

An aerial photograph of a large cargo ship navigating a wide, muddy river. The ship is long and narrow, with a white hull and a dark upper section. It is moving from the bottom center towards the top center of the frame. The riverbanks are covered in dense green vegetation. The title text is overlaid on the upper portion of the image.

# **ANÁLISE COMPARATIVA DO IMPACTO ECONÔMICO E AMBIENTAL ENTRE MODAIS DE TRANSPORTE**

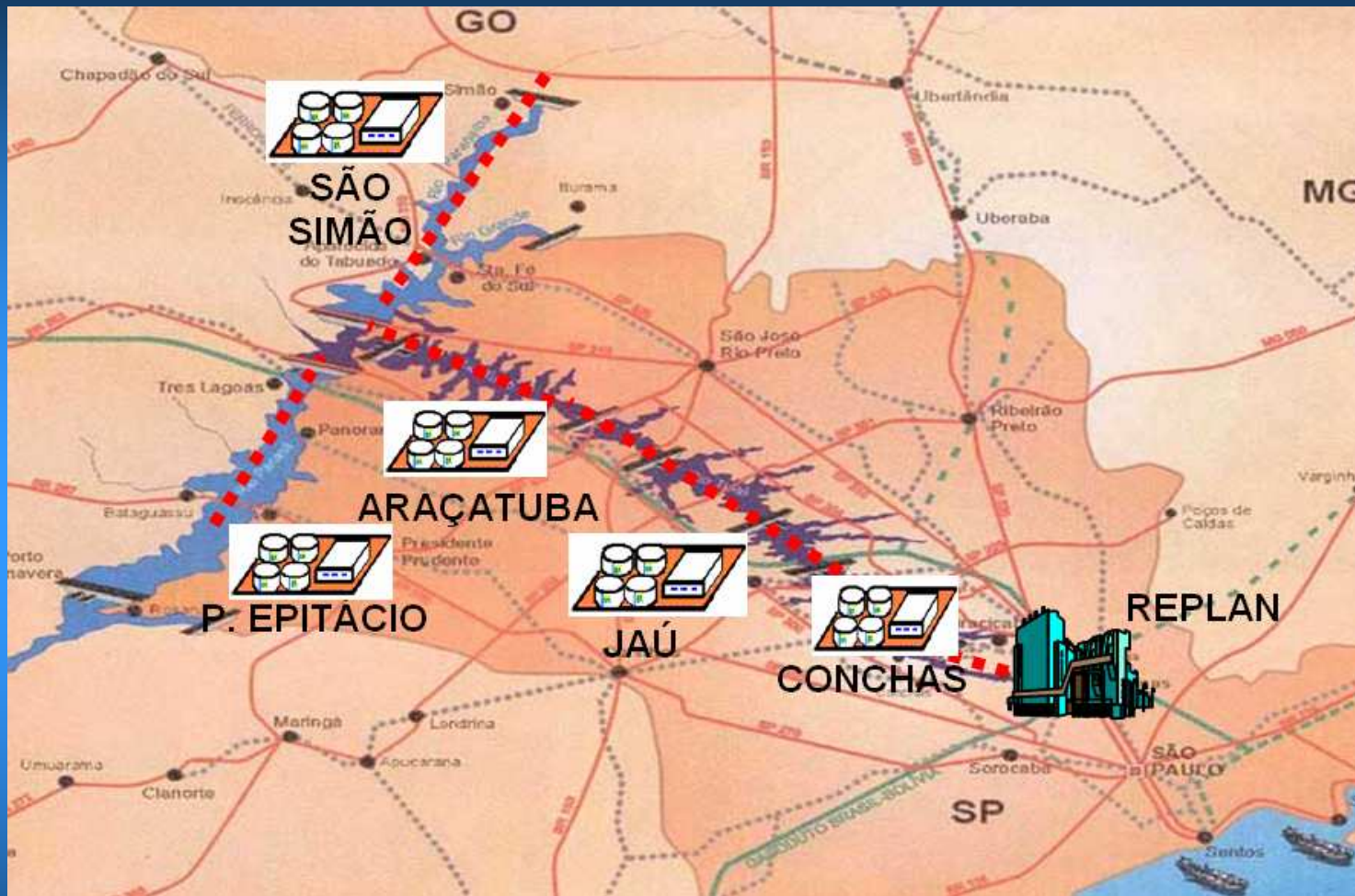
*Mse. Newton Narciso Pereira*

*Prof. Dr. Hernani Luiz Brinati*

# ROTEIRO

- Definição do problema;
- Objetivos;
- Considerações gerais sobre os modais;
- Análise econômica do comboio;
- Análise econômica de uma frota de caminhões-tanque;
- Análise ambiental;
- Conclusões e recomendações;

# ROTAS DE INTERESSE



Hidrovia Tietê-Paraná e os possíveis terminais

## **OBJETIVOS**

**O objetivo deste trabalho é apresentar uma comparação entre os impactos econômico (valor de frete) e ambientais (exaustão dos combustíveis fósseis, aquecimento local e global, eutrofização da água e poluição do ar), na operação de comboios fluviais adaptados ao transporte de álcool e derivados de petróleo pela hidrovia Tietê-Paraná, com os de uma frota de caminhões-tanque na área de influência da hidrovia.**

# REQUISITOS PARA O PROJETO DE COMBOIOS TRANSPORTADORES DE COMBUSTÍVEIS

## REGRAS ANALISADAS:

- NORMAS DA AUTORIDADE MARÍTIMA BRASILEIRA – NORMAM 02;
- BUREAU COLOMBO SOCIEDADE CLASSIFICADORA

Os comboios devem satisfazer as seguintes restrições:

$$L / H \leq 32$$

$$L / B \leq 9,5$$

em que:

L é o comprimento da embarcação;

B é a boca da embarcação;

H é o calado da embarcação.

# REQUISITOS PARA O PROJETO DE BARCAÇAS

## CASCO DUPLO

Largura do duplo casco  $\geq 1$  metro;

Altura do fundo duplo  $\geq B / 15$  ou 0,76 m.

## TANQUES DE CARGA

Devem ser isolados dos outros compartimentos;

Devem ser instalados instrumentos para detecção de vazamentos de vapores;

## ESTABILIDADE

A Hidrovia Tietê-Paraná situa-se na área 2 de navegação;

Deve-se considerar o efeito de superfície livre dos tanques e lastro;

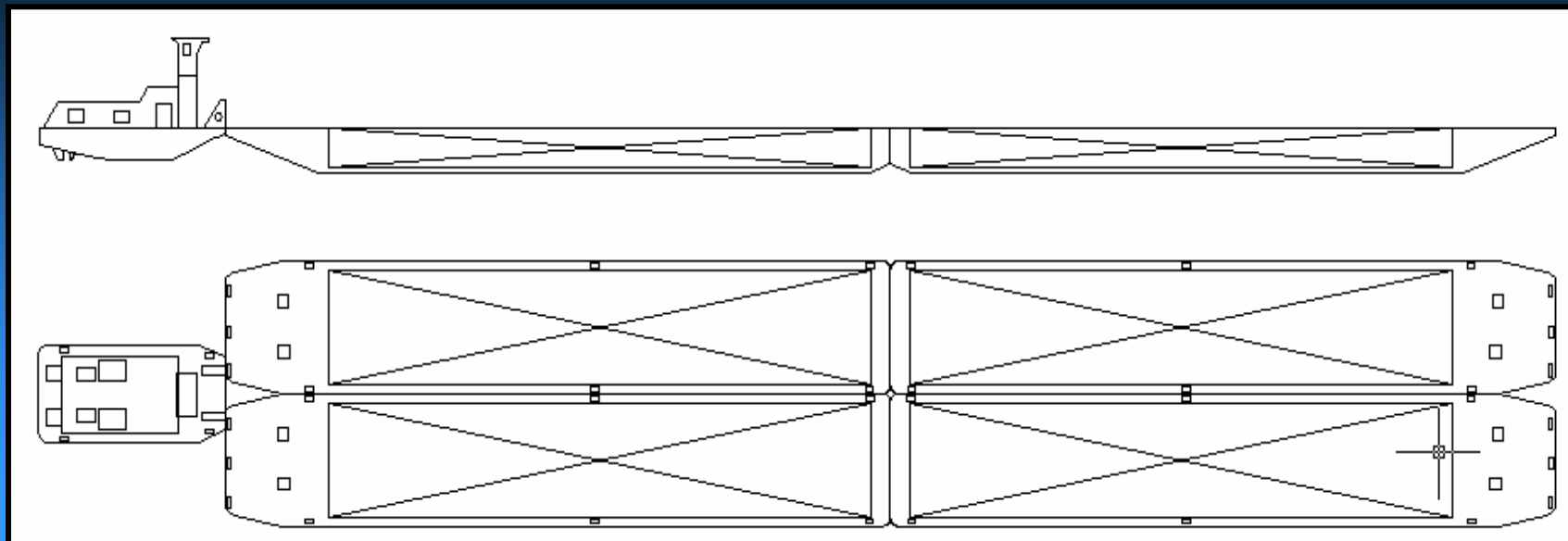
Operação em avaria;

## **DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DO COMBOIO**

A capacidade de carga deste comboio é definida em função das restrições estabelecidas nas Normas da Autoridade Marítima Brasileira - Norman 02. Na proa o pique-tanque deve ter 13% do comprimento total – (L) e na proa 1%. Entre o costado da embarcação e o tanque de carga deve existir uma distância de 1,00 m de cada lado, para evitar vazamentos em casos de encalhe ou colisão lateral. O duplo fundo deve ter uma altura mínima de (B / 15) ou 0,76 m. Assim, o volume total de carga do comboio pode ser determinado por:

$$\text{Volume total: } (L - 0,14 * L) * (B - 2,00) * (P - 0,76)$$

# CARACTERÍSTICA DO COMBOIO



Descrição	Empurrador	Chatas
Comprimento (L)	17,00 m	60,00 m
Boca (B)	7,00 m	11,00 m
Pontal (P)	2,50 m	3,50 m
Calado (H)	1,70 m	2,80 m
Número de eixos	2	
Número de motores por eixo	1	
Potência por eixo (MCP)	430 hp ou 316 kW	
Potência total (MCP)	860 hp ou 632 kW	
Potência dos motores auxiliares (MCA)	102 hp ou 75 kW	
Diâmetro dos hélices	1,50 m	
Número de chatas		4
Capacidade de carga do comboio 2 x 2		5000 m <sup>3</sup>

# AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Para esta avaliação utilizou-se do modelo de custo desenvolvido por Garcia (2001).

ELEMENTO DE CUSTO	
Descrição	Valores
Preço de veículos Hidroviários (R\$)	R\$ 11.362.433,61
Custo de Capital	R\$ 1.334.627,19
Custo de Seguro	R\$ 227.248,67
Custo de Tripulação	R\$ 296.424,00
Custo de Manutenção e Reparo	R\$ 302.037,34
Custo de Administração	R\$ 209.461,47
Custo de Combustível e Lubrificante	R\$ 7.850,59
Custo do Uso da Via	0
Custo de Porto e Terminal	R\$ 1.588,54
Custo Total por Viagem (Cn+Cp)	
Rota 1	R\$ 92.230,48
Rota 2	R\$ 62.987,03
Rota 3	R\$ 32.500,57
Rota 4	R\$ 85.492,05

## VALOR DE FRETE DO COMBOIO

<b>Rotas</b>	<b>Frete R\$/t*km</b>	<b>Frete por tonelada R\$ / t</b>
<b>Rota 1</b>	<b>R\$ 0,0338</b>	<b>R\$ 24,74</b>
<b>Rota 2</b>	<b>R\$ 0,0379</b>	<b>R\$ 31,23</b>
<b>Rota 3</b>	<b>R\$ 0,0623</b>	<b>R\$ 57,84</b>
<b>Rota 4</b>	<b>R\$ 0,0290</b>	<b>R\$ 27,66</b>

## **CAMINHÕES-TANQUE**

**Para calcular o valor de frete dos caminhões estabeleceu-se, inicialmente, uma relação entre os tempos de viagem do caminhão e do comboio. Em função do tempo de viagem do comboio, determinou-se a relação entre o número dos dois modais para um mesmo período de tempo. Este procedimento foi utilizado para determinar o número de caminhões-tanque necessários para transportar o mesmo volume de carga que o comboio. Considera-se que os veículos operam 24 horas e que o tempo de carregamento e descarregamento dos caminhões-tanque seja de 20 minutos para cada operação.**

O valor de frete do caminhão foi obtido através de consulta a uma cooperativa transportadora de combustíveis. O valor atualmente praticado é de R\$ 3,00 / km, mais uma taxa adicional de R\$ 120,00 por viagem. Informações sobre fretes rodoviários podem ser obtidas no site da Coptrans.

# COMPARAÇÕES ENTRE OS MODAIS RODOVIÁRIO E HIDROVIÁRIO

## ANÁLISE ECONÔMICA

Número de viagens realizadas pelo caminhão em função do tempo de viagem redonda do comboio

Terminal	Rota	Nº de Eclusas	Distância. hidroviária até Conchas	T. de viagem do comboio (Dias)	Distância. Rodoviária até Conchas	T. de viagem Caminhão (Dias)	Nº de Viagens com 1 caminhão	Nº de caminhões x comboio
Presidente Epitácio	1	9	733 km	9,95	505 km	0,73	13,64	18
Araçatuba	2	5	446 km	6,22	346 km	0,51	12,24	20
Jaú	3	1	140 km	2,34	131 km	0,21	11,16	22
São Simão (GO)	4	5	790 km	9,09	530 km	0,76	11,90	21

Valor anual de frete da frota de caminhões comparado com o comboio

Rotas	Valor de frete para 1 viagem Redonda do caminhão	Valor total de frete anual	Valor total de frete anual do comboio
			Diesel
Rota 1	R\$ 3.270,00	R\$ 29.582.844,70	R\$ 3.568.761,06
Rota 2	R\$ 2.316,00	R\$ 33.493.304,77	R\$ 4.504.645,14
Rota 3	R\$ 1.026,00	R\$ 39.461.538,46	R\$ 8.341.813,83
Rota 4	R\$ 3.420,00	R\$ 33.861.386,14	R\$ 3.989.629,13

Relação

8X

- Comparando o valor anual de frete dos caminhões-tanque em relação ao comboio com propulsão convencional é 8,88 vezes maior, o que confirma a tendência do transporte fluvial ser mais viável do ponto de vista econômico. Como referência para os resultados obtidos, observe-se que os dados apresentados pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes - DNIT (2007) indicam que o frete do modal rodoviário é 5,6 vezes maior que o hidroviário. A Administração das Hidrovias do Tocantins Araguaia – AHITAR (2007) apresenta os resultados de um estudo desenvolvido pela Companhia Vale do Rio Doce que compara os valores de frete para os modais rodoviários, ferroviário e hidroviário. O modal rodoviário apresenta um valor de frete 6,2 vezes maior que o modal hidroviário. O exame destes dados mostra que os valores calculados apresentam uma coerência razoável.

## **ANÁLISE AMBIENTAL**

**O objetivo principal desta comparação é quantificar os índices de destruição ambiental durante a operação dos caminhões em relação ao comboio. Para determinar estes índices, adotaram-se os modelos apresentados nos trabalhos de Iqbal & Hasegawa (2000), Iqbal & Hasegawa (2001) e Iqbal & Shil (2005).**

## DADOS CONSIDERADOS

5 – Inventário dos componentes e substâncias emitidas durante o transporte

Componente ou substância	Unidade	Caminhão	Navio fluvial
Energia consumida	MJ/ton-km	2.88	0.499
Radiação Solar	MJ/kg fuel	42.7	40.7
Emissão de CO <sub>2</sub>	kg/ton-km	0.228	$3.95 \times 10^{-2}$
Emissão de Nox	kg/ton-km	$4.10 \times 10^{-3}$	$7.11 \times 10^{-4}$
Emissão de SO <sub>x</sub>	kg/ton-km	$3.43 \times 10^{-4}$	$5.95 \times 10^{-5}$
Emissão de N <sub>2</sub> O	kg/ton-km	$5.50 \times 10^{-4}$	$9.54 \times 10^{-7}$
Emissão de Metano	kg/ton-km	$2.77 \times 10^{-4}$	$4.81 \times 10^{-5}$
Emissão de Amônia	kg/ton-km	$6.19 \times 10^{-9}$	$1.07 \times 10^{-9}$
Emissão de HCl	kg/ton-km	$4.66 \times 10^{-7}$	$8.07 \times 10^{-8}$
Emissão de HF	kg/ton-km	$4.87 \times 10^{-8}$	$8.44 \times 10^{-9}$
Emissão de C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	kg/ton-km	$1.36 \times 10^{-6}$	$2.37 \times 10^{-7}$
Emissão de Benzeno	kg/ton-km	$8.18 \times 10^{-6}$	$1.42 \times 10^{-6}$
Emissão de partículas em suspensão (PM)	kg/ton-km	$9.39 \times 10^{-5}$	$1.63 \times 10^{-5}$

**Tabela 7- Fator de caracterização para várias categorias de impacto**

<b>Categoria do impacto</b>	<b>Substância ou componente responsável</b>	<b>Fator de caracterização</b>	<b>Unidade</b>
<b>Esgotamento do combustíveis fósseis</b>	Energia consumida	1	MJ
<b>Aquecimento local</b>	Radiação solar	1	MJ
<b>Aquecimento global</b>	CO <sub>2</sub>	1	kg
	N <sub>2</sub> O	270	kg
	CH <sub>4</sub>	11	kg
<b>Chuva Ácida</b>	Amônia	1.88	kg
	HCl	0.88	kg
	HF	1.6	kg
	NO <sub>x</sub>	0.7	kg
	SO <sub>x</sub>	1	kg
<b>Eutrofização</b>	NO <sub>x</sub>	0.13	kg
	Amônia	0.33	kg
<b>Poluição do Ar</b>	Partícula de suspensão	1	kg
	SO <sub>x</sub>	1	kg
	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0.398	kg
	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0.189	kg

**O fator de caracterização indica qual o nível de gravidade associado à substância ou componente no impacto ambiental da categoria j. Assim, os cálculos dos impactos gerados são estimados multiplicando a quantidade de emissão pelo fator de caracterização**

$$EP(j) = \sum (Q_i * EF(j)_i) \quad (2)$$

em que:

$EP(j)$  é a soma da contribuição potencial do impacto ambiental de cada categoria;  
 $Q_i$  é a produção de cada componente ou substância;  
 $EF(j)_i$  é o fator de caracterização do componente  $i$  relacionado com a categoria  $j$ .

Em seguida, eles determinaram um índice de destruição ambiental em função dos impactos gerados pelos modais rodoviário e hidroviário multiplicando-os pelo fator de peso específico para cada categoria de impacto, conforme apresentado na seguinte equação:

$$IE = \sum w_j \frac{(EP(j)_{caminhão})}{(EP(j)_{comboio})} \quad (3)$$

onde:

$w_j$  é o fator de peso para o impacto ambiental na categoria  $j$ .

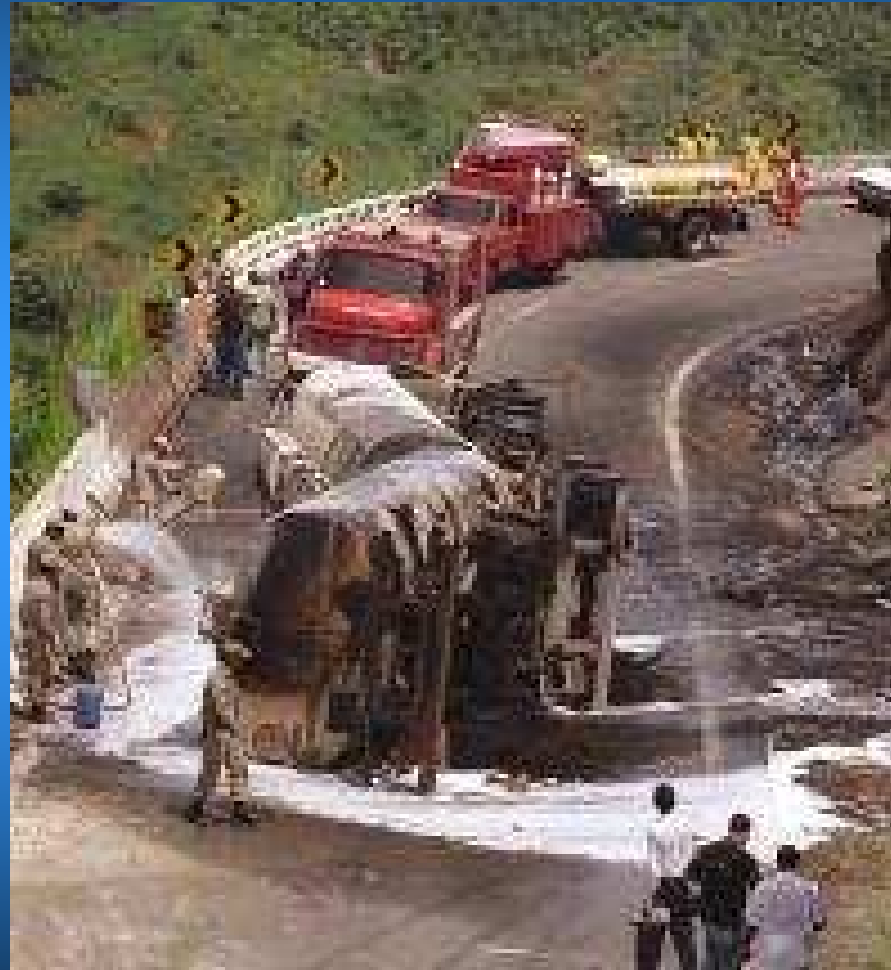
**Tabela 8 - Fatores de peso para várias categorias de impacto ambiental**

<b>Categoria do impacto</b>	<b>Fator de peso</b>
Esgotamento de combustíveis fósseis	0.143
Aquecimento local	0.105
Aquecimento global	0.271
Chuva ácida	0.165
Eutrofização	0.096
Poluição do ar	0.22

# APLICAÇÃO DO MODELO

Rota 1								
Componente	Componente	Unidade	Caminhão	Comboio	EP(f)	W <sub>i</sub>	IE	IE per efeito
<b>Esgotamento dos combustíveis fósseis</b>	Energia consumida	MJ/ton-km	5.963.040,00	1.499.644,70	3,98	0,143	0,57	<b>0,569</b>
<b>Aquecimento local</b>	Radiação Solar	MJ/kg	2.348.399,92	1.554.715,94	1,51	0,105	0,16	<b>0,16</b>
<b>Aquecimento global</b>	Emissão de CO <sub>2</sub>	kg/ton-km	107.632,87	27.065,73	3,98	0,271	1,08	<b>1,08</b>
	Emissão de N <sub>2</sub> O	kg/ton-km	3.074,69	774,11	3,97		1,08	
	Emissão de Metano	kg/ton-km	6.308,81	1.590,10	3,97		1,08	
<b>Chuva acida</b>	Emissão de NO <sub>x</sub>	kg/ton-km	15.959,41	4.017,12	3,97	0,165	0,66	<b>0,66</b>
	Emissão de SO <sub>x</sub>	kg/ton-km	624,96	157,36	3,97		0,66	
	Emissão de Amônia	kg/ton-km	0,02	0,01	3,99		0,66	
	Emissão de HCl	kg/ton-km	0,68	0,17	3,98		0,66	
	Emissão de HF	kg/ton-km	0,10	0,03	3,98		0,66	
<b>Eutrofização</b>	Emissão de NO <sub>x</sub>	kg/ton-km	1.103,58	277,78	3,97	0,096	0,38	<b>0,38</b>
	Emissão de Amônia	kg/ton-km	0,0042	0,0011	3,99		0,38	
<b>Polluição do ar</b>	Emissão de CdHy	kg/ton-km	2,82	0,71	3,95	0,22	0,87	<b>0,87</b>
	Emissão de Benzeno	kg/ton-km	16,94	4,27	3,97		0,87	
	Emissão de partículas em suspensão (PM)	kg/ton-km	77,38	19,50	3,97		0,87	
	Emissão de SO <sub>x</sub>	kg/ton-km	134,22	33,80	3,97		0,87	
<b>Total</b>								<b>3,71</b>

## OUTROS ASPECTOS QUE PODEM SER CONSIDERADOS



### Horas trabalhadas por dia



Fonte: Perfil Socio-Econômico e as Aspirações dos Caminhoneiros no País, CNT

Domingo  
Segunda - Feira

Terça - Feira

Quarta - Feira

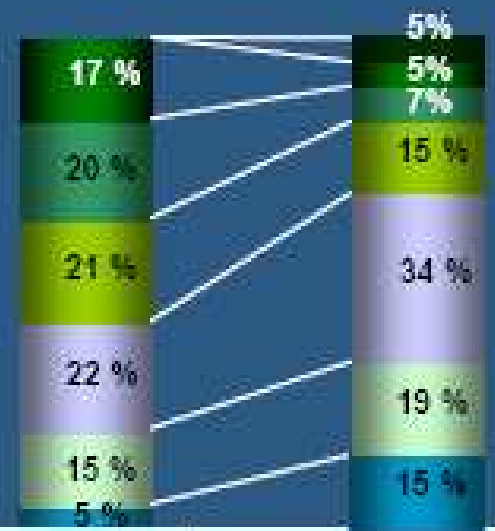
Quinta - Feira

Sexta - Feira

Sábado

Movimentação

Eventos



Fonte: GPS Logística e Gerenciamento de Riscos - Análise contas gerenciadas

### Quanto maiores distâncias percorridas...



Fonte: GPS Logística e Gerenciamento de Riscos - Freqüência de sinistros

## CONCLUSÕES

A comparação entre os modais mostrou que o fluvial é mais vantajoso que o rodoviário em dois aspectos, econômico e ambiental. Na questão econômica o transporte fluvial destes produtos é aproximadamente 8 vezes menor que realizado por uma frota de caminhões-tanques. O impacto ambiental proveniente do caminhão nas rotas de interesse é em média 3 vezes maior que o produzido pelo comboio. Verificou-se que o principal impacto gerado pelos caminhões é o aquecimento global.



**OBRIGADO**

**GRACIAS**

**THANK YOU**

**A TODOS OS PRESENTES!!!**

**IMAGEM: AUTORIA DE HÉLCIO**