

**ANÁLISE ENERGÉTICA NA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE MULTIMODAL
DA SOJA**

**ENERGY ANALYSIS IN LOGISTICS MULTIMODAL TRANSPORT OF
SOYBEAN**

**ANÁLISIS DE ENERGÍA EN LA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE
MULTIMODAL DE LA SOJA**

FÁBIO CÉSAR BOVOLENTA ¹
MARCO ANTÔNIO MARTIN BIAGGIONI ²

Recebido em setembro de 2009. Aprovado em setembro de 2009.

¹ Professor do Departamento de Navegação e Logística, FATEC de Jahu e Botucatu. Sede: Rua Frei Galvão, s/nº, Jardim Pedro Ometto, Jahu-SP. E-mail: fabiovoventa@ig.com.br.

² Professor do Departamento de Engenharia Rural, Processamento de Grãos/Construções Rurais, FCA/UNESP-Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. E-mail: biaggioni@fca.unesp.br.

ANÁLISE ENERGÉTICA NA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE MULTIMODAL DA SOJA

RESUMO

O presente trabalho analisa o fluxo energético considerando uma rota atualmente existente para o escoamento de soja da região Centro-Oeste do Brasil, mais precisamente, do município de Rio Verde/GO até o porto de Santos/SP, visto que é um grande polo exportador de grãos sólidos. Foi selecionada uma rota para a análise, contemplando a multimodalidade, ou seja, os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário. Para todos os modais estudados, adotou-se um “fator de equivalência de carga”, deixando cada modalidade de transporte em condições semelhantes de carga transportada. Os fatores físicos envolvidos no processo – tais como equipamentos e máquinas, combustíveis, graxas, lubrificantes, mão de obra e manutenção de vias – foram quantificados e convertidos em unidades energéticas (MJ), por meio de coeficientes energéticos. Os resultados obtidos indicaram maior gasto energético para o modal rodoviário ($0,50 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$), seguido pelo modal ferroviário ($0,42 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$) e, em terceiro, o modal hidroviário ($0,22 \text{ MJ.km}^{-1}.\text{t}^{-1}$).

PALAVRAS-CHAVE: Análise energética. Logística de transportes. Multimodalidade.

ENERGY ANALYSIS IN LOGISTICS MULTIMODAL TRANSPORT OF SOYBEAN

ABSTRACT

This study aimed to analyze the energy flow is currently considering a route exists for the marketing of soybeans in central-western Brazil, more precisely, of Rio Verde/GO to the port of Santos/SP, since it is a great an exporter of bulk cargoes. A route was selected for analysis, comprising multimodality, i.e., road, rail and waterway. For all modes studied, we adopted an "equivalence factor loading, leaving each mode of transport under similar loads. Physical factors involved in the process - such as equipment and machinery, fuel, grease, oil, labor and maintenance of roads - were quantified and converted into energy units (MJ), through energy coefficients. The results showed higher energy expenditure for the road transportation (0.50 MJ.km-1.t-1), followed by modal rail (0.42 MJ.km-1.t-1) and, thirdly, the modal waterway (0.22 MJ.km-1.t-1).

KEYWORDS: Energy analysis. Logistics transport. Multimodality.

ANÁLISIS DE ENERGÍA EN LA LOGÍSTICA DE TRANSPORTE MULTIMODAL DE LA SOJA

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo analizar el flujo energético que considera una ruta existente para el drenaje de la soja del centro-oeste de la región del Brasil, más necesariamente, de la ciudad de Río Verde/GO hasta el puerto de Santos/SP, puesto que, es una gran región polar exportadora de graneros sólidos. Una ruta para el análisis fue seleccionada, contemplando la multimodalidad, o sea, modales terrestre, ferroviario e hidroviario. Los resultados obtenidos indicaron mayor gasto energético para el modal terrestre (0.50 MJ.km-1.t-1), seguido por el ferroviario (0.42 MJ.km-1.t-1) y, por último, el hidroviario (0.22 MJ.km-1.t-1).

PALABRAS CLAVES: Análisis de energía. Logística de transportes. Multimodalidad.

1 INTRODUÇÃO

Muito se tem pesquisado sobre os sistemas produtivos brasileiros, desde a unidade de produção rural e seus fornecedores de insumos até a distribuição de produto para os compradores finais de alimentos. Tem-se presenciado um progresso muito significativo no desenvolvimento e disseminação de novas técnicas de produção, assim como a redução de custos dentro das unidades agrícolas.

Observa-se, no entanto, que as *commodities* perdem competitividade ao longo de sua cadeia agroindustrial, principalmente no que se refere ao escoamento, até os portos exportadores.

Hoje, como parte integrante da logística das empresas e pelo próprio governo brasileiro, está o estudo e a busca pela diminuição do chamado “custo Brasil”. Esse que, por sua vez, está formado por itens como impostos, estradas (rodoviárias e ferroviárias), sistemas de armazenagem, transportes hidroviários (fluviais e de cabotagem), sistemas portuários e encargos de mão de obra.

Para Caixeta Filho e Gameiro (2001), a multimodalidade tem uma importância muito grande para o desenvolvimento das nações, principalmente quando se pensa em discutir seus sistemas internos de

transporte, com vista fundamentalmente em sua colocação no processo de globalização.

Cada modalidade de transporte – rodoviário, hidroviário e ferroviário – oferece uma série de vantagens e desvantagens para a movimentação de cargas, em particular os grãos. O transporte rodoviário apresenta mais flexibilidade de rotas em relação aos outros, porém com fretes maiores. Já os transportes hidroviário e ferroviário são caracterizados pela movimentação de cargas com baixo valor agregado e alto peso específico e fretes menores.

Bravin (2001), analisando o transporte multimodal na região da hidrovia Tietê-Paraná, adotou como ponto de partida, de uma rota multimodal, o município de Rio Verde/GO. A escolha deste não somente foi por estar em meio a um grande centro produtor de grãos, mas para possibilitar a análise de multimodalidade em um local que representa, hoje, um polo regional de desenvolvimento econômico-social, baseado na atividade agrícola, principalmente o cultivo da soja.

No modelo logístico de análise de transporte apresentado por Bravin (2001), foi utilizado um modelo multimodal, composto por rodovia, hidrovia e ferrovia (rodo-hidro-ferroviário). Embarcou-se 2.400 toneladas de soja, que seguiram em

caminhões de Rio Verde/GO até o terminal de São Simão/GO, num total de 165 km. A partir daí, o transporte por hidrovia, percorrendo uma distância total de 650 km, até Pederneiras/SP.

Este percurso também passa pelo canal de Pereira Barreto/SP e segue pelas barragens de Nova Avanhandava/SP, Promissão/SP, Ibitinga/SP e Bariri/SP para finalizar a rota hidroviária no terminal intermodal de Pederneiras/SP, onde é realizado o transbordo para vagões ferroviários graneleiros, os quais percorrem mais 490 km até Santos/SP, o seu destino final. O valor total do deslocamento foi de 19,00 US\$.t⁻¹.

A abordagem dos aspectos econômicos dos dois modelos podem apresentar interfaces relevantes, para que o estudo deste trabalho se torne mais completo e abrangente. Assim, tendo em vista a importância que o transporte de grãos representa para o agronegócio, o presente trabalho tem por objetivo realizar a análise energética de uma rota de escoamento da soja da região centro-oeste do Brasil, contemplando a multimodalidade, ou seja, os modais rodoviário, hidroviário e ferroviário.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo iniciou-se com a delimitação dos modais e equipamentos

envolvidos no transporte e movimentação de grãos, seguido pela definição dos fatores físicos envolvidos no trajeto e, logo após, a obtenção dos coeficientes energéticos.

Para cada modal estudado, adotou-se um “fator de equivalência de carga”, deixando cada modalidade de transporte em condições semelhantes de carga transportada.

2.1 Delimitação dos modais de transporte

a) Modal rodoviário

O transporte de Rio Verde/GO a São Simão/GO foi feito por modal rodoviário com uma distância de 165 km (BRAVIN, 2001).

Foi utilizado como padrão de transporte o bitrem graneleiro tracionado por um cavalo mecânico, com tara de 9,5 t, e dois semi-reboques, com tara de 10,7 t. A vida útil do veículo é de 10 anos com um consumo médio de 2,53 km.L⁻¹ de óleo diesel. Utiliza 26 pneus e dois pneus reservas com massa aproximada de 58 kg por pneu. Tem capacidade para transportar 38,5 t de carga líquida (SCANIA, 2006; GRUPO HUBNER, 2006; GOODYEAR, 2006; PAVAN, 2005).

O tempo aproximado do transporte é de 2 h 20 min. (BRAVIN, 2001), e o “fator de equivalência de carga” é de

146,5, isto é, são necessários 146,5 veículos para que seja atingida a carga de referência estipulada neste trabalho.

O transbordo para as barcas, no terminal hidroviário de São Simão/GO, tem um fluxo operacional de 500 t.h⁻¹ (DALCOL, 2006).

Foram utilizados dois tombadores hidráulicos, com 32 t de massa cada, vida útil de 10 anos e dotados de um motor elétrico de 50 HP. Para o transporte horizontal, foi utilizada uma correia transportadora com 20 t de massa, vida útil de 10 anos e com motor elétrico de 75 HP (SAUR, 2006; DALCOL, 2006; TECNOMOAGEIRA, 2006; COPABO, 2006).

b) Modal hidroviário

O transporte feito por hidrovia percorre uma distância de 650 km (BRAVIN, 2001). Foi utilizado um empurrador medindo 17 m de comprimento, boca de 7 m, pontal de 2,5 m, calado de 1,7 m, potência total de 900 HP, massa de 100 t e vida útil de 30 anos. Completaram o comboio quatro barcas com 60 m de comprimento, 11 m de boca, 3 m de pontal, 2,9 m de calado, massa de 1.200 t (300 t cada chata) e vida útil de 30 anos. A capacidade total é de 5.640 t de carga líquida (1.410 t por chata) e o consumo médio de óleo diesel do comboio

hidroviário é de 0,18 L.HP⁻¹.h⁻¹ (BRAVIN, 2001; TAKAHASHI, 2006).

Ao longo da hidrovia, há 12 transposições por eclusas (Nova Avanhandava/SP, Promissão/SP, Ibitinga/SP e Bariri /SP), feita por um operador por eclusa. Cada uma delas possui dois portões hidráulicos: a) um a montante tipo esporão (duas folhas) com dois motores elétricos de 15 HP cada um, 115 t de massa total, composto de material aço carbono, vida útil de 30 anos e tempo de operação de 3 minutos; b) outro portão, a jusante, é do tipo vagão (uma folha) com um motor elétrico de 75 HP, 115 t de massa total, composto de material aço carbono, vida útil de 30 anos e tempo de operação de 3 minutos (AES TIETÊ, 2006).

O tempo aproximado total de viagem, de São Simão/GO a Pederneiras/SP, é de 96 horas (TAKAHASHI, 2006).

O “fator de equivalência” de carga é de 1,0 (carga de referência).

No terminal hidroviário de Pederneiras/SP, o transbordo do comboio fluvial para o comboio ferroviário, tem um fluxo operacional de 450 t.h⁻¹ (DALCOL, 2006). Foi feito por três sugadores pneumáticos de massa 100 kg cada um, vida útil de 10 anos, dotados de motores elétricos de 360 HP cada um; uma correia transportadora de massa 20 t, vida útil de

10 anos e um motor elétrico de 75 HP (DALCOL, 2006).

c) Modal ferroviário

O transporte de Pederneiras/SP até Santos/SP, feito por ferrovia, percorre 560 km de distância (DALCOL, 2006).

Foi realizado por quatro locomotivas com consumo médio de óleo diesel de 7 L.km^{-1} . O comboio ferroviário se completa com 50 vagões graneleiros (Figura 11), com capacidade total de 3.500 t (70 t por vagão), uma tara de 1.500 t e vida útil de 30 anos (DALCOL, 2006; COLENCI, 2006).

O “fator de equivalência” de carga obtido foi de 1,61.

O tempo aproximado até Santos é de 48 horas (DALCOL, 2006). A descarga do comboio ferroviário tem fluxo operacional de 750 t.h^{-1} (PINCELLI, 2006).

Foi realizado por uma correia transportadora de massa 20 t, cuja vida útil é de 10 anos, com motor de 100 HP, uma correia elevadora de massa 30 t, com vida útil de 10 anos, com motor elétrico de 75 HP (PINCELLI, 2006).

2.2 Fatores físicos envolvidos no trajeto

De Rio Verde/GO a São Simão/GO, são necessários um motorista ,

um ajudante, um bitrem graneleiro e 28 pneus (PAVAN, 2005).

Em São Simão/GO, 18 operadores trabalham no transbordo e são utilizados dois tombadores hidráulicos e uma correia transportadora (DALCOL, 2006).

Pela hidrovia, encontram-se nove tripulantes do comboio hidroviário, um empurrador, quatro barcaças graneleiras, 12 transposições por eclusas e quatro operadores de eclusa (DALCOL, 2006; TAKAHASHI, 2006).

Em Pederneiras, são necessários 12 operadores no transbordo, três sugadores pneumáticos, uma correia transportadora. Pela ferrovia, operam as quatro locomotivas e 50 vagões, dois tripulantes do comboio ferroviário (um maquinista e um ajudante) (DALCOL, 2006).

Em Santos, na descarga, são necessários 10 operadores, uma correia transportadora e uma correia elevadora (DALCOL, 2006; TAKAHASHI, 2006; ALEXANDRINO, 2006).

2.3. Conversão dos fatores físicos em energéticos

A partir desse ponto, converteu-se as diversas formas físicas encontradas em unidades energéticas (MJ). Assim sendo, converteu-se a energia das máquinas elétricas, respectivos consumos de combustível, lubrificantes e graxas, além

da quantificação da mão de obra utilizada, por operação, energia indireta de máquinas e equipamentos e energia indireta de manutenção de vias.

2.3.1 Energia do tipo direta de fonte industrial sob a forma elétrica:

Neste item, discrimina-se a obtenção dos conteúdos energéticos dos equipamentos elétricos utilizados no sistema. Os equipamentos utilizados para os cálculos foram: tombador hidráulico, Correia transportadora, Correia elevadora, Sugador pneumático e Eclusa. A conversão foi feita através da Equação 1:

$$EDIE = 0,745.3,6.P.T.F.Ne \quad (1)$$

Onde:

EDIE = energia do tipo direta de fonte industrial sob a forma elétrica (MJ);

P = potência (HP);

T = tempo de utilização (h);

F = fator de equivalência de carga;

Ne = número de equipamentos.

2.3.2 Energia do tipo direta de fonte fóssil sob a forma de combustíveis e lubrificantes:

Neste item, há a conversão dos consumos totais de combustíveis e lubrificantes. Para a obtenção dos

conteúdos energéticos, foi utilizado o fator 1,14 que corresponde a 14% do gasto energético utilizado para a produção do óleo diesel, óleo lubrificante e graxa. Os coeficientes energéticos adotados, conforme Romero (2005), foram: óleo diesel $40,87 \text{ MJ.L}^{-1}$, para o óleo lubrificante $37,75 \text{ MJ.L}^{-1}$ e para graxa $43,37 \text{ MJ.kg}^{-1}$. A conversão foi feita através da Equação 2:

$$EDF = 1,14.CE.CT.F \quad (2)$$

Onde:

EDF = energia do tipo direta de fonte fóssil (MJ);

CE = coeficiente energético (MJ.L^{-1});

CT = consumo total (L);

F = fator de equivalência de carga.

Os combustíveis e lubrificantes utilizados para os cálculos foram:

- Bitrem: óleo diesel; óleo lubrificante (0,9% do consumo de óleo diesel) e graxa (6,31% do consumo de óleo lubrificante).

Algumas questões devem ser observadas: a densidade da graxa foi considerada como sendo de $0,88 \text{ t.m}^{-3}$. Os percentuais de consumo do óleo diesel, óleo lubrificante e graxa foram calculados segundo dados fornecidos segundo informação pessoal obtida junto a empresa Risco de transporte terrestre rodoviário do

município de Barra Bonita/SP, (De LUCCA, 2006).

- Comboio hidroviário: óleo diesel e óleo lubrificante (1,8% do consumo de óleo diesel);

O percentual de consumo do óleo lubrificante seguiu os mesmos padrões de consumo dos motores de bitrens, apenas multiplicado por dois, pois em empurradores, são comumente instalados dois motores, e os mesmos, são apenas adaptados às condições de navegabilidade. Também não foi considerado o consumo de graxa, visto que, segundo Takahashi (2006), o valor é desprezível.

- Comboio ferroviário: óleo diesel e óleo lubrificante (0,04% do consumo de óleo diesel);

O percentual de consumo do óleo lubrificante e o desprezo pelo consumo da graxa seguiram as considerações da MRS logística, (EIRAS, 2006).

2.3.3 Energia do tipo direta de fonte biológica sob a forma de mão de obra:

A metodologia adotada para os cálculos do dispêndio energético relativo à mão de obra seguiu Carvalho et al. (1974), citado por Campos (2001), que utilizou um equipamento considerado de boa precisão, o respirômetro, em seus trabalhos. Sendo assim, optou-se por utilizar o valor de 386,40 kJ.h⁻¹ ou 0,3864 MJ.h⁻¹ como

padrão para todas atividades envolvendo mão de obra. A conversão foi feita através da Equação 3:

$$EDBMO = 0,3864.N.T.F \quad (3)$$

Onde:

EDBMO = energia do tipo direta de fonte biológica sob a forma de mão de obra (MJ);

N = número de trabalhadores;

T = tempo de trabalho (h);

F = fator de equivalência de carga;

2.3.4 Energia do tipo indireta de fonte industrial sob a forma de máquinas e equipamentos:

A metodologia adotada para os cálculos da depreciação energética relativa às máquinas e equipamentos seguiu Moreira et al. (2005). Os cálculos de energia indireta embutida foram baseados na massa multiplicada pelos seus respectivos coeficientes energéticos. Isto é multiplicado pelas horas de utilização e em função da vida útil. Para determinação do consumo energético das máquinas e equipamentos foi adotado a Equação 4:

$$EIIME = [(a + b + c + d).VU^{-1}]T.F.Ne \quad (4)$$

$$a = mme.CE \quad (5)$$

b = 5% de “a”;

$$c = np.mp.CE \quad (6)$$

d = 12% de (a + b + c).

Onde:

EIIME = energia indireta industrial de máquinas e equipamentos (MJ);

mme = massa das máquinas e equipamentos (kg);

CE = coeficiente energético de referência (MJ.kg⁻¹), Tabela 1;

np = número de pneus;

mp = massa do pneu (kg);

VU = vida útil (h).

T = tempo de trabalho (h);

F = fator de equivalência de carga;

Ne = número de equipamentos.

A Tabela 1 apresenta os coeficientes energéticos utilizados nas Equações 5 e 6.

Tabela 1. Coeficientes energéticos (MJ.kg⁻¹) correspondentes a cada tipo de material utilizado nas depreciações energéticas de máquinas ou equipamentos.

Bitrem - cavalo mecânico	aço	62,79
Bitrem – semi reboques	aço	62,79
Bitrem – semi reboque	madeira	10,47
Comboio fluvial	aço	62,79
Comboio ferroviário	aço	62,79
Tombador hidráulico	aço	62,79
Sugador pneumático	borracha	85,81
Correia transportadora	aço	62,79
Correia transportadora	borracha	85,81
Correia elevadora	aço	62,79

Moega	aço	62,79
Portão de eclusa	aço	62,79
Pneu	borracha	85,81

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

2.3.5 Energia do tipo indireta de fonte industrial sob a forma de manutenção de rodovias, hidrovias e ferrovias:

A metodologia adotada seguiu Pozo (2002). Para os cálculos, foi utilizada a depreciação monetária considerando o valor residual igual a zero. O valor monetário foi convertido em energia pela "intensidade energética", isto é, a energia consumida no Brasil em 2004 dividida pelo produto interno bruto em 2004.

A energia consumida no Brasil em 2004 foi de 8 trilhões de MJ (BRASIL, 2006), enquanto que o produto interno bruto do Brasil em 2004 foi de 1,767 trilhões de reais (IBGE, 2006).

O custo de implantação dos trechos, rodoviário (941.600 R\$.km⁻¹), hidroviário (72.760 R\$.km⁻¹), e ferroviário (2.996.000 R\$.km⁻¹), seguiu (BORGES, 2006).

Os valores das quantidades de veículos que trafegam por hora seguiram: pela rodovia - 104,17 (MACHADO, 2005), ferrovia – 0,34 (EIRAS, 2006) e hidrovias – 0,083 (AES TIÊTE, 2006).

Assim, a manutenção dos trechos, foi contemplada da seguinte maneira: custo de implantação do trecho, multiplicado

pela sua distância. O resultado obtido dividiu-se pela sua vida útil. Em seguida, este valor foi dividido pela quantidade média de veículos que trafegam por hora pelo trecho. Para finalizar a conversão, multiplicou-se pelo fator de equivalência de carga e pela “intensidade energética”.

$$EIIM = IE.F.\{[(CIT.D)VU^{-1}]Vh^{-1}\} \quad (7)$$

$$IE = ECB.PIB^{-1} \quad (8)$$

Onde:

EIIM = energia indireta industrial de

Manutenção (MJ);

IE = intensidade Energética (MJ.R\$⁻¹);

F = fator de equivalência de carga

(veículos);

ECB = energia consumida no Brasil em

2004 (MJ);

PIB = produto interno bruto do Brasil em

2004 (R\$);

CIT = custo de implantação do trecho

(R\$.km⁻¹);

D = distância do trecho (km);

VU = vida útil (h);

Vh = veículos por hora;

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Modal rodoviário de Rio Verde/GO a São Simão/GO

As demandas de energia, por tipo, fonte e forma, e participações percentuais nas operações de transbordo e transporte rodoviário, de Rio Verde/GO a São Simão/GO, são apresentadas na Tabela 2. Analisando-se os dados, verifica-se uma maior participação de energia do tipo direta (97,66%), representada pela fonte fóssil (98,76%), sob a forma de óleo diesel (99,11%). Tal demanda pode ser explicada pelo alto consumo de combustível (2,53 km.L⁻¹) apresentado pelo bitrem graneleiro, além do fato de necessitar envolver mais de 146 bitrens para transportar a carga estipulada (fator de equivalência).

A participação de energia do tipo indireta (2,34%) foi baixa em relação à direta, sendo resultante do elevado número de máquinas e equipamentos (48,09%), bem como, pela manutenção da rodovia (51,91%).

A participação de energia do tipo direta de fonte elétrica (1,16%), também foi baixa em relação à fonte fóssil, mas, deve-se destacar que esta rubrica representa a energia consumida na operação de transbordo.

A fonte de energia biológica (0,08%), representada pela mão de obra com 2,07 MJ.km⁻¹, apresentou a menor participação. Explica-se por um pequeno dispêndio de energia liberada nas operações de mão de obra, mesmo com

alto fator de equivalência de carga. Romero (2005), pesquisando o consumo de energia pela mão de obra (motorista de caminhão) em atividade de transporte de algodão dentro da propriedade, obteve valor de 2,50 MJ.ha⁻¹.

Tabela 2. Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transbordo e transporte rodoviário de Rio Verde (GO) a São Simão (GO).

TIPO, fonte e forma	(MJ)	(%)
ENERGIA DIRETA	454.796,55	97,66
Elétrica	5294,50	1,16
Tombador hidráulico	3.025,43	57,14
Correia transportadora	2.269,07	42,86
Fóssil	449.159,80	98,76
Óleo diesel	445.172,07	99,11
Lubrificante	3.719,73	0,83
Graxa	268,00	0,06
Biológica	342,25	0,08
Mão de obra	342,25	100,00
ENERGIA INDIRETA	10.881,24	2,34
Industrial	5.231,75	48,09
Bitrem graneleiro	4.420,82	84,50
Tombador hidráulico	608,56	11,63
Correia transportadora	202,37	3,87
Industrial de manutenção	5.649,49	51,91
Rodovia	5.649,49	100,00
TOTAL	465.677,79	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

3.2 Modal hidroviário de São Simão/GO a Pederneiras/SP

As demandas de energia, por tipo, fonte e forma, e participações percentuais nas operações de transbordo e transporte hidroviário, de São Simão/GO a Pederneiras/SP, são representadas pela Tabela 3. Verifica-se, pela análise dos dados a maior participação de energia do tipo direta (94,50%), representada pela fonte fóssil (94,93%), sob a forma de óleo diesel (98,36%). Tal demanda pode ser

explicada pelo alto consumo de combustível (0,042 km.L⁻¹) apresentado pelo comboio hidroviário graneleiro.

A participação de energia do tipo indireta (5,50%) foi baixa em relação à direta. Foi resultante do elevado número de máquinas e equipamentos (78,25%) e pela energia indireta de manutenção da hidrovia (21,75%).

A participação de energia do tipo direta de fonte elétrica (5,02%) também foi baixa em relação à fonte fóssil, mas, deve-se destacar que representa a energia consumida na operação de transbordo.

A fonte de energia biológica (0,05%) possui uma escassa participação. Explica-se por um pequeno dispêndio de energia liberada nas operações de mão de obra, mesmo com alto fator de equivalência de carga.

Tabela 3. Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transbordo e transporte hidroviário de São Simão (GO) a Pederneiras (SP).

TIPO, fonte e forma	(MJ)	(%)
<u>ENERGIA DIRETA</u>	<u>776.021,16</u>	<u>94,50</u>
<u>Elétrica</u>	<u>38.983,28</u>	<u>5,02</u>
Sugador pneumático	36.296,90	93,11
Correia transportadora	2.520,41	6,46
Portão eclusa à jusante	120,69	0,31
Portão eclusa à montante	48,28	0,12
<u>Fóssil</u>	<u>736.645,47</u>	<u>94,93</u>
Óleo diesel	724.595,00	98,36
Lubrificante	12.049,80	1,64
<u>Biológica</u>	<u>392,41</u>	<u>0,05</u>
Mão de obra	392,41	100,00
<u>ENERGIA INDIRETA</u>	<u>45.155,92</u>	<u>5,50</u>
<u>Industrial</u>	<u>35.333,90</u>	<u>78,25</u>
Sugador pneumático	4,33	0,01
Correia transportadora	224,79	0,65
Comboio hidroviário	35.066,06	99,24
Portão eclusa à jusante	19,39	0,05
Portão eclusa à montante	19,39	0,05
<u>Industrial de manutenção</u>	<u>9.822,02</u>	<u>21,75</u>
Hidrovia	9.822,02	100,00
TOTAL	821.177,08	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

3.3 Modal ferroviário de Pederneiras/SP a Santos/SP

As demandas de energia, por tipo, fonte e forma, e participações percentuais nas operações de descarga e transporte ferroviário, de Pederneiras/SP a Santos/SP, são representadas pela Tabela 4. Verifica-se, pela análise dos dados, a maior participação de energia do tipo direta

(88,94%), representada pela fonte fóssil (99,69%), sob a forma de óleo diesel (99,96%). Tal demanda pode ser explicada pelo alto consumo de combustível (0,036 km.L⁻¹) apresentado pelo comboio ferroviário graneleiro, além do fato de necessitar envolver 1,61 comboios para transportar a carga estipulada (fator de equivalência de carga).

Tabela 4. Entrada de energia, por tipo, fonte e forma, em MJ, e participações percentuais na operação de transporte ferroviário e descarga, de Pederneras (SP) a Santos (SP).

TIPO, fonte e forma (MJ)	(%)
<u>ENERGIA DIRETA</u>1.180.232,26	88,94
<u>Elétrica</u>	<u>3.528,90</u>
Correia transportadora	2.016,52
Correia elevadora	1.512,39
<u>Fóssil</u>	<u>1.176.616,39</u>
Óleo diesel	1.176.200,67
Lubrificante	415,72
<u>Biológica</u>	<u>86,97</u>
Mão de obra	86,97
<u>ENERGIA INDIRETA</u>146.770,98	11,06
<u>Industrial</u>	<u>9.824,89</u>
Correia transportadora	134,89
Correia elevadora	190,13
Comboio ferroviário	9.499,879
<u>Industrial de manutenção</u>	<u>136.946,09</u>
Ferrovia	136.946,09
TOTAL	1.327.003,24
	100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2006).

A participação de energia do tipo indireta (11,06%) foi menor em relação à

direta, sendo representada principalmente pela energia embutida na manutenção da ferrovia (93,31%), que tem ao alto custo de implantação.

A participação de energia do tipo direta de fonte elétrica (0,29%) foi baixa em relação à fonte fóssil, mas, deve-se destacar que representa a energia consumida na operação de transbordo.

A fonte de energia biológica (0,02%) possui uma escassa participação. Explica-se por um pequeno dispêndio de energia liberada nas operações de mão de obra, e ao fato de serem poucos operadores na condução do comboio ferroviário.

Deve-se destacar, finalmente, o consumo específico de energia obtido em cada modal, isto é, o gasto de energia por unidade de distância e carga transportada. Nesta análise, o maior consumo específico foi proporcionado pelo modal rodoviário (0,50 MJ.km⁻¹.t⁻¹), seguido pelo modal ferroviário (0,42 MJ.km⁻¹.t⁻¹) e, em terceiro, pelo modal hidroviário (0,22 MJ.km⁻¹.t⁻¹).

4 CONCLUSÃO

O elevado consumo de óleo diesel em todos os sistemas analisados, associado ao maior consumo de energia no modal rodoviário, evidenciou a necessidade de se buscar, além do aumento da participação do modal hidroviário na matriz de

transporte brasileiro, a sustentabilidade do ponto de vista energético, possibilitando a utilização mais racional dos recursos naturais não-renováveis.

5 REFERÊNCIAS

AES.TIETÊ. **Informações sobre eclusas da hidrovia do Tietê e tráfego de comboios hidroviários graneleiros.**

[mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <tiete.faleconosco@aes.com> em 12 set. 2006.

ALEXANDRINO, M. **Informações sobre turnos de trabalho nos terminais do porto de Santos.** . [mensagem pessoal].

Mensagem recebida por <mauri@kbrtec.com.br> em 13 dez. 2006.

BORGES, C. **Informações sobre custo de implantação de rodovias, hidrovias e ferrovias.**

Disponível em: <http://www.cni.org.br/empauta/hidrovia/CESAR_BORGES.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2006.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia.

Balanco energético nacional. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programs=display.do?chn=88258&pag=9292>>. Acesso em: 13 out. 2006.

BRAVIN, L. F. N. **Análise de transporte multimodal na região da hidrovia Tietê-Paraná.** 2001. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CAMPOS, A. T., **Balanco energético relativo à produção de feno de “Coast-Cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite.** 2001. 236 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

COLENCI, R. A. **Informações via e-mail sobre o transporte ferroviário.** [Dez. 2006]. Entrevistador: F. C. Bovolenta. Botucatu: Faculdade de Tecnologia, 2006.

COPABO: **Informações sobre correias transportadoras feitas de borracha.** Disponível em: <<http://www.copabo.com.br/index.php/341>>. Acesso em: 26 out. 2006.

DALCOL, A. L. **Informações sobre o transporte hidroviário de São Simão (GO) a Pederneiras (SP) e transporte ferroviário de Pederneiras (SP) a Santos (SP).** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por

<andre.dalcol@ldcommodities.com> em 23 set. 2006.

DE LUCCA, J. F. **Informações sobre consumo de óleo diesel, óleo lubrificante e graxa em bitrens graneleiros.**

[mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <delucca@risso.com.br> em: 28 set. 2006.

EIRAS, M. **Informações via e-mail sobre ferrovias e locomotivas da MRS que operam na malha ferroviária**

Pederneiras (SP)/Santos (SP). [dez. 2006]. Entrevistador: Fábio César Bovolenta. Jahu: Faculdade de Tecnologia, 2006.

GRUPO HUBNER. **Informações sobre semi-reboques graneleiros de bitrens.**

Disponível em: <<http://www.grupohubner.com.br/rodolinea/03-bitrem.html>>. Acesso em: 7 dez. 2006.

GOODYEAR. **Informações sobre massa de pneus.** Disponível em: <<http://www.goodyear.com.br/tirecatalog/truck/>>.

Acesso em: 10 jun. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto interno bruto.** Brasília, DF, 2006.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticia>

s/noticia_visualiza.php?id_noticia=571&id_pagina=1>. Acesso em: 15 dez. 2006.

MACHADO, K. **Concessões de rodovias: mito e realidade.** São Paulo. Prêmio, 2005. 228 p.

MOREIRA, C. R. et al. Avaliação energética do cultivo de eucalipto, com e sem composto de lixo urbano. **Energia na Agricultura**, Botucatu, 20, n. 4, p. 1-19, 2005.

PAVAN, J. L. **A comparação dos custos de uma carreta convencional e um bitrem no transporte de soja de Rondonópolis (MT) até porto Paranaguá (PR).** 2005. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Tecnologia em Logística)-Faculdade de Tecnologia, Jahu, 2005.

PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in agriculture.** Boca Raton, Florida, CRC Press Inc, 1980. 475 p.

PINCELLI, K. **Informações sobre o terminal graneleiro da empresa do grupo caramuru no porto de Santos (SP).** [out. 2006]. Entrevistador: F. C. Bovolenta. Jahu: Faculdade de Tecnologia, 2006.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais**. São Paulo: Atlas, 2002. 195 p.

ROMERO, M. G. R. **Análise energética e econômica do cultivo de algodão em sistemas agrícolas familiares**. 2005. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SANTOS, S. R. **Informações sobre demanda energética específica de transporte rodoviário, hidroviário e ferroviário na Europa**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <contato@comciencia.br> em: 05 dez. 2006.

SAUR EQUIPAMENTOS. **Informações sobre tombadores hidráulicos**. Disponível em: <http://www.saur.com.br/principalphp?id_menu=atendimento>. Acesso em: 13 dez. 2006.

SCANIA. **Informações sobre cavalo-mecânico que reboca bitrens**. Disponível em: <http://www.scania.com.br/images/espec_tec_r480>. Acesso em: 8 dez. 2006.

TAKAHASHI, G. **Informações sobre o transporte hidroviário de São Simão (GO) à Pederneiras (SP)**. [mensagem

pessoal]. Mensagem recebida por <george.takahashi@ldcommodities.com> em: 23 set. 2006.

TECNOMOAGEIRA. **Informações sobre correias transportadoras e correias elevadoras**. Disponível em: <http://www.tecnomoageira.com.br/contato_index.asp?language=br>. Acesso em: 14 dez. 2006.