algumas empresas do setor no estado de São Paulo, maior produtor de açúcar do país. Mais especificamente, são mensurados os benefícios ambientais, em termos da redução das emissões de CO<sub>2</sub>, advindos da adoção do modal ferroviário como alternativa ao rodoviário para rotas de exportação realizadas entre os anos 2006 e 2008. Para tanto, foram consideradas as rotas ferroviárias com origem no estado de São Paulo e destino o porto de Santos.

Além disso, o presente trabalho discute estratégias adotadas atualmente pelas empresas do ramo e quais deveriam ser os próximos passos para tornar esta cadeia de suprimentos mais eficiente do ponto de vista logístico. Com base nas informações coletadas em pesquisa de campo, um esquema da cadeia de suprimento de açúcar também foi modelado, visando facilitar o entendimento dos principais problemas observados pelos agentes da mesma.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Caracterização do produto e da logística de transporte**

Para compreender o funcionamento do mercado de açúcar, torna-se necessária uma separação entre os diferentes produtos comercializados: açúcar refinado e açúcar bruto. O açúcar refinado pode ser caracterizado como pronto para ser consumido ou utilizado pela indústria de alimentos. Já o açúcar bruto necessita de um processo de refino para que possa ser consumido, devido a componentes presentes que lhe fornecem um caráter tóxico.

Apesar de possuir um preço maior, o açúcar refinado não é exportado em grandes quantidades pelo Brasil, devido à preferência dos clientes internacionais por açúcar bruto, seja para uso em construções, como ocorre na Ásia, seja para refino e uso pela indústria de alimentos, como ocorre em grande parte da Europa.

O açúcar bruto (comumente chamado de açúcar VHP) pode ser caracterizado como um produto de cor marrom que possui substâncias tóxicas e álcool, que precisa ser refinado para que possa ser consumido de forma segura. No que diz respeito a aspectos logísticos, os diferentes tipos de açúcar possuem cadeias de suprimento que se diferenciam de forma marcante, demandando diferentes tipos de transporte e manuseio. Uma breve descrição é apresentada, com o objetivo de demonstrar alguns dos principais gargalos e conceitos identificados na cadeia.

O açúcar refinado necessita de maiores cuidados, devido ao fato de que este será consumido sem nenhum tipo de processamento, demandando um tipo de transporte que atente para a qualidade do produto. Desta forma, o transporte a granel não se mostra uma opção adequada, pois favoreceria a contaminação do produto. De fato, atualmente a maior parte deste produto é transportada utilizando-se big-bags de 50 quilos, e modal quase que exclusivamente rodoviário. No caso de vendas no mercado interno, em geral, a empresa que adquire o produto é a responsável pelo transporte. Caso o foco seja açúcar refinado para exportação, o produto é transportado para um armazém normalmente localizado na área retroportuária, aonde será transferido para contêineres, através um processo comumente denominado de estufagem de contêineres. Em seguida, estes são enviados a um terminal de contêineres no porto.

No caso do estado de São Paulo, o exportador pode utilizar um dos cinco diferentes terminais de contêineres existentes. Apesar da possibilidade de se carregar o produto diretamente em big-bags, esta prática vem sendo abandonada devido a dois fatores: menor segurança alimentar e altos custos de mão-de-obra, sendo o segundo o determinante mais importante.

No caso do açúcar bruto, este é transportado a granel tanto por caminhões quanto por trens. Isto ocorre pois o produto será refinado posteriormente, não necessitando de tantos cuidados relativos à manutenção e garantia de qualidade. Portanto, diferentemente do caso do açúcar refinado, o transporte foca basicamente em minimizar custos.

Por ser pouco perecível, o tempo em trânsito do produto não é tão relevante no que diz respeito à qualidade e ao preço finais. A utilização de transporte multimodal se torna uma

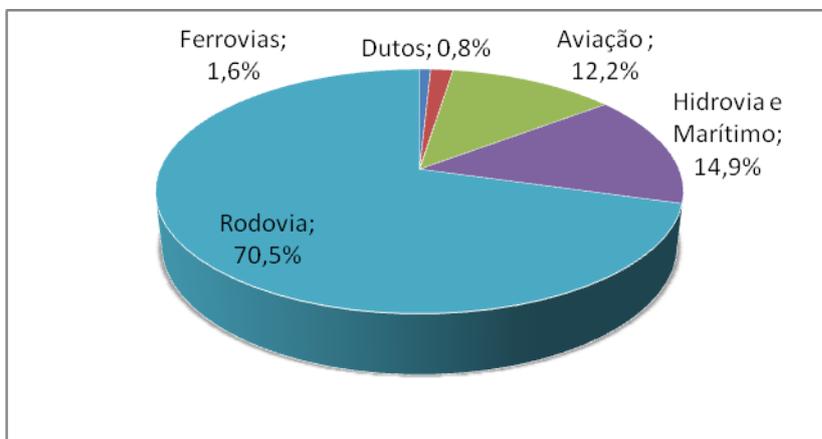
alternativa viável e interessante, a partir do momento em que este se torna mais barato que o transporte unimodal. Isto explica os grandes investimentos sendo feitos no estado de São Paulo, tanto no que diz respeito a novos terminais de transbordo rodoferroviários quanto em armazéns ao longo das ferrovias. Isso também explica o crescimento da utilização do modal ferroviário para o escoamento do açúcar através de fluxos voltados para exportação.

No caso dos terminais portuários para produtos a granel, estes normalmente trabalham simultaneamente com soja em grão, milho e açúcar. Porém, em Santos e Paranaguá, é possível observar uma tendência de especialização dos mesmos, sendo que os maiores terminais exportadores de açúcar nestes portos trabalham exclusivamente com este produto. Grande parte destes terminais é propriedade de multinacionais, e observa-se uma concentração da carga nos mesmos ao longo dos últimos anos.

### 3.2. Os modos de transporte e as emissões de GEE: um panorama mundial

O setor de transporte se destaca como um grande emissor de Gás de Efeito Estufa – GEE, tanto no Brasil quanto em termos mundiais. Segundo a OCDE (2009), no ano de 2006 o setor de transporte representou 23,8% do total de emissões de gases de efeito estufa e 27,6% das emissões de CO<sub>2</sub>. Conforme Krohn, Ledbury, e Schwarz (2009) o setor de transporte fica atrás apenas do setor de produção de energia que, entretanto, tem diminuído as suas emissões, conforme as estimativas da European Environment Agency (EEA).

A Figura 1 apresenta a quantidade emitida de CO<sub>2</sub> por modal de transporte nos países membros da União Européia em 2005. Segundo Krohn, Ledbury, e Schwarz (2009) o desempenho do setor de transporte se deve ao tráfego rodoviário que participa com 70,5% das emissões no transporte europeu. Já a ferrovia representa apenas 1,6% das emissões totais e transporta 6% de todos os passageiros e 10,3% de toda a carga.



Fonte: adaptado de Krohn, Ledbury, e Schwarz (2009, p.7).

Figura 1 – Emissões de CO<sub>2</sub> em 2005 nos 27 membros da UE por setor de transporte.

Segundo a OECD (2009) a utilização de modais menos poluentes terá impacto drástico e imediato nas emissões de CO<sub>2</sub>, poluição do ar e congestionamentos. Esta mesma fonte indica a utilização das ferrovias como uma importante alternativa para reduzir os custos monetários e ambientais dos transportes, uma vez que este modal resulta em menores custos externos (acidentes, poluição do ar, ruído, congestionamento e mudança climática) frente à rodovia e aerovia. Krohn, Ledbury, e Schwarz (2009) ressaltam que é consenso que a transferência de modal para o ferroviário pode contribuir para o cumprimento dos objetivos em matéria de proteção do clima e da redução dos gases de efeito estufa. Na UE, o aumento

da utilização do modal ferroviário fará com que a meta de reduzir em 20% das emissões até 2020 seja alcançada.

Outro modal de transporte que apresenta potencial para reduzir os impactos ambientais é o hidroviário, já que possibilita aumento da eficiência energética, redução do consumo de combustível, de ruídos e da emissão de gases. De acordo com estudos realizados na Europa e apresentados pela OECD na revista OECD Observer (2008) o transporte marítimo é um dos mais baixos emissores dentre os modais de transporte, emite de 10 a 15 g por tonelada quilômetro. O modal ferroviário emite de 19 a 41 g por tonelada quilômetro, seguido do rodoviário que emite de 51 a 91 g por tonelada quilômetro e da aviação que emite 673 a 867 g por tonelada quilômetro.

### **3.3. A matriz de transporte de carga no Brasil**

O Brasil possui condições físicas e naturais para utilização da intermodalidade tanto rodo-ferroviária, hidro-rodoviária e ferro-hidro-rodoviária. Entretanto, o que se verifica no Brasil é uma matriz de transporte de cargas no Brasil altamente dependente do modal rodoviário.

Conforme o Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, em 2005 a matriz de cargas no país apresentava a seguinte configuração: 58% rodoviário, 25% ferroviário e 13% aquaviário.

Esta dependência excessiva fica evidente quando se verifica a participação deste modal em outros países de dimensões continentais. Enquanto no Brasil o transporte rodoviário movimenta cerca de 60% da matriz de transporte de cargas nacional, nos Estados Unidos, a participação das rodovias é de 26%, na Austrália é de 24%, e na China, de apenas 8% (Centro de Estudos em Logística – CEL et al., 2002, citados por Bartholomeu e Caixeta-Filho, 2008).

Conseqüentemente, o desempenho deste modo de transporte acaba sendo prejudicado. Comparado ao desempenho observado nos EUA, por exemplo, verifica-se que a produtividade do transporte rodoviário brasileiro é 22% inferior, enquanto o consumo energético e a emissão monóxido de carbono (em gCO/t.km) são 29% e 2,6 vezes superiores à norte-americana (CEL et al., 2002, citados por Bartholomeu e Caixeta-Filho, 2008).

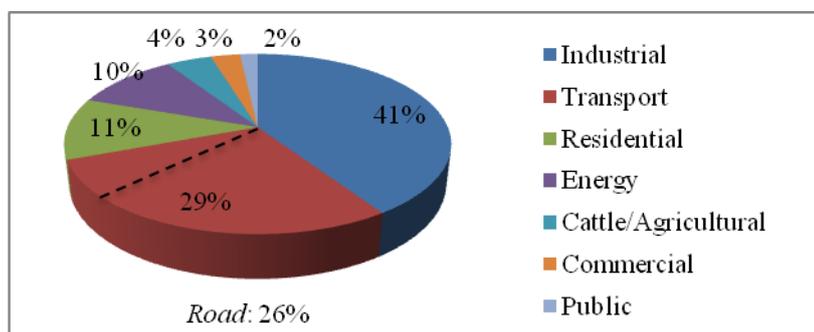
A elevada idade média da frota e a insuficiente oferta de infraestrutura de transporte rodoviária, tanto em termos de extensão quanto em termos de qualidade das vias, são alguns dos aspectos que contribuem para o fraco desempenho do modal rodoviário no Brasil (Bartholomeu, 2006).

Com relação à extensão, tomando-se como base o indicador de disponibilidade, medido pela relação “quilometragem total de rodovia por espaço territorial (em km<sup>2</sup>)”, a oferta de vias de transporte no Brasil é equivalente a 69% da verificada na China, 55% do Canadá, 45% do México, e 6% dos EUA (CEL et al., 2002, citados por Bartholomeu, 2006).

Quanto à qualidade, resultados da Pesquisa Rodoviária mais recente (CNT, 2007) indicam que 54,5% (o equivalente a 47.777 km) da extensão pesquisada encontram-se com o pavimento em estado regular, ruim ou péssimo. A região Nordeste é a que detém as piores condições malha rodoviária em todo o país, fato que compromete seu desenvolvimento e as possibilidades de maior integração econômica com as demais regiões (CNT, 2005a, citado por Bartholomeu, 2006).

Estudo realizado por técnicos do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) e da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (Geipot) apontam que uma estrada degradada representa aumento de 58% no consumo de combustíveis, de 38% nos gastos de manutenção de veículo, de 50% no índice de acidentes e de até 100% no tempo gasto nas viagens” (Revista CNT, 2001, p.1, citada por Bartholomeu e Caixeta-Filho, 2009).

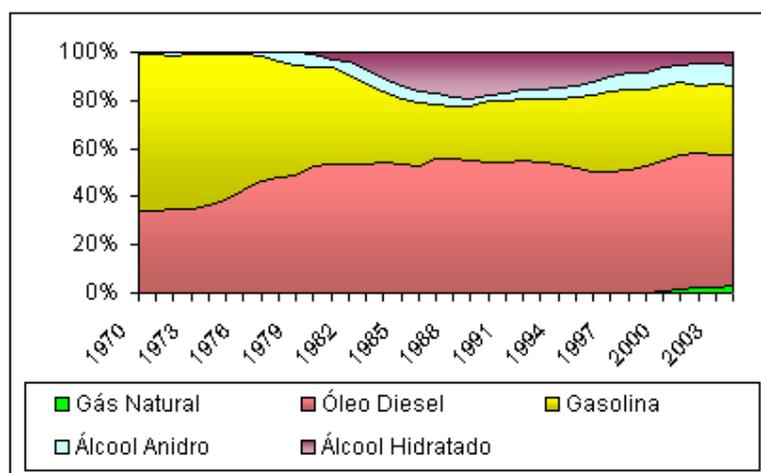
Bartholomeu (2006) destaca também a elevada dependência do transporte rodoviário em relação aos combustíveis fósseis<sup>1</sup>, o que torna este modo de transporte um importante consumidor de energia e, como resultado, faz deste setor o maior emissor de CO2 energético no Brasil. De fato, conforme ilustrado na Figura 2, em 2007, o modal rodoviário respondeu por 26% do consumo final de energia do país e por quase 90% do consumo final de energia pelo setor transporte (BRASIL, 2008).



Fonte: Brasil (2008).

Figura 2 – Consumo Final de Energia por setor - Brasil, 2007

A fonte de energia mais importante para o transporte é o diesel. Nos últimos 30 anos, este combustível representou mais de 50% da energia consumida pelo setor, conforme ilustra a Figura 3 (Bartholomeu, 2006).



Fonte: Brasil (2005), citado por Bartholomeu (2006).

Figura 3 – Consumo de energia do setor de transporte brasileiro (%)

Pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE (2001) referente ao ano de 1998 estima em 45,5% a participação dos transportes no consumo de

<sup>1</sup> A partir de 1996, a totalidade dos caminhões vendidos internamente era movido a diesel.

combustíveis. A Tabela 1 mostra a importância do setor de transportes no consumo de combustíveis fósseis no ano de 1998, principalmente de derivados de petróleo.

Tabela 1 - Consumo final de energia no Brasil (em milhões de toneladas equivalentes de petróleo - tep<sup>2</sup>) – 1998

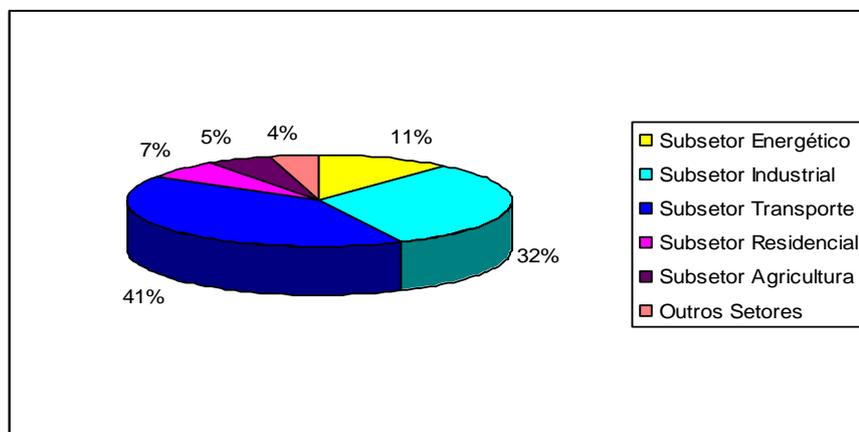
Setor	Combustíveis				Total	Eletricidade	Total
	Petróleo	Gás Natural	Carvão	Biomassa			
Agropecuário	4,4	0	0	0,0 <sup>a</sup>	4,5	0,9	5,4
Industrial	12,2	2,7	9,6	20,3	44,9	10,9	55,7
Comercial	0,5	0,1	0	0,1	0,8	3,3	4,1
Público	0,6	0	0	0	0,6	2,2	2,8
<i>Transportes</i>	<i>41,2</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>6,6<sup>b</sup></i>	<i>47,8</i>	<i>0,1</i>	<i>47,9</i>
Residencial	6	0,1	0	0,4 <sup>a</sup>	6,6	6,3	12,9
Consumo Final	65	3	9,6	27,4	105,2	23,7	128,8
Não Energético	11,2	0,8	0,2	0,5	12,7	0	12,7
Total	76,2	3,8	9,8	28	117,9	23,7	141,5

Fonte: INEE (2001), citado por Bartholomeu (2006).

Nota: <sup>a</sup> Exclui o consumo residencial e agropecuário da lenha.

<sup>b</sup> Alcool para veículos.

Em função da elevada participação dos combustíveis fósseis como fonte de energia do setor de transporte, este destaca como o maior emissor de CO<sup>2</sup> energético<sup>3</sup>, respondendo por mais de 40% das emissões de CO<sub>2</sub> do setor energia e por 9% do total das emissões de CO<sub>2</sub> do Brasil em 1994, conforme ilustra a Figura 4.



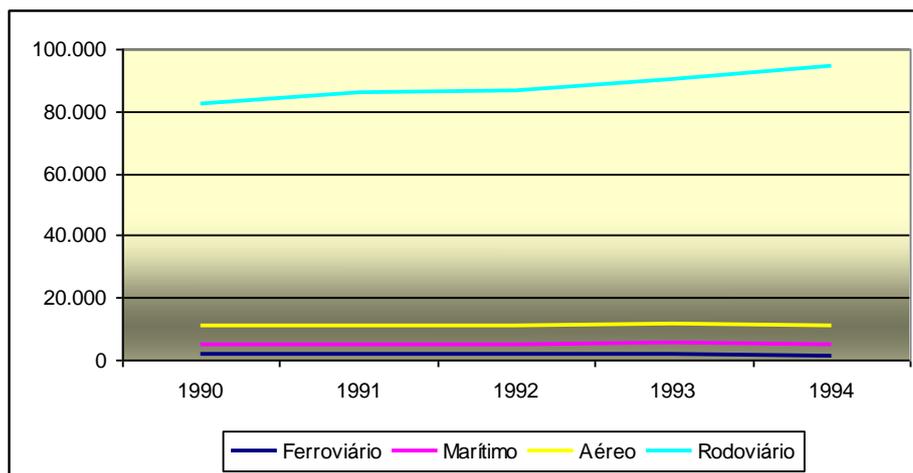
Fonte: Brasil (2004), citado por Bartholomeu (2006).

Figura 4 – Emissões de CO<sub>2</sub> pelos subsetores abrangidos pelo setor “energia” (1994)

<sup>2</sup> Tep = tonelada equivalente de petróleo. Unidade comum na qual se convertem as unidades de medida das diferentes formas de energia utilizadas no BEN.

<sup>3</sup> O setor energético é composto, na Comunicação Nacional (Brasil, 2004), pelos subsetores “energético”, “industrial”, “transporte”, “residencial” e “agricultura”. Esta classificação desconsidera, portanto, as emissões decorrentes do desmatamento e mudança do uso do solo.

O modal rodoviário respondeu por quase 90% das emissões do transporte no ano de 1994, e apresentou as maiores taxas de crescimento entre 1990 e 1994, superando o crescimento médio das emissões do setor de transporte (cerca de 15%). Nesse período, as emissões provenientes do modal rodoviário aumentaram 17%; por outro lado, o volume emitido pelo modal ferroviário caiu 21%, conforme a Figura 5.



Fonte: Brasil (2004), citado por Bartholomeu (2006).

Figura 5 – Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> pelos modais de transporte (1990-1994)

A Tabela 2 resume as estimativas das emissões diretas de CO<sub>2</sub> no consumo final energético em 1998 pelos principais setores da economia. Note-se a importância do setor de transportes nas emissões de CO<sub>2</sub> na economia brasileira, que aparece como maior consumidor de combustíveis fósseis. É também o setor que mais alavancou o crescimento das emissões em anos recentes.

Tabela 2 - Emissões de CO<sub>2</sub> dos combustíveis fósseis por setor da economia brasileira – 1998

Setor	Emissões (10 <sup>6</sup> t CO <sub>2</sub> )	Participação (%)
Agropecuário	3,83	4,9
Industrial	22,85	29,2
Comercial	0,53	0,7
Público	0,52	0,7
<i>Transportes</i>	<i>35,45</i>	<i>45,2</i>
Residencial	5,28	6,7
Consumo Final Energético	68,46	87,4
Geração elétrica	3,16	4
Outras transformações e perdas	6,74	8,6
Consumo Energético Bruto	78,35	100

Fonte: INEE (2001), citado por Bartholomeu (2006).

Estudo realizado pelo Centro Clima e pela Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia – COPPE/UFRJ (2005) para o município de São Paulo também constatou participação importante do setor de transporte no consumo de combustível e nas emissões de CO<sub>2</sub> em 2003. O inventário das emissões por fonte energética indicou que a gasolina automotiva respondeu por 35,7% e o óleo diesel por 32,6% das emissões em 2003.

Com relação às emissões por setor econômico, o transporte respondeu por 78,54% das emissões de CO<sub>2</sub> em 2003, enquanto o segundo setor mais emissor foi o residencial, responsável por 9,68%.

De acordo com pesquisa realizada pela CNT, o aproveitamento energético do setor de transporte brasileiro é cerca de 29% inferior ao norte-americano. “Este consumo ineficiente de energia não-renovável traz uma série de malefícios para o País: maior emissão de poluentes, maior custo final para os produtos, maior dependência externa de combustíveis, pior desempenho na balança comercial etc” (CNT, 2005, p. 24, citado por Bartholomeu, 2006).

Neste cenário, a busca por opções que resultem em menor consumo de combustível ou em maior eficiência energética deve ser prioridade no setor de transporte. Tais medidas podem reduzir a participação relativa do setor nas emissões brasileiras, bem como contribuir para reduzir as emissões brasileiras totais.

#### **4. METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste trabalho seguiu basicamente duas vertentes, buscando atingir aos objetivos propostos.

Inicialmente, foram levantados dados primários através de pesquisa de campo realizada durante o ano de 2009. Foram entrevistados agentes envolvidos nas diferentes etapas da cadeia de suprimentos de açúcar: 10 usinas produtoras de açúcar e álcool, 4 terminais de transbordo rodoviários, 2 operadores ferroviários e 3 diferentes terminais no porto de Santos. A principal motivação para a realização destas entrevistas foi a necessidade de se entender com maior detalhamento os principais processos envolvidos na movimentação ferroviária, os principais gargalos relacionados ao seu uso e as principais regiões do estado de São Paulo que utilizam o modal.

Para a quantificação das emissões propriamente dita, foram utilizados dados secundários referentes à quantidade movimentada de açúcar através do modal ferroviário em rotas com origem no estado de São Paulo e destino o porto de Santos. Estes dados foram fornecidos pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2009). Com relação aos fatores de emissão dos diferentes modais, adotou-se como referência os valores médios sugeridos pelo Japan International Transport Institute - JITI (2009), de 65 g CO<sub>2</sub>/t.km para trens e 162,5 g CO<sub>2</sub>/t.km. Através do uso do software Microsoft Excel, foram calculadas as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes do uso do modal ferroviário e rodoviário, ponderadas pelas quantidades transportadas e distâncias envolvidas. Além disso, a análise foi realizada para diferentes faixas de distâncias, permitindo um melhor entendimento no que diz respeito aos terminais de transbordo mais importantes e de sua importância nos fluxos de transporte ferroviário.

A partir desta análise, foi possível estimar a quantidade de CO<sub>2</sub> evitada por ter-se optado pelo uso do modal ferroviário para escoamento de parte do açúcar destinado ao mercado externo. Adicionalmente, foram propostos cenários de maior substituição do modal rodoviário pelo ferroviário, para estimar as respectivas emissões evitadas por cada um destes cenários. Os cálculos foram realizados considerando-se uma substituição uniforme em todas as faixas de distância, tomando-se como base a movimentação observada em 2008. Os cenários mais conservadores (aumento de 5% ou 10% no uso de ferrovias) dizem respeito a uma tendência esperada no curto-prazo. Já os cenários mais arrojados dependeriam de condições mais específicas para viabilizá-los. Assim, corresponderiam a cenários de médio e longo prazos, e dependeriam de avanços em termos de infraestrutura que pudessem oferecer sustentabilidade a este aumento.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1 Caracterização da logística do açúcar no estado de São Paulo

A Tabela 3 apresenta a exportação total de açúcar pelo Brasil e pelo estado de São Paulo, bem como a distribuição do transporte entre os modais rodoviário e ferroviário no estado. Nota-se que a participação do estado de São Paulo nas exportações nacionais de açúcar se manteve relativamente constante entre 2006 e 2007. Em 2008, observou-se uma redução na participação do estado nas exportações nacionais. Mesmo assim, São Paulo correspondeu a 60% do total de açúcar exportado naquele ano.

É possível observar que o modal ferroviário possui uma importância crescente no transporte de açúcar para exportação, aumentando significativamente sua participação entre os anos 2007 e 2008. Neste período, a quantidade de açúcar transportada por ferrovia cresceu aproximadamente 36%, atingindo cerca de 42% da movimentação total para exportação no estado de São Paulo. A partir da pesquisa de campo, detectou-se que, dentre diversos fatores, o menor custo total de transporte é a principal razão pela qual as empresas estão optando por este modal, apesar de suas claras desvantagens com relação ao tempo em trânsito da mercadoria e à confiabilidade do cumprimento de contratos por parte de certos operadores ferroviários. Além disso, também é possível inferir que esta tendência de crescimento da utilização do modal ferroviário deve continuar, favorecida pelos investimentos que estão sendo realizados atualmente. O principal destino do produto, conforme já citado, é o porto de Santos.

Foi confirmado, através da pesquisa de campo, que o modal hidroviário ainda não é utilizado, no Brasil, para transportar o açúcar.

Tabela 3 - Exportação de açúcar bruto em toneladas – Brasil e estado de SP - e distribuição entre modais de transporte

Ano	Exportação Total Brasil	Exportação Total São Paulo	Transporte por rodovia São Paulo	Transporte por ferrovia São Paulo	Ferrovia/Total transportado São Paulo
2006	12.806.930	8.109.089	5.622.661	2.486.428	31%
2007	12.443.221	8.227.853	5.712.853	2.515.000	31%
2008	13.624.577	8.153.737	4.723.198	3.430.539	42%

Fonte: Aliceweb (2009), ANTT (2009).

Com relação às estratégias utilizadas pelas empresas do setor observadas na pesquisa de campo, é necessário ilustrar brevemente a constituição da cadeia de suprimentos de açúcar voltada para o mercado externo, com ênfase nos aspectos logísticos. Neste sentido, a Figura 6 demonstra de forma sucinta o funcionamento deste sistema agroindustrial. Deve-se observar que, além dos processos envolvidos no produto em si, diversas companhias atuam no transporte do produto.

No caso da cana-de-açúcar, esta é transportada, na maioria dos casos observados, pela própria indústria produtora de açúcar e álcool. O produto final, por outro lado, é majoritariamente transportado por uma empresa terceirizada, mas com distintas formas de comercialização dependendo do tipo de açúcar negociado. No caso de açúcar refinado, é comum observar a presença de contratos regendo as atividades de transporte, enquanto no caso do açúcar bruto, o uso de contratos é verificado apenas quando utilizado o modal ferroviário.

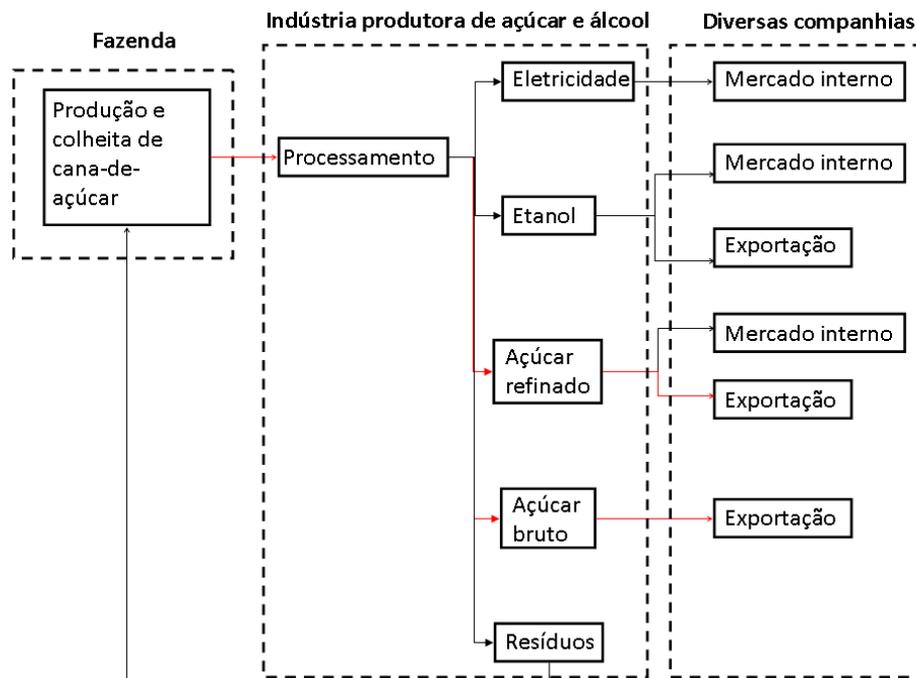


Figura 6 – Ilustração da cadeia de suprimentos de açúcar e álcool, com destaque para o açúcar visando mercado internacional

Fonte: elaborado pelos autores com base em pesquisa de campo, 2010.

A Figura 7 apresenta a malha ferroviária do estado de São Paulo, bem como os terminais multimodais existentes no estado. A malha ferroviária está bastante evoluída, principalmente se comparada com a oferta de infraestrutura ferroviária de outras regiões do Brasil.

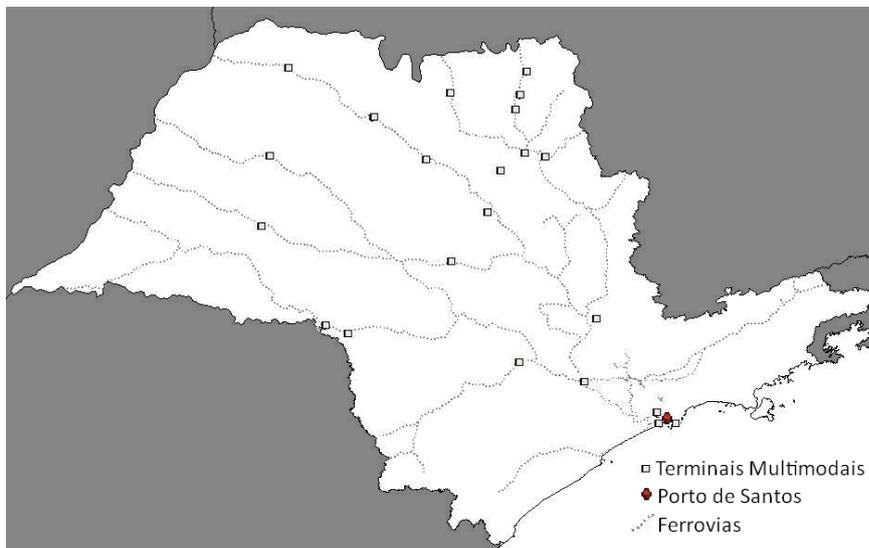


Figura 7 - Infraestrutura ferroviária e localização de terminais multimodais no estado de SP

Fonte: elaborado pelos autores com base em dados da ANTT (2009).

Entretanto, diferentemente de outros países, como os EUA ou mesmo os países europeus, a estrutura de concessão adotada pelo Brasil não favorece a competição entre as operadoras de transporte ferroviário, originando verdadeiros monopólios neste modal. Esta

situação desfavorece o exportador, já que diminui seu poder de barganha com relação aos custos de transporte e validade dos contratos negociados. Outra observação interessante para o entendimento desta cadeia diz respeito ao fato de que os terminais multimodais localizados próximos aos portos são, na maior parte dos casos, utilizados como concentradores de cargas pelos operadores ferroviários, facilitando o processo de transporte e embarque nos navios.

Os principais gargalos relacionados ao uso de transporte ferroviário declarados pelas empresas entrevistadas dizem respeito aos contratos feitos com as operadoras das malhas ferroviárias. Segundo as entrevistadas, os contratos propostos pelas empresas que operam ferrovias são frequentemente descumpridos, especialmente quando existem grandes lotes de outros produtos (tais como soja em grão ou milho) para serem transportados. Além disso, alegam terem pequeno poder para negociação quanto ao período e aos valores do contrato.

Nestas situações, a indústria é obrigada a recorrer ao modal rodoviário, aumentando a demanda por veículos de transporte rodoviário e, conseqüentemente, elevando de maneira generalizada, os fretes para produtos a granel praticados na região. Este acréscimo nos fretes acaba se refletindo num aumento dos custos logísticos do sistema agroindustrial do açúcar e também de outros produtos agrícolas concorrentes pelo transporte rodoviário.

Portanto, o modal ferroviário precisa garantir os níveis de qualidade do serviço de modo a minimizar a necessidade de se recorrer ao modal rodoviário e, mais além, continuar aumentando sua participação nos fluxos de açúcar para exportação de maneira sustentável. Além de contribuir para o aspecto econômico, reduzindo os custos de transporte, o maior uso de ferrovias também evita uma significativa emissão de GEE. A quantificação dessas emissões evitadas é apresentada na próxima seção.

## 5.2 Quantificação das emissões evitadas pelo uso do modal ferroviário para escoamento do açúcar para exportação

Conforme descrito na seção 4, Metodologia, para a mensuração da redução das emissões de CO<sub>2</sub> advinda da adoção do modal ferroviário como alternativa ao rodoviário para rotas de exportação, foram inicialmente utilizados dados secundários referentes à quantidade movimentada de açúcar através do modal ferroviário em rotas com origem no estado de São Paulo e destino o porto de Santos, entre os anos de 2006 e 2008. Foram consideradas todas as rotas ferroviárias com origem no estado de São Paulo e destino o porto de Santos, ponderadas pelas quantidades transportadas em diferentes faixas de distância. A Tabela 4 sintetiza a movimentação de açúcar por ferrovia neste período.

Tabela 4 - Quantidade transportada de açúcar por ferrovia no estado de São Paulo, em t, por faixa de distância – 2006 a 2008.

Faixa de distância (km)	Açúcar transportado por ferrovia (t)			2008/2006 (%)
	2006	2007	2008	
Menor que 200	-	-	57.967	-
201 – 300	44.668	26.085	137.281	207%
301 – 400	-	59.059	30.152	-
401 – 500	43.934	66.050	62.019	41%
501 – 600	1.188.690	1.173.104	1.221.521	3%
601 – 700	613.647	572.299	831.540	36%
701 – 800	218.156	224.794	4.930	-98%
Maior que 800	309.997	302.764	501.429	62%
<b>Total</b>	<b>2.419.092</b>	<b>2.424.155</b>	<b>2.846.839</b>	<b>18%</b>

Fonte: elaborado pelos autores com base em dados da ANTT, 2009.

É possível observar que grande parte do açúcar transportado por ferrovia concentra-se em faixas de distância acima dos 500 km. No ano de 2008, estes fluxos foram responsáveis pelo escoamento de cerca de 90% do volume total exportado pelo estado de São Paulo, através do porto de Santos. Mais especificamente, rotas com faixas de distância entre 500 e 600 km e entre 600 e 700 km representaram 43% e 30%, respectivamente, do movimentado em 2008. Tal quadro faz sentido, uma vez que este modal torna-se mais atraente, em relação ao rodoviário, para viagens mais longas.

É interessante destacar ainda que, em quase todas as faixas de distância analisadas, houve aumento no volume transportado entre 2006 e 2008, especialmente nas situadas entre 200 e 300 km, e naquelas maiores de 800 km. Este crescimento é resultado basicamente de investimentos em infraestrutura que possibilitaram maior utilização deste modal, como a criação de novos terminais de transbordo e da melhoria nos terminais existentes. A única faixa na qual foi observada queda no volume transportado foi aquela situada entre 700 e 800 km, observando uma substituição de modal ferroviário por rodoviário devido a diversos fatores, e, dentro os quais, pode-se citar problemas de cumprimento de contratos por parte das operadoras ferroviárias.

Na faixa de 500 a 600 km, a mais frequentemente utilizada para o transporte ferroviário de açúcar, observou-se um ligeiro aumento de 3% na quantidade escoada. Nesta faixa, é possível verificar a existência de terminais de transbordo ferroviário dentro de certas unidades industriais.

Finalmente, nota-se a crescente importância do modal ferroviário para a exportação de açúcar, já que o volume escoado por este modal aumentou 18% em 2008 em relação a 2006. Seguindo a tendência de aumento nos preços internacionais do produto e a grande demanda externa, liderada por China e Índia, acredita-se que as exportações do açúcar devam continuar sendo estimuladas, proporcionando maior utilização de ferrovias.

Esta participação das ferrovias para escoamento de açúcar para o mercado externo acaba trazendo, também, benefícios ambientais, dada a maior eficiência energética das locomotivas e, conseqüentemente, dos menores índices de emissão por unidade de produto transportada.

A partir dos fatores de emissão médios sugeridos pelo Japan International Transport Institute - JITI (2009), de 65 g CO<sub>2</sub>/t.km para trens e 162,5 g CO<sub>2</sub>/t.km para caminhões, foram calculadas as emissões evitadas pelo uso de ferrovias entre 2006 e 2008, já que a linha de base do transporte de cargas no Brasil é o modal rodoviário. Através do uso do software Microsoft Excel, foram calculadas as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes do uso do modal ferroviário e rodoviário, ponderadas pelas e distâncias envolvidas.

A Tabela 5 sintetiza os resultados obtidos para os anos de 2006, 2007 e 2008. Para cada ano, foram calculadas as emissões decorrentes da movimentação do açúcar por ferrovias, e por faixa de distância. Além disso, para calcular as emissões evitadas, adotou-se como linha de base o transporte deste mesmo volume e por faixas de distância equivalentes através do modal rodoviário. As emissões evitadas em cada ano são o resultado da diferença entre as emissões estimadas entre os dois modais.

Tabela 5 – Emissões de CO<sub>2</sub> evitadas pelo transporte ferroviário, em tCO<sub>2</sub> – 2006 a 2008.

Faixa de distância (km)	Emissões totais evitadas pelo modal ferroviário (tCO <sub>2</sub> )			
	2006	2007	2008	2006 a 2008
Menor que 200	-	-	983	983
201-300	1.176	692	3.386	5.254
301-400	-	1.791	979	2.770

401-500	1.996	2.917	2.818	7.731
501-600	64.323	64.623	68.124	197.071
601-700	39.309	36.493	53.672	129.473
701-800	15.038	15.518	370	30.926
Maior que 800	24.512	24.088	39.796	88.396
<b>Total</b>	<b>146.354</b>	<b>146.121</b>	<b>170.129</b>	<b>462.604</b>

Fonte: Elaborado pelos autores. Resultados da pesquisa.

Devido ao aumento do volume de açúcar transportado por ferrovias entre 2006 e 2008, as emissões evitadas também são crescentes neste período analisado, destacando-se as maiores contribuições advindas do transporte por faixas de distância entre 500 e 600 km. As emissões evitadas pelo uso do modal ferroviário em substituição ao rodoviário totalizaram 462.604 tCO<sub>2</sub> entre 2006 e 2008.

Se confirmadas as tendências de expansão do uso deste modal para escoamento do produto, a contribuição desta estratégia logística em termos de redução das emissões deve ser ainda mais expressiva, conforme ilustrado nos cenários propostos na Tabela 6. Considerando o volume de açúcar exportado bem como a distribuição do transporte por faixas de distância equivalentes à observada em 2008, um aumento de 10% no volume transportado por ferrovias em substituição às rodovias evitaria a emissão de cerca de 17.013 tCO<sub>2</sub>, equivalente a 4% do total evitado pelo modal ferroviário nos anos estudados. Um aumento mais expressivo, de 50% no uso de ferrovias (considerado um cenário de longo prazo), evitaria a emissão de cerca de 85.064 tCO<sub>2</sub>.

Porém, para viabilizar estes cenários, os gargalos apontados na pesquisa de campo precisam ser sistematicamente superados. Dentre eles, destacam-se a ainda insuficiente infraestrutura ferroviária, monopólios das operadoras ferroviárias, falta de transparência e comprometimento no cumprimento de contratos, reduzido poder de barganha dos embarcadores e uma frota de trens e vagões ineficiente e insuficiente.

Tabela 6 – Emissões de CO<sub>2</sub> evitadas a partir dos cenários propostos de substituição do modal rodoviário por ferroviário, com relação à movimentação observada em 2008

Cenários	Aumento no uso de ferrovia	Emissões evitadas (tCO <sub>2</sub> )
1	5%	8.506
2	10%	17.013
3	25%	42.532
4	50%	85.064
5	100%	170.129

Fonte: Resultado da pesquisa. Elaborado pelos autores, 2010.

### 5.3 Estratégias empresariais em atividades logísticas

As empresas que atuam no ramo de produção de açúcar e álcool estão investindo de forma crescente no uso de modais alternativos para escoamento da produção: estudos para uso de dutovias e hidrovias para transporte de álcool, e construção de terminais de transbordo rodoferroviário para transporte de açúcar. Os produtores de açúcar e álcool, estão investindo fortemente em substituição de modais, para aumentar a competitividade de seus produtos no mercado internacional, e também antevendo possíveis exigências ambientais com relação a logística, fator que começa a ser levado em consideração por diversas empresas do ramo agroindustrial. Os transportadores ferroviários estão investindo em melhorias da frota, com aquisição de equipamentos com maior qualidade e eficiência no transporte de açúcar a granel.

O açúcar refinado e ensacado não é visto como um produto a ser transportado em grandes quantidades por estes agentes da cadeia, principalmente devido aos altos custos envolvidos no manuseio do produto, e ao fato de que este é voltado principalmente para o mercado interno, não justificando o custo de transbordo para a ferrovia. Os terminais no porto de Santos são, dos agentes da cadeia do açúcar, os mais interessados em projetos com benefícios ambientais, devido principalmente à regulação aos quais estes são expostos. Sua alta especialização também demanda soluções otimizadas do ponto de vista econômico, razão pela qual estão investindo em melhores estruturas de recepção dos veículos para uma descarga de caminhões e trens e um carregamento nos navios mais eficientes.

Porém, uma questão debatida durante as entrevistas diz respeito a fonte de financiamento para tais projetos, focando no transporte multimodal. A importância da participação do governo através de parcerias público-privadas e de investimentos em infraestrutura das malhas ferroviárias é um dos grandes fatores a serem abordados no futuro. Uma melhor regulação do transporte ferroviário também foi citada como importante gargalo para o uso deste modal, no que diz respeito aos direitos de passagem, tarifas cobradas pelos serviços e aumento da competitividade deste modal em relação a outros modais, notadamente o rodoviário.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme apresentado neste estudo, a utilização de ferrovias para o escoamento do açúcar para exportação no estado de São Paulo tem se tornado cada vez mais importante, seja pelo aumento do volume transportado, seja pelo crescimento da participação relativa do modal no período analisado. Este movimento deve-se, além do cenário positivo no mercado internacional, de elevação da demanda e dos preços do produto, também aos resultados dos investimentos em infraestrutura ferroviária.

Se este crescimento do modal ferroviário é fundamental para a competitividade econômica do setor, também contribui favoravelmente para os níveis de emissão decorrentes da movimentação do açúcar. Os resultados obtidos indicam que, uma vez adotadas ferrovias para exportação do produto, o setor deixou de emitir cerca de 462.604 toneladas de CO<sub>2</sub> entre 2006 e 2008. Se confirmadas as tendências de expansão do uso deste modal para escoamento do produto, a contribuição desta estratégia logística em termos de redução das emissões deve ser ainda mais expressiva, conforme indicado pelos cenários sugeridos.

Apesar deste contexto positivo, conforme observado a partir da pesquisa de campo, ainda há necessidade de uma maior e melhor infraestrutura em termos de terminais intermodais e relações contratuais mais abertas entre indústrias produtoras de açúcar e álcool e operadores ferroviários. Ou seja, os monopólios das operadoras ferroviárias, o baixo nível de transparência e comprometimento no cumprimento de contratos (reduzido poder de barganha dos embarcadores) e a insuficiente frota de trens e vagões constituem-se gargalos apontados que devem ser superados para viabilizar o crescimento sustentável do uso de ferrovias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTT - AGÊNCIA NACIONAL DOS TRANSPORTES TERRESTRES. **Evolução do Transporte Ferroviário**. Brasília, DF, 2009.

ANTF - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. Brasília, DF. 2009. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/>>. Acesso em: 12 de out. 2009

BARTHOLOMEU, D. B. **Qualificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras**. Piracicaba 2006. Tese (D.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA FILHO, J.V. **Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras** : um estudo de caso. Revista de Economia e Sociologia Rural, vol. 46, nº. 3, Julho/Setembro 2008, p. 703-738.

BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA FILHO, J. V. "Quantification of the environmental impacts of road conditions in Brazil", **Ecological Economics**, v. 68, Issue 6, April 2009, p. 1778-1786.

BRASIL – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME); EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional, 2008**.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa Rodoviária 2007**. Disponível em <<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/rodoviaria/2007/>>.

ESALQ-LOG. Piracicaba, SP. 2010. Disponível em: <<http://log.esalq.usp.br/>> Acesso em: jan. 2010.

JITI - JAPAN INTERNATIONAL TRANSPORT INSTITUTE. **Study on Reduction of Greenhouse Gas Emissions in Ocean-Going Shipping**: Evaluation of Possible Solutions. Washington, DC. 2009.

MDIC/SECEX. **AliceWeb**. Brasília, DF. Acesso em dez. 2009.

OECD. **More rail = Less CO<sub>2</sub> – UNIFE contribution to the discussion on the future of transport**. Bruxelas, sep. 2009, 51p.

OECD. **Sea Fairer - Maritime transport and CO<sub>2</sub> emissions**. OECD Observer, England, n. 267, p. 58-59, may/jun 2008.