

# COMPORTAMENTO DO CUSTO LOGÍSTICO DO BIO-ETANOL NO BRASIL

Marcelino Aurélio Vieira da Silva, M. Sc

Marcio de Almeida D'Agosto, D. Sc

Programa de Engenharia de Transportes - PET / COPPE

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

## Resumo

Apresenta-se um procedimento para determinar o custo de aquisição total, que leva em consideração uma composição do custo logístico, o custo de aquisição parcial, que só considera o custo de transporte (frete) buscando relacioná-los com a distância entre o produtor (usina) e o consumidor (base de distribuição). O procedimento será aplicado no segmento da cadeia de suprimentos que interliga as usinas as bases de distribuição. Verificou-se que o a distância pode ser um estimador do custo de aquisição para ambos os casos, porém, na situação avaliada, a introdução de parcelas do custo logístico não relacionadas a distância piorou mais que proporcionalmente o valor do coeficiente de determinação do modelo.

## Abstract.

It is reported a procedure to determine the total cost of acquisition, which takes a composition of the logistics cost into consideration, the cost of the partial acquisition, which only considers the cost of transportation (freight) trying to relate them to the distance between the producer plant and the consumer (base of distribution). The procedure will be applied to the segment of the supply chain that links up with the plant and the base of distribution. It was verified that the distance can be an appraiser of the cost of acquisition in both cases, however, in the situation analyzed, the introduction of portions of the logistics cost not related to the distance worsened more than proportionally the coefficient value of determination of the model.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de biocombustíveis em substituição aos combustíveis fósseis têm despertado crescente interesse no mundo nos últimos anos. No Brasil, o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar (bio-etanol) apresenta elevada produtividade agrícola e industrial pelo fato do país possuir características endofoclimáticas favoráveis à produção deste insumo e ter, nos últimos 40 anos, aprimorado o processo de produção deste combustível, que tem sido utilizado no país como opção para a redução das emissões líquidas de CO<sub>2</sub> (D'Agosto e Ribeiro, 2009) em substituição a gasolina automotiva, combustível fóssil da matriz energética de transportes.

O aumento da demanda pelo bio-etanol e consequente estímulo à expansão da fronteira de produção sucroalcooleira para o interior do país têm sido acompanhados pela ampliação e pela reestruturação da atual cadeia de distribuição física deste combustível, com ações voltadas para a busca por ganhos de competitividade logística (Milanez, 2010), onde cresce a importância da avaliação do custo logístico e não apenas do custo de transporte, como parâmetro determinante para a escolha dos fornecedores, tanto pelo aspecto monetário, para determinação do preço final, quanto aos valores que foram agregados aos produtos com as atividades logísticas.

O presente trabalho tem por finalidade apresentar um procedimento para determinar o custo de aquisição total, que considera uma composição do custo logístico, o custo de aquisição parcial, que só considera o custo de transporte (frete) buscando relacioná-los com a distância entre o produtor (usina) e o consumidor (base de distribuição). O procedimento será aplicado no segmento da cadeia de suprimentos que interliga as usinas as bases de distribuição. Pretende-se verificar se a distância, uma variável de fácil obtenção, é um bom estimador do custo logístico.

A partir desta introdução, apresenta-se o referencial teórico sobre o tema (2ª seção). Na

3ª seção, apresenta-se o procedimento utilizado. Os resultados obtidos na aplicação serão analisados na 4ª seção. Por último, na 5ª seção, serão apresentadas as considerações finais e a sugestão de estudos futuros.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesta seção, apresenta-se, inicialmente, o referencial conceitual sobre custos logísticos que apóiam a proposição do procedimento a ser empregado na 3ª seção deste trabalho. Em seguida, apresenta-se o referencial bibliográfico sobre o tema em estudo.

### **2.1. Referencial conceitual**

O custo logístico considera todos os custos relacionados às atividades da logística empresarial, que envolve a movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável (Ballou, 2010).

As atividades da logística empresarial se dividem em primárias e de apoio. As primárias são: transportes, manutenção de estoques e processamento de pedidos. As de apoio são: armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, obtenção, programação de produtos e manutenção de informação (Ballou, 2010).

Segundo Pereira (2008), o conceito de custo logístico total é a premissa que sustenta as análises dos custos de todo o macro-processo logístico (suprimento, produção, distribuição), auxiliando o gestor na tomada de decisão.

### **2.2. Referencial bibliográfico**

Com intuito de verificar os componentes dos custos logísticos utilizados em trabalhos com a mesma abordagem deste artigo, realizou-se uma breve revisão bibliográfica nacional e internacional, da qual foram selecionados nove trabalhos, sendo três nacionais (Tabela 1).

Dentre os 9 trabalhos, o custo com transporte está presente em todos os modelos consultados. As demais parcelas variaram de acordo com o nível de detalhamento e necessidade da aplicação. Pode-se verificar 18 diferentes componentes do custo logístico nos trabalhos, o que pode auxiliar a ratificar as possíveis parcelas de custos a serem consideradas.

Devido às diferentes parcelas do custo logístico consideradas pelos autores na revisão bibliográfica, a análise da cadeia de valor poderá auxiliar o levantamento dessas parcelas por percorrer detalhadamente os custos do produtor ao consumidor. Segundo Porter (1985), uma cadeia de valor representa o conjunto de atividades desempenhadas por uma organização desde as relações iniciais da cadeia de suprimentos até a fase final de consumo. A representação do custo logístico em relação ao custo total pode variar de acordo com o valor da mercadoria ou serviço, logo, as parcelas relevantes, que vão auxiliar a tomada de decisão, podem ser identificadas pela sua importância no custo total (Ballou, 2006). As atividades logísticas agregam valor aos produtos ou serviços, o que evidencia a necessidade de uma análise de *trade-offs* entre os custos e o nível de serviço oferecido aos clientes, uma vez que os custos poderão não ser os únicos atributos relevantes para a tomada de decisão.

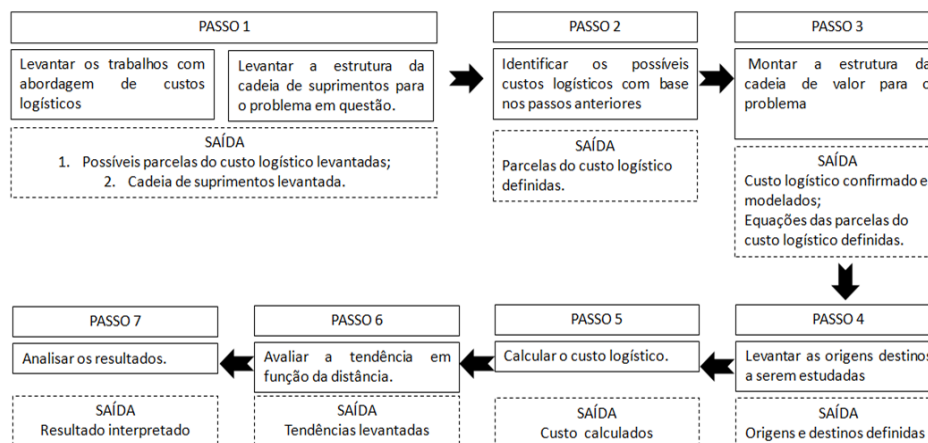
**Tabela 1:** Seleção de estudos relacionados a composição do custo logístico.

Autor	Local	Objeto da pesquisa	Parcelas do custo logístico	Custo total
Ângelo, 2005	Brasil	Levantar os custos logísticos de transferências de produtos, com enfoque nos custos de transportes. Foi realizada uma aplicação para o transporte de soja no Brasil.	$C_{trans}, C_{seg}, C_{perda}, C_{ICMS}, C_{armaz}, C_{est. trans} e C_{transb}$	$C_{trans} + v_a * Al_{modo} + v_a * I_{modo} + C_{ICMS} + C_{armaz} + i_{ic} * v_a * (t_{transp} + t_{transb}) + C_{transb}$ Variáveis: $v_a$ : valor agregado do produto; $Al_{modo}$ : Alíquota referente ao seguro (diferente para cada modo); $I_{modo}$ : índice de perda (diferente para cada modo); $i_{ic}$ : taxa de imobilização de capital; $t_{transp}$ : tempo de transporte; $t_{transb}$ : tempo de transbordo.
Jong & Ben-Akiva, 2007	Noruega e Suécia	Desenvolvimento de um modelo de logística e sua aplicação no sistema nacional de carga da Noruega e Suécia, definindo o tamanho da carga e a cadeia de transportes, levando em conta o custo total logístico.	$C_{pedido}, C_{trans}, C_{perda}, C_{est. trans}, C_{armaz}, C_{est} e C_{est seg}$	$cu_{pedido} * (\frac{Q}{q}) + C_{trans} + i_d * j * g * v_c * Q + i_d * t_{trans} * v_c * Q / 365 + w_{armz} * \frac{q}{2} + i_d * v_c * \frac{q}{2} + (w_{armz} + i_d * v_c) * a * (LT * \sigma_Q^2 + Q^2 * \sigma_{LT}^2)^{1/2}$ ; onde: $q = \sqrt{\frac{cu_{pedido} * Q * 2}{w_{armz} + i_d * v_c}}$ Variáveis: $cu_{pedido}$ : custo unitário por pedido; $Q$ : demanda anual (ton/ano); $q$ : tamanho médio do lote (econômico); $i_d$ : taxa de desconto anual; $j$ : fração da carga que é perdida; $g$ : tempo médio para coletar o crédito (anos); $v_c$ : valor do bem que é transportado (por ton); $t_{trans}$ : tempo médio de viagem; $w_{armz}$ : custo anual unitário da armazenagem; $a$ : constante; $LT$ : lead-time; $\sigma_{LT}$ : desvio padrão do lead-time; $\sigma_Q$ : desvio padrão da demanda.
Baumol and Vinod, 1970	EUA	Buscar um modelo para a escolha do modo de transporte, considerando o estoque.	$C_{trans}, C_{est. trans}, C_{pedido}, C_{est} e C_{est seg}$	$cu_{trans} * Q + i_d * t_{transp} * Q + cu_{pedido} * \frac{1}{s} + w_{est} * s * \frac{Q}{2} + w_{est} * k * ((s + t_{transp}) * Q) / 12$ ; onde $s = 2 * awest * Q$ Variáveis: $cu_{trans}$ : custo unitário do transporte; $Q$ : demanda anual; $i_d$ : taxa de desconto anual; $t_{transp}$ : tempo médio de viagem; $s$ : intervalo entre os carregamentos; $w_{est}$ : custo unitário do estoque.
Wang, 2008	Bélgica	Buscar um modelo de escolha modal baseado no custo total logístico.	$C_{trans}, C_{est}, C_{est. trans} e C_{est seg}$ Obs.: A unidade do custo total é dada Euro/un.	$C_{trans} + (\frac{1}{R} * \frac{Q}{2} * v_c * i_{d-w}) + (LT * v_c * \frac{i_d-t}{365}) + (\frac{1}{R} * v_c * i_{d-w} * K * \sqrt{(LT * \sigma_Q^2 + Q^2 * \sigma_{LT}^2)})$ Variáveis: $R$ : demanda anual (un); $Q$ : capacidade de carga (un); $v_c$ : valor da carga (Euro/un); $i_{d-w}$ : taxa de desconto para o estoque (%/ano); $LT$ : lead-time médio (dias); $i_{d-t}$ : taxa de desconto para o estoque em trânsito (%/ano); $K$ : constante (fator de segurança); $\sigma_Q$ : desvio padrão da demanda ( $\frac{un}{\sqrt{dia}}$ ); $\sigma_{LT}$ : desvio padrão do lead-time (dias).
Vernimmen, et al, 2008	Bélgica	Buscar um modelo de escolha modal baseado no custo total logístico, buscando a melhor distribuição aleatória para a demanda.	$C_{pedido}, C_{trans}, C_{est}, C_{est. trans} e C_{est seg}$ Obs.: A unidade do custo total é dada Euro/un.	$C_{pedido} + C_{trans} + (\frac{1}{R} * \frac{Q}{2} * v_c * i_d) + (LT * v_c * \frac{i_d}{365}) + (\frac{1}{R} * v_c * i_d * K * \sqrt{(LT * \sigma_Q^2 + Q^2 * \sigma_{LT}^2)})$ Variáveis: $R$ : demanda anual (un); $Q$ : capacidade de carga (un); $v_c$ : valor da carga (Euro/un); $i_d$ : taxa de desconto (%/ano); $LT$ : lead-time médio (dias); $K$ : constante (fator de segurança); $\sigma_Q$ : desvio padrão da demanda ( $\frac{un}{\sqrt{dia}}$ ); $\sigma_{LT}$ : desvio padrão do lead-time (dias).

Autor	Local	Objeto da pesquisa	Parcelas do custo logístico	Custo total
Castro <i>et al</i> , 1999	Brasil	Estimar um modelo de comércio interestadual como base para quantificar a demanda derivada por transporte e avaliar o impacto dos custos logísticos de abastecimento e distribuição na estrutura espacial do comércio interestadual brasileiro.	$C_{trans}$ , $C_{est. trans}$ , $C_{est}$ , $C_{est seg.}$	$cu_{trans} * Q + i_d * t_{transp} * Q + C_{est} + C_{est seg}$ <p>Nessa análise, o nível médio de estoques e o estoque de segurança para cada mercadoria são calculados como uma função linear do tempo de trânsito do modal. É ainda estabelecido que o desvio padrão do tempo de trânsito também é proporcional ao tempo de trânsito. Os custos de estoques resultantes para cada modo é calculado e adicionado aos custos tarifários, perfazendo os custos logísticos totais.</p>
Produto: diversos (fluxo de comércio)				Variáveis: $cu_{trans}$ : custo unitário do transporte; Q: demanda anual; $i_d$ : taxa de desconto; $t_{transp}$ : tempo médio em trânsito.
Passoni, 2010	Brasil	Abordar o impacto do Imposto sobre as Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte e de Comunicação (ICMS) sobre os fretes, de forma a alterar a composição do valor final dos serviços de transporte rodoviários, para diferentes produtos e rotas	$C_{trans}$ , $C_{ICMS}$	$\frac{C_{transp}}{(1 - Al_{ICMS})}$ <p>Variáveis: <math>Al_{ICMS}</math>: alíquota de ICMS.</p>
Produto: Alcool hidratado, soja e carne bovina				
Cohen e Moon, 1987 apud Freitas, 2004	Não informa do	Avaliar a influência das economias de escala na configuração de um sistema logístico de dois estágios, constituído de fornecedores, plantas, centro de distribuição e consumidores.	$CF_{produção}$ , $CV_{produção}$ , $CF_{abert}$ , $C_{manuseio}$ , $C_{trans}$ , $CD$	$C_{transp} + CF_{produção} + CV_{produção} * Q + C_{transf} + CF_{abert} CD + C_{manuseio} * Q$
Produto: Multiproduto, não foram especificados.				Variáveis: Q: quantidade de produtos. Obs.: Como é uma configuração a equação acima pode ser dividida em vários estágios da cadeia de suprimentos.
Dogan <i>et al</i> , 1999 apud Freitas 2004	EUA	Modelagem de rede logística com objetivo de minimizar o custo total logístico, considerando fornecedores, fabricantes e consumidores.	$C_{suprimento}$ , $CF_{instal}$ , $CEA_{origem}$ , $CES_{destino}$ , $C_{transp}$ , $C_{prod}$ , $C_{armaz}$ , $C_{trans}$	$c_{mp} * Q_{mp} + (CF_{prod} + CV_{prod} * Q) + CF_{instal} + C_{armaz} + cea_{origem} * Q_{origem} + ces_{destino} * Q_{destino} + r * v_p * t_{transp} * Q + C_{transp}$ <p>Variáveis: <math>Q_{mp}</math>: quantidade de matéria-prima; Q: quantidade de produtos; <math>cea_{origem}</math>: custo de estoque nos armazéns de origem; <math>ces_{destino}</math>: custo de estoque no destino; <math>Q_{destino}</math>: quantidade de produto estocado no destino; r: custo de estoque em percentual do valor do produto; <math>v_p</math>: valor do produto; <math>t_{transp}</math>: tempo em trânsito.</p>
Produto: Multiproduto, não foram especificados.				
Variáveis da parcela do custo logístico: $C_{trans}$ : custo de transporte; $C_{est. trans}$ : custo do estoque em trânsito; $C_{est}$ : custo do estoque; $C_{est seg}$ : custo do estoque de segurança; $C_{ICMS}$ : custo com ICMS; $C_{armaz}$ : custo de armazenagem; $C_{transb}$ : custo com transbordo; $C_{pedido}$ : custo com processamento de pedido; $C_{est seg}$ : custo de estoque de segurança; $CF_{produção}$ : custo fixo de produção; $CV_{produção}$ : custo variável de produção; $CF_{abert} CD$ : custo referente a abertura de um centro de distribuição; $C_{manuseio}$ : custo com manuseio; $C_{suprimento}$ : custo com suprimento; $C_{prod}$ : custo com produção; $CF_{inst}$ : custo fixo de instalação; $CEA_{origem}$ : custo de estoque na origem; $CES_{destino}$ : custo de estoque no destino. Algumas variáveis foram detalhadas na tabela, porém nem todas foram detalhadas nos artigos consultados.				

### 3. PROCEDIMENTO, MÉTODOS E DADOS

A Figura 2 apresenta o procedimento a ser empregado na modelagem do custo logístico e como o custo de aquisição (total ou parcial) do produto pelo consumidor se relaciona a distância do fornecedor.

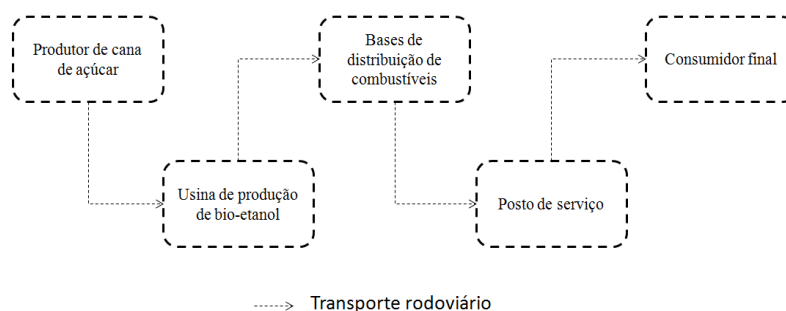


**Figura 1:** Procedimento proposto.

#### 3.1. Passo 1 - Cadeia de suprimentos do bio-etanol

Como pode ser observado na Figura 1, o Passo 1 do procedimento proposto se divide em duas atividades simultâneas, uma das quais – levantar os trabalhos com abordagem de custos logísticos – foi iniciada no item 2.2 deste trabalho e já identificou as possíveis parcelas do custo logístico que poderiam ser consideradas nesta aplicação.

A Figura 2 apresenta a estrutura simplificada da cadeia de suprimentos do bio-etanol no Brasil (D’Agosto e Ribeiro, 2009).



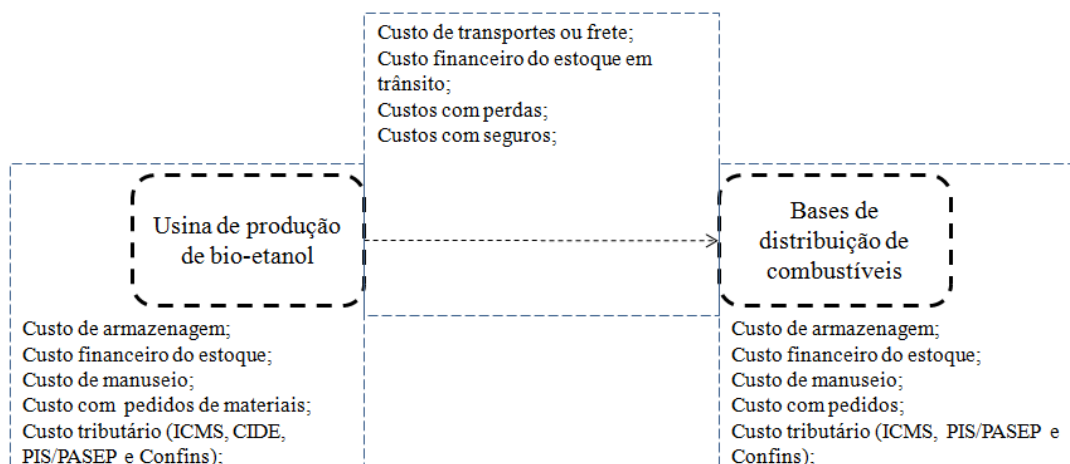
Fonte: Elaboração própria a partir de D’Agosto e Ribeiro (2009).

**Figura 2:** Cadeia de suprimentos simplificada do bio-etanol no Brasil.

A cadeia de suprimento do bio-etanol considera a aquisição de matéria prima (cana de açúcar) para a produção deste combustível. No entanto, para esta aplicação não foi utilizada toda a cadeia de suprimentos e a modelagem ocorreu de forma parcial, englobando os custos que incorrem no segmento que considera as usinas de produção de bio-etanol (fornecedor) e as bases de distribuição de combustíveis (consumidor). Esta escolha se deu pelo fato desta aplicação se limitar a parte da cadeia de suprimento que efetivamente considera a movimentação de bio-etanol.

### 3.2. Passo 2 - Identificação dos componentes do custo logístico

Com base na revisão bibliográfica realizada foram levantadas as possíveis parcelas do custo logístico, apresentadas na Figura 3, para parte da cadeia de suprimentos considerada.



**Figura 3:** Custo logístico em parte da cadeia de suprimentos do bio-etanol.

No presente trabalho, será levantado, para efeito de comparação, o custo de aquisição para o produto no momento em que chega às bases de distribuição, ou seja, sem agregar as parcelas do custo logístico que incorrem na atividade das bases de distribuição. Com isso se busca avaliar as opções de aquisição de bio-etanol pelas bases.

### 3.3. Passo 3 - Estrutura da cadeia de valor para o bio-etanol

A Tabela 2 mostra os detalhes da estrutura da cadeia de valor do bio-etanol da usina até a base de distribuição, elaborado de acordo com os itens de custo levantados no item anterior e com a estrutura de formação de preços de combustíveis sugerida em ANP (2010).

A incidência de impostos varia de acordo com o produto, modo de transporte, localidade, atividade e especialidade da empresa e trajeto do transporte (Ângelo, 2005). Os impostos considerados na estrutura da cadeia de valor dos combustíveis são ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), PIS/PASEP (Programa de Integração Social) e Cofins (Contribuição para Financiamento da Seguridade Social) e CIDE (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico). Para o caso do bio-etanol não ocorre incidência de CIDE.

O ICMS é regulamentado pela Lei Complementar 87/1996 (a chamada “Lei Kandir”), alterada posteriormente pelas Leis Complementares 92/97, 99/99 e 102/2000. Para a prestação de serviço de transporte, a legislação brasileira (Art.2º da LC 87/96 alterada pela LC 102/00) determina que o ICMS incida sobre “Prestações de serviço de transporte interestadual e intermunicipal, por qualquer via, de pessoas, bens, mercadorias ou valores”. As alíquotas de ICMS são diferenciadas para os estados e devem ser verificadas para cada caso.

**Tabela 2:** Estrutura da cadeia de valor para o bio-etanol.

Custos	Detalhes	Custos	Detalhes
A. Custo com armazenagem	(1)	I. ICMS produtor	(4); $I = [(H/(1 - ICMS\%))] - H$
B. Custo financeiro do estoque		J. Preço de faturamento do produtor com ICMS	$J = I + H$
C. Custo de manuseio		L. Custo de transporte (frete até a base de distribuição)	(5)
D. Custo com pedidos de matéria-prima		M. Custo financeiro do estoque em trânsito	$Q \cdot t \cdot i$
E. Custo de realização ou fabricação		N. Custo com perdas	(6)
F. Custo com contribuição de Intervenção no Domínio Econômico = Cide	(2)	O. Custos com seguros	(6)
G. PIS/PASEP e Cofins	(3)	P. Custo de aquisição das bases de distribuição	$P = J + L + M + N + O$
H. Preço de faturamento sem ICMS	$H = A + B + C + D + E + F + G$	Variáveis: Q: quantidade de produto em trânsito; t: tempo de deslocamento; i: taxa mínima de atratividade.	

Notas: (1) Foi cotado o preço médio para a safra 2009/2010 de acordo com os banco de dados da ESALQ (2010) que foi igual a R\$ 0,834/litro.

(2) Lei nº 10.336, de 12/12/01 e suas alterações, combinada com o Decreto nº 5.060, de 30/04/04 e suas alterações.

(3) Lei nº 11.727, de 23/06/08 e suas alterações combinada com o Decreto nº 6.573, de 19/09/08 e suas alterações

(4) Alíquotas estabelecidas pelos governos estaduais.

(5) Foi utilizado o banco de dados da SIFRECA referente ao mês de maio de 2010.

(6) Foi considerado no presente trabalho que estes custos estão presentes no valor do frete.

### 3.4. Passo 4 - Origens e destinos a serem estudados

A cadeia de suprimentos é composta de 522 produtores de bio-etanol (usinas) e 508 bases de distribuição de combustíveis (ANP, 2010). Para a aplicação e avaliação dos custos logísticos foram utilizados os mesmos pares de consumidor e fornecedor que constam no banco de dados da SIFRECA (2011) para o mês de maio de 2011. O uso dos mesmos pares se deu pelo fato da disponibilidade dos valores dos custos de transporte (frete até a base de distribuição).

Do total de 522 usinas existentes no Brasil, os oito estados selecionados como origem possuem um total de 458, representando 88% do total. A maior quantidade pares de fornecedor e consumidor está dentro do estado de São Paulo, que possui 283 usinas, representando 54% das usinas e o maior consumo de bio-etanol do Brasil (ANP, 2010).

### 3.5. Passo 5 - Cálculo dos custos logísticos

O custo de transporte (frete) é a parcela do custo logístico considerada em todas as referências da Tabela 1. Logo, tentou-se realizar uma comparação entre custo de aquisição do bio-etanol pelas bases de distribuição para duas situações. Para primeira situação (composição A) considerou-se apenas o frete como parcela do custo logístico e para a segunda situação (composição B) considerou-se a totalidade das parcelas levantadas. Cabe ressaltar que os custos com: armazenagem, despesas financeira de estoque, manuseio e pedidos estão incluídos na cotação do preço na usina de bio-etanol para as duas composições.

A Tabela 3 mostra os valores médios, considerando todos os pares de fornecedor e

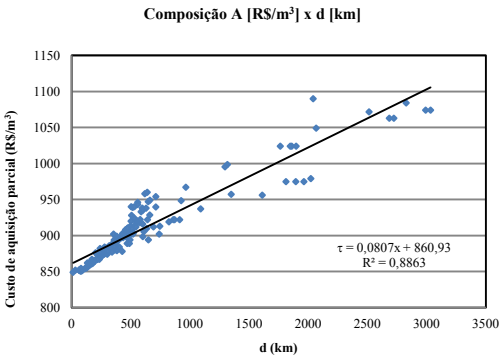
consumidor, encontrados para as parcelas do custo logístico. Verifica-se que o frete representa 6,87% do total. O ICMS possui alíquotas diferentes em função da localização das origens e destinos o que pode influenciar o planejamento estratégico, pois este custo, em média, apresentou-se maior do que o de transportes.

**Tabela 3: Parcelas do custo levantadas no estudo.**

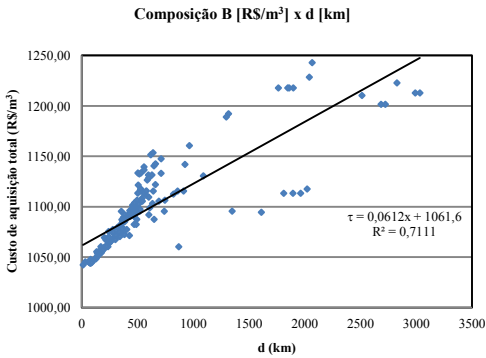
Parcelas	Valores R\$/m <sup>3</sup>	médios % em relação ao total
Preço de venda do bio-etanol pela usina	834,00	75,93%
Cide	0,00	0,00%
PIS/PASEP e Confins	70,06	6,38%
ICMS do produtor	118,73	10,81%
Frete	75,45	6,87%
Estoque em trânsito	0,13	0,01%
Preço final	1.098,36	100%

### 3.6. Passo 8 - Avaliação da tendência em função da distância

Como se pretende verificar se a distância, uma variável de fácil obtenção, é um bom estimador do custo logístico, foi avaliado o comportamento do custo de aquisição do bio-etanol pelas bases de distribuição para as composições A e B em função da distância, determinando um valor esperado para as duas composições. As Figuras 4 e 5 mostram as curvas de tendência para os custos de aquisição do bio-etanol pelas bases em função da distância entre os fornecedores e consumidores. A Tabela 5 mostra a análise estatística das regressões lineares para as duas situações.



**Figura 4:** Custo de aquisição parcial pelas bases para a composição A.



**Figura 5:** Custo de aquisição total pelas bases para a composição B.

**Tabela 5:** Análise estatística das regressões das combinações.

	Composição A				Composição B			
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Constante	860,93	1,90	453,93	$2,04 \cdot 10^{-261}$	1061,55	2,56	414,42	$8,91 \cdot 10^{-255}$
Distância	0,08	0,00	36,19	$3,10 \cdot 10^{-81}$	0,0612	0,0030	20,33	$3,72 \cdot 10^{-47}$
R <sup>2</sup>			0,89				0,71	
Pontos			170				170	

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dos resultados obtidos no item anterior verifica-se que coeficiente de correlação ( $R^2$ ) maior do que 0,7 para ambas as situações, o que indica que a distância, neste caso, poderia ser considerada como um bom estimador para os custos de aquisição do bio-etanol. No entanto, para o caso do custo de aquisição total, onde se consideram as parcelas de impostos e custo de estoque em trânsito, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) diminuiu em aproximadamente 20%, indicando que neste caso a distância explica menos a variabilidade dos dados. Esta era uma situação esperada, pois o valor dos impostos, que impactam em 17,19% o valor do custo de aquisição total do bio-etanol pelas bases de distribuição, não apresenta aparente correlação com a distância.

Observa-se na Figura 2 uma maior dispersão da nuvem de pontos do que a observada na Figura 1, onde os impostos e o custo de estoque em trânsito não são considerados como parcela do custo logístico. Em ambos os casos, verifica-se uma maior dispersão nos dados para distâncias maiores do que 500 km. Porém, esta situação parece ser mais acentuada quando se considera o custo total de aquisição, o que indica a necessidade de avaliar com mais cautela os benefícios apresentados na consideração completa dos custos logísticos para a escolha de melhores pares de fornecedor e consumidor. As distâncias maiores do que 500 km ocorrem, na maioria das vezes, em ligações interestaduais onde incide ICMS diferenciado o que pode influenciar na tomada de decisão, podendo levar a um par de fornecedor e consumidor separados por uma maior distância obter um preço final menor do que outro com distância menor.

É fato que uma maior distância entre fornecedor e consumidor implica em maior tempo de deslocamento com aumento do custo de estoque em trânsito, porém, este item de custo representa 0,01% na composição do custo de aquisição total, apresentando influência insignificante se comparado com os impostos e o frete. Não foram explicitamente avaliados os custos de estoque no fornecedor e não se considerou o custo de estoque na base de distribuição que também poderiam ser impactados pelo tempo de deslocamento e poderiam influenciar no processo de decisão quanto a escolha do fornecedor.

No presente trabalho, apenas a distância foi considerada como variável não monetária sendo diretamente proporcional ao frete e ao tempo de deslocamento, determinante do estoque em trânsito. Sendo assim, o melhor coeficiente de determinação encontrado na composição A era esperado. A introdução dos impostos na composição do custo logístico, variável monetária que não apresenta proporcionalidade aparente com a distância e que representa do 17,19% do custo total de aquisição total, impactou o coeficiente de determinação de forma mais que proporcional, promovendo sua redução em 20,22%. Com isso, recomenda-se que a distância, variável usualmente considerada na determinação dos pares de fornecedores e consumidores no planejamento de transporte de carga, não seja a única variável a ser considerada, uma vez que outras variáveis podem impactar na composição dos custos logísticos, sendo relevantes para tomada de decisão na escolha dos melhores pares fornecedor-cliente. O levantamento dos benefícios deverá ser realizado de forma exaustiva, representando exatamente, ou o mais próximo possível, a realidade das opções.

Para a aplicação apresentada neste trabalho foi usado o mesmo preço do produto na usina de bio-etanol para todas as origens, a consideração de diferentes preços poderá modificar a estrutura da cadeia de valor e compensar a distribuição dos pesos dos componentes dos custo

logístico.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES**

O uso do custo logístico para apoiar a tomada de decisão em planejamento estratégico de transporte de carga atribui uma visão sistêmica ao problema, evitando-se tirar conclusões parciais e pode ser considerado como uma melhor opção a consideração exclusivamente da distância ou de custos que se relacionam diretamente distância, como o frete, como variável de impedância em modelos de planejamento de transporte de carga. Foi possível verificar isso numa aplicação simples, onde se comparou custo de aquisição total e o custo de aquisição parcial do bio-etanol pelas bases de distribuição.

Neste sentido, o procedimento apresentado na Figura 1 auxilia a modelagem e o levantamento do custo logístico, do custo total de aquisição e possibilita comparar diferentes composições destes custos e como estas composições se relacionam com a variável usualmente mais frequente no planejamento de transporte de carga – a distância. A ferramenta de análise da cadeia de valor se mostrou útil pelo fato de apresentar detalhadamente o cálculo dos custos, apoiando na identificação das suas parcelas.

Na situação apresentada, foi observado que os impostos representam, em média, 17,19% do custo de aquisição total do bio-etanol pelas bases de distribuição, valor superior que a soma dos custos médios com frete (6,87%) e de estoque em trânsito (0,01%), parcelas proporcionais a distância entre os pares de fornecedor e consumidor. Esta situação torna a distância um estimador limitado do custo de aquisição total do bio-etanol, em particular para distâncias maiores que 500 km.

O levantamento completo dos custos logísticos ainda não é suficiente para fornecer todas as informações para o processo de tomada de decisão, já que é possível existir variáveis não monetárias, qualitativas ou de difícil avaliação que influenciam na tomada de decisão do planejamento estratégico da cadeia de suprimentos deste produto. O completo entendimento do comportamento das variáveis que influenciam na tomada de decisão poderá minimizar o erro de previsões e aproximar o planejamento para a realidade do problema.

O mesmo procedimento aplicado no presente trabalho poderá ser testado na cadeia de suprimentos de outros produtos, realizando as devidas modificações de acordo com suas características específicas.

Como oportunidade para estudos futuros, recomenda-se a elaboração de um estudo mais completo dos atributos não monetários, qualitativos e de difícil mensuração que podem influenciar na tomada de decisão.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ângelo, B. L. Custo Logístico de Transferência de Produtos. Grupo de Estudos Logísticos. Universidade de Santa Catarina. 2005. Disponível em: <[http://www.gelog.ufsc.br/joomla/attachments/047\\_2005-2%20-%20Custo%20Logistico%20de%20Transferencia.pdf](http://www.gelog.ufsc.br/joomla/attachments/047_2005-2%20-%20Custo%20Logistico%20de%20Transferencia.pdf)>;
- ANP, (2010) Informações sobre oferta e demanda de bio-etanol hidratado. Anuário Estatístico. Disponível em <[www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)> Acesso em 21/09/2010.
- Ballou, R. H. (2010) Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial. Trad. Elias Pereira – 4ª. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2010a.
- Ballou, R. H. (2006) Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. Trad. Hugo T. Y. Yoshizaki – Porto São Paulo: Atlas, 2006.

- Baumol, W. J., Vinod, H. D. (1970), An Inventory theoretic model of freight transport demand. *Management Science*, Vol. 16, Nr 7.
- Castro, N., Carris, L., Rodrigues, B., (1999). Custos de transportes e a estrutura espacial do comércio interestadual brasileiro. *Pes. Plan. Econ.*, Rio de Janeiro, v. 29, n3, p. 347-400, dez. 1999.
- D'Agosto, M.A., Ribeiro, S.K., 2009. Assessing total and renewable energy in brazilian automotive fuels. A life cycle inventory (LCI) approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 1326–1337.
- Freitas, A. A. de M., Análise crítica do projeto de cadeias de suprimentos: modelagem e estudo de caso. 2004. 146 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.
- Jong, G. and Ben-Akiva, M. (2007). "A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice". *Transportation Research Part B*: 950-965.
- Milanez, A. Y., Nyco, D., Garcia, J. L. F., Xavier, C. E. O., Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. *BNDES Setorial* 31, p. 49-98, 2010. Disponível em [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bndes/set3102.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bndes/set3102.pdf) Acesso em 21/05/2011.
- Passoni, D. C., (2010). O impacto da O impacto da incidência do ICMS sobre os fretes e as consequências no sistema de transporte. Monografia apresentada ao Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.
- Pereira, Gunnar Rauert, Aplicação da Gestão Baseada em Atividades à Distribuição Urbana de Bebidas [Rio de Janeiro] 2008 XX, 230 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia de Transportes, 2007) Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- Porter, M. E. (1989) Vantagem competitiva - criando e sustentando um desempenho superior. Braga, E. M. P. Rio de Janeiro. Ed. Campus.
- SIFRECA, (2011) Cotações fretes de bio-etanol no Brasil. Disponível em <<http://sifreca.esalq.usp.br/sifreca/pt/index.php>> Acesso em 21/05/2011.
- Wang, M. (2008), Uncertain Analysis of Inventory Theoretic Model for Freight Mode Choice. *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*.
- Vernimmen, B., Dullaert, W., Willeme, P., Witlox, F., (2008), Using the inventory-theoretic framework to determine cost-minimizing supply strategies in a stochastic setting. *Int. J. Production Economics* 115: 248– 259.