



***Relatório de  
Análise de Indicadores do  
Transporte Rodoviário de  
Cargas Agrícolas***

Perfil econômico de rota

ESALQ-LOG Analytics

17 - 01 - 2025

## Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG)

Departamento de Economia, Administração e Sociologia (LES)

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ)

Universidade de São Paulo (USP)

Av. Pádua Dias, 11 (Antiga Colônia Sertãozinho)

Piracicaba, SP – 13418-900

<https://esalqlog.esalq.usp.br/>

Reprodução parcial ou total é permitida, desde que citada a fonte e autoria.

Citação: Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG). Relatório de análise do perfil econômico da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) de Soja, Milho no ano de 2024. ESALQ-LOG Analytics, 2025 Piracicaba, São Paulo, Brasil.



## Palavra da coordenação

O Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG) celebra mais de 20 anos de dedicação às atividades de pesquisa aplicada na área de logística e otimização<sup>4</sup>. O projeto embrionário do ESALQ-LOG foi o Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA), iniciativa pioneira no levantamento de informações de preços de fretes rodoviários de cargas do segmento agroindustrial e que está ativo até hoje com melhorias contínuas como um projeto institucional do ESALQ-LOG.

O Sifreca tem como escopo prover informações de preços de fretes praticados no mercado de transporte de diversos produtos, por meio de pesquisas periódicas com os diferentes agentes envolvidos no mercado. A partir da coleta e processamento de dados quantitativos e informações, é gerada uma série de indicadores de diversas rotas e produtos.

Os indicadores gerados representam informações relevantes para a caracterização da sazonalidade do comportamento de séries históricas de fretes, o que pode facilitar a tomada de decisão por parte dos agentes envolvidos na negociação de transporte, além de subsidiar pesquisas científicas, projetos de infraestrutura e avaliação de políticas públicas no setor de transporte.

Além do Sifreca, o ESALQ-LOG mantém de forma contínua outros dois sistemas de informações: o Sistema de Informações de Armazenagem (SIARMA) e o Sistema de Informações de Perdas de Pós-Colheita (SIPPOC).

O Grupo ESALQ-LOG destaca-se também em outras atividades de pesquisa e extensão, envolvendo pesquisas relacionadas aos temas de custos de transporte, custos de armazenagem, modelagem de sistemas logísticos agroindustriais, avaliação de impactos de novas infraestruturas, estudos setoriais, diagnósticos logísticos, dentre outros. Na área de difusão, o ESALQ-LOG promove de forma contínua o “Seminário Internacional em Logística Agroindustrial”, “On-board na logística agroindustrial” e o “Café da manhã com logística”, além de conduzir o “Museu de Logística Luiz de Queiroz”, que possui uma coleção de equipamentos relacionados à logística.

A partir da experiência acumulada de pesquisa aplicada na área de logística, o Grupo ESALQ-LOG estruturou o “ESALQ-LOG Analytics”, um laboratório de análise de dados que cruza diferentes bases de dados públicas e de domínio próprio para gerar informações úteis para a sociedade, contribuindo para a redução de assimetrias de informações.

O presente relatório é um primeiro resultado compilado desenvolvido pela plataforma “ESALQ-LOG Analytics” e certamente é o primeiro de muitos outros entregáveis que se encontram em fase de pesquisa e desenvolvimento.

Atenciosamente,

**Prof. Thiago Guilherme Péra**

*Coordenador Geral do Grupo ESALQ-LOG*

*Professor do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq/USP*

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>5</b>
1.1	Informações da análise . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Séries históricas de preços de fretes, custos de transporte, preço do óleo diesel e correlações diversas</b>	<b>7</b>
2.1	Preços de fretes rodoviários da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS), em R\$ por tonelada e US\$ por tonelada . . . . .	7
2.2	Participação do custo do pedágio no preço do frete . . . . .	7
2.3	Participação do custo do combustível no preço do frete . . . . .	8
2.4	Custo econômico de transporte na rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) (R\$/t) . . . . .	8
2.5	Comparativo do preço do frete e do custo econômico de transporte por mês (para valores médios de produtividade) . . . . .	11
2.6	Comparativo da evolução de indicadores de custos de transporte e de inflação no ano de 2024 . . . . .	11
2.7	Correlação entre preço de frete e preço do diesel em diferentes períodos semanalmente no 2024 . . . . .	12
2.8	Preço do frete semanal vs. preço do diesel vs. custo de transporte . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Parâmetros mercadológicos e operacionais na modelagem da estimativa do custo econômico e da margem na rota</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Análise do custo econômico de transporte da rota: riscos e análise de sensibilidade</b>	<b>16</b>
4.1	Distribuição do custo de transporte na rota nas condições mercadológicas e operacionais definidas . . . . .	16
4.2	Análise de sensibilidade determinística: custo de transporte em função de mudanças de produtividade na rota . . . . .	17
4.3	Análise de sensibilidade probabilística: custo de transporte em função de mudanças de produtividade na rota . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Análise da margem de transporte (%): riscos e sensibilidade</b>	<b>21</b>
5.1	Análise de sensibilidade: fatores mais importantes de serem gerenciados para a margem de transporte . . . . .	23
5.2	Análise de sensibilidade probabilística: margem de transporte em função de mudanças de produtividade na rota . . . . .	23
<b>6</b>	<b>Referências</b>	<b>27</b>

# 1 Introdução

O presente relatório é oriundo das pesquisas do “ESALQ-LOG Analytics”, uma plataforma de laboratório de análise de dados na área de logística desenvolvida pelo Grupo ESALQ-LOG.

O objetivo deste relatório é apresentar o perfil da rota rodoviária de Cruz Alta (RS) para Rio Grande (RS) no ano de 2024, contemplando uma série de indicadores de transporte, incluindo análise de riscos mercadológicos e operacionais do transporte rodoviário de cargas a partir do cruzamento de informações de diferentes bases.

Os indicadores contemplados na análise são: altimetria da rota; preços de fretes rodoviários; participação do pedágio no preço do frete rodoviário; participação do custo de combustível no preço do frete rodoviário; indicadores de custo econômico de transporte; índices de custos econômicos com outros índices de inflação da economia; comparativo entre preço de frete e custo de transporte; correlações diversas; análise de sensibilidade do custo econômico de transporte (análise de risco); estimativa de margem de transporte; e, análise de sensibilidade da margem de transporte (análise de risco).

As bases de dados envolvidas na análise são:

- Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA) pertencente ao Grupo ESALQ-LOG: informações de preços de fretes rodoviário de cargas agrícolas;
- Indicadores de custo econômico: o Grupo ESALQ-LOG realiza continuamente o acompanhamento dos preços dos insumos das operações de transporte rodoviário de cargas para diferentes tipos de composições veiculares;
- Indicadores de produtividade operacional do transporte: o Grupo ESALQ-LOG realiza periodicamente pesquisas para identificar os níveis de produtividade nas operações de transporte, os quais são utilizados para calibrar os custos econômicos segmentados por rota. Tais indicadores contemplam tempos de carregamento e descarregamento, velocidade média, rendimento de consumo de combustível, frequência de manutenção, frequência de troca de pneus, dentre outros;
- Indicadores econômicos: informações públicas relacionadas à inflação brasileira, preço de diesel e tarifa de pedágio a partir de fontes secundárias.

As análises apresentadas neste relatório oriundo do “ESALQ-LOG Analytics” podem ser replicadas para qualquer rota, produto e período, desde que atenda ao critério mínimo de amostragem de informações nas bases de dados.

## 1.1 Informações da análise

- **Produto:** Soja, Milho.
- **Origem:** Cruz Alta (RS).
- **Destino:** Rio Grande (RS).
- **Ano:** 2024.
- **Pedágio:** R\$ 280 por caminhão.
- **Caminhão:** 7 eixos.

O mapa da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) pode ser visualizado pela figura 1.

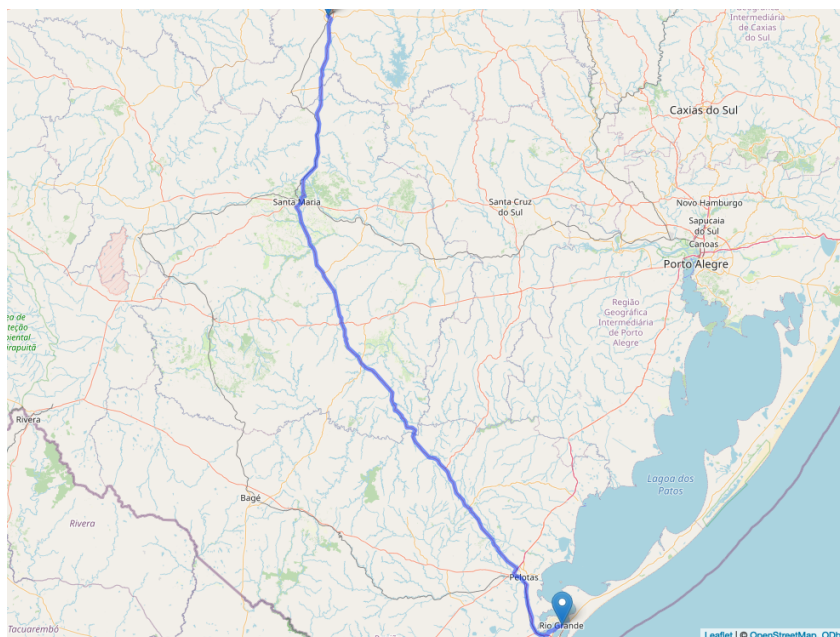


Figura 1: Rota de interesse

A figura 2 apresenta o perfil da elevação na rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS).

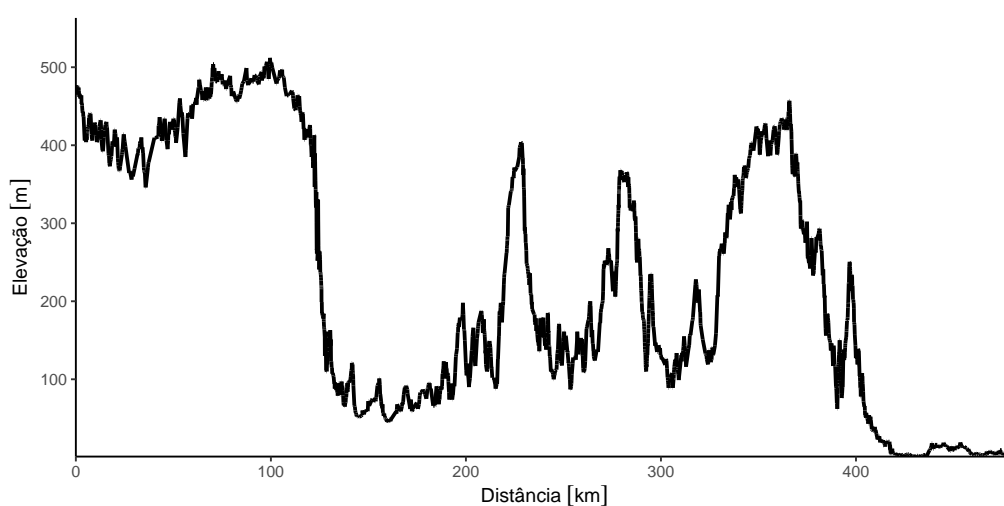


Figura 2: Elevação da rota

## 2 Séries históricas de preços de fretes, custos de transporte, preço do óleo diesel e correlações diversas

### 2.1 Preços de fretes rodoviários da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS), em R\$ por tonelada e US\$ por tonelada

O preço do frete rodoviário é oriundo da pesquisa primária de informações realizada pelo Grupo ESALQ-LOG, envolvendo o Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA). Os preços de fretes apresentados são do tipo empresa e incluem pedágios e impostos (PIS e COFINS). A figura 3 apresenta as informações do preço médio mensal observado de frete no ano de 2024 da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) em R\$ por tonelada e US\$ por tonelada.

Nesta linha, o preço médio de frete no ano foi de R\$ 125,46 por tonelada. A volatilidade anual do preço de frete na rota foi de 25,84%.

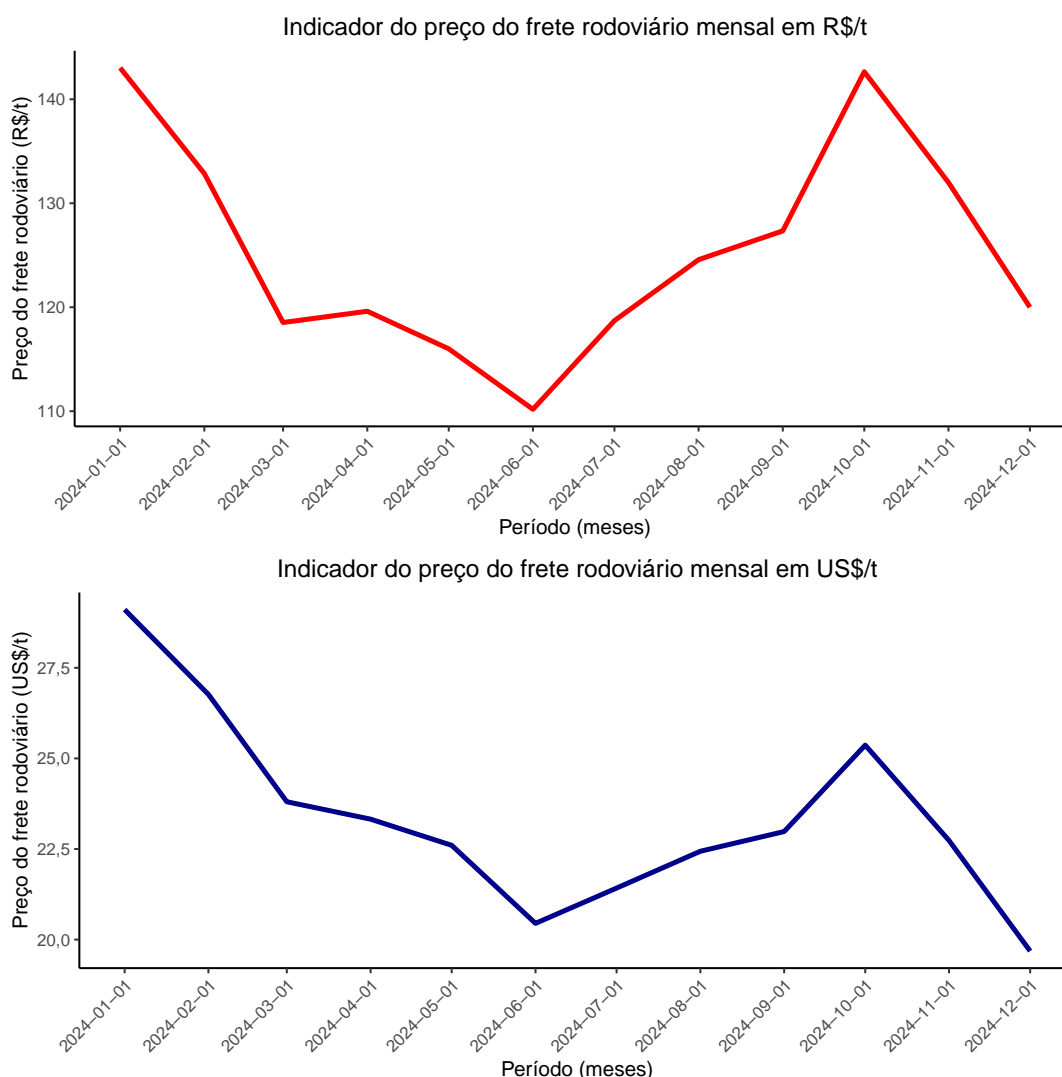


Figura 3: Preço do frete rodoviário mensal em Reais e Doláres por tonelada (ESALQ-LOG, 2025)

### 2.2 Participação do custo do pedágio no preço do frete

A participação do custo do pedágio no ano de 2024 foi de 6,07% do preço médio de frete, com participação mínima de 5,29% e máxima de 6,87%.

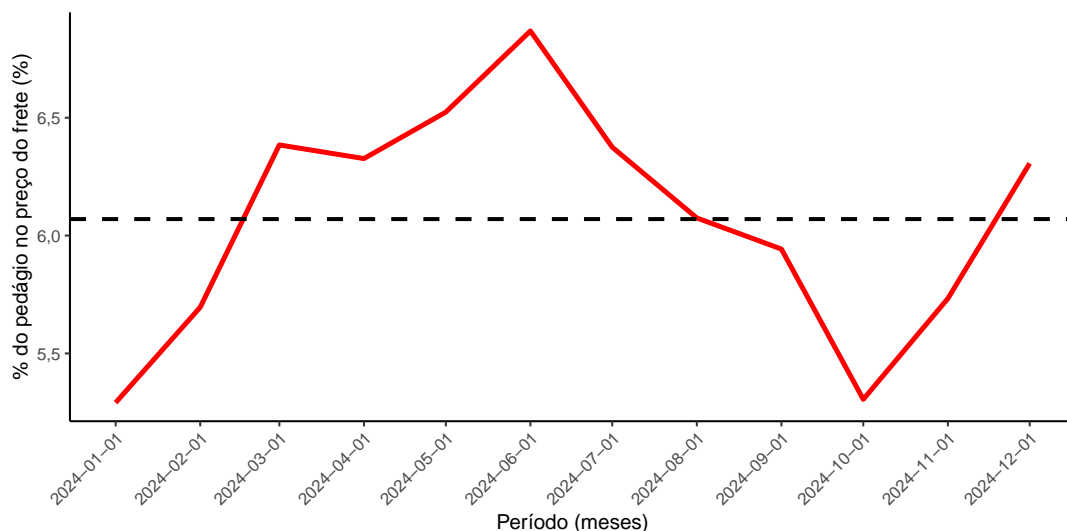


Figura 4: Participação da tarifa de pedágio no preço do frete, em porcentagem (ESALQ-LOG, 2025)

### 2.3 Participação do custo do combustível no preço do frete

A participação do custo do combustível médio no ano de 2024 foi de 32,73% do preço médio de frete, com participação mínima 28,35% de e máxima de 36,67%.

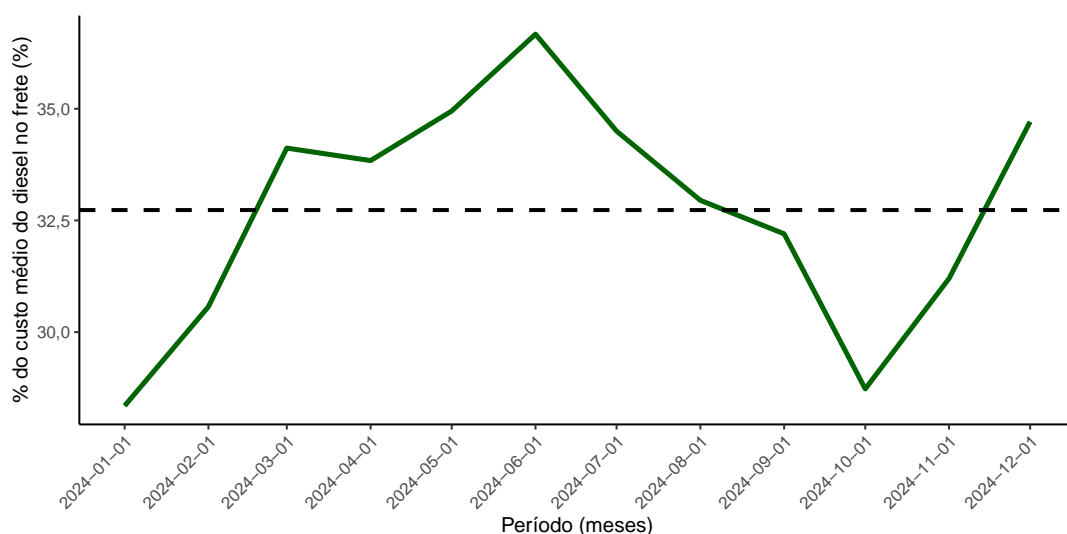


Figura 5: Participação do custo de combustível no preço do frete, em porcentagem (ESALQ-LOG, 2025)

### 2.4 Custo econômico de transporte na rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) (R\$/t)

O custo de transporte rodoviário apresentando neste documento é oriundo do método de custeio de econômico de reposição do Grupo ESALQ-LOG. Tal método representa o custo econômico, o qual é a soma do custo operacional do transporte e do custo de capital empregado, modelado a partir de premissas.

O custo de transporte é formado em função de dois componentes: a estrutura de custos da composição veicular (caminhão e implemento) e da produtividade operacional.

A estrutura de custos da composição veicular contempla a remuneração dos fatores de produção do transporte, tais como, combustível, depreciação, Imposto sobre Propriedades de Veículos Automotores



- IPVA, Seguro do Trânsito de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre -DPVAT, pneus, manutenção, seguro, óleos lubrificantes, salário do motorista (mão de obra), custo do capital, dentre outros. Tal composição de fatores é agregada em custo fixo (ou também denominado de custo horário do transporte) e custo variável.

- Custo Fixo: composto pela soma dos custos de depreciação, remuneração do capital empregado, salário do motorista, impostos (IPVA e DPVAT), seguro e manutenção;
- Custo Variável: composto pela soma dos custos de óleos lubrificantes (motor e câmbio), pneus, combustível e lavagem.

Os fatores de produtividade, um dos componentes na formação do custo de transporte unitário da rota, são: velocidade média de transporte, rendimento de consumo de combustível (ou também denominado de eficiência energética), tempo de carregamento e tempo de descarregamento.

**Importante destacar que o custo econômico apresentado representa um indicador de custo oriundo das premissas do modelo do custo econômico de transporte do Grupo ESALQ-LOG e que cada operador de transporte está sujeito a sua própria estrutura, baseada nos preços dos seus insumos e das suas produtividades.**

Para fins de análise inicial, adotou-se como referência a velocidade média de 55 quilômetros por hora, o rendimento de consumo de combustível de 1,9 quilômetros por litro de óleo diesel, o tempo médio total de carregamento e descarregamento de 6 horas. Tais fatores de produtividade serão avaliados na próxima seção, incorporando riscos.

O custo econômico de transporte da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) no ano 2024 pode ser visualizado pela figura 6, não incluindo pedágio e nem impostos de prestação de serviços (PIS, COFINS e ICMS).

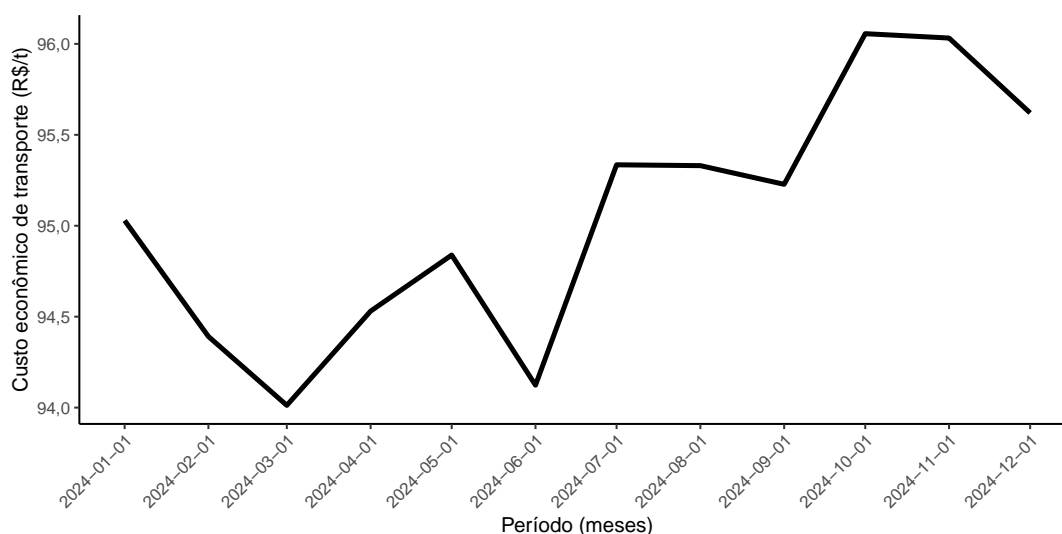


Figura 6: Custo econômico de transporte mensal da rota, em Reais por tonelada, não incluindo pedágio e impostos de PIS e COFINS (ESALQ-LOG, 2025)

A figura 7 apresenta a participação de cada componente do custo econômico de transporte na rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) no ano de 2024. Em termos de custo variável, observa-se que o componente de grande importância é o custo do combustível na participação total do custo econômico de transporte na ordem de 42,95%, enquanto o custo com pneu ficou em 6,69% do custo total.

Nota-se que a soma do custo de depreciação e de remuneração do capital, componentes do custo fixo, é de 22,3%.

A participação do custo fixo no custo total é de 50,35% e a participação do custo variável é de 49,65%.

O detalhamento de participação de cada componente de custo no custo total da rota pode ser visualizado na figura 7.

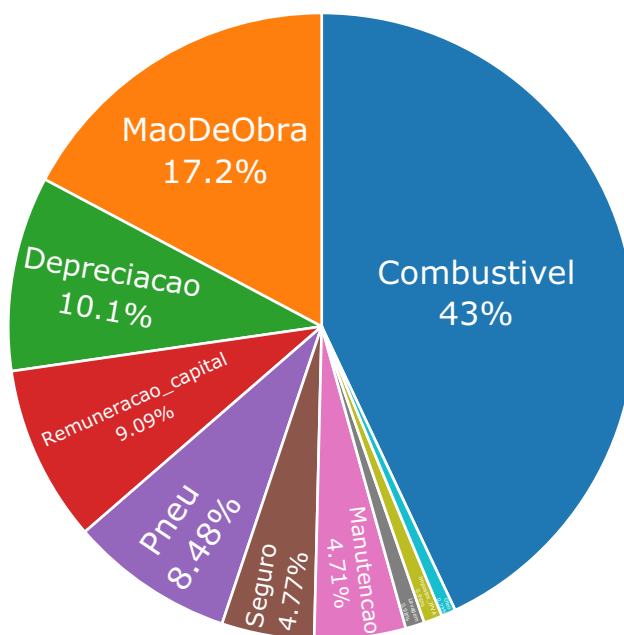


Figura 7: Participação dos elementos de custo no custo econômico da rota, em porcentagem (ESALQ-LOG, 2025)

A figura 8 apresenta as informações do preço médio mensal observado no ano no Brasil, a partir das informações da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2023).

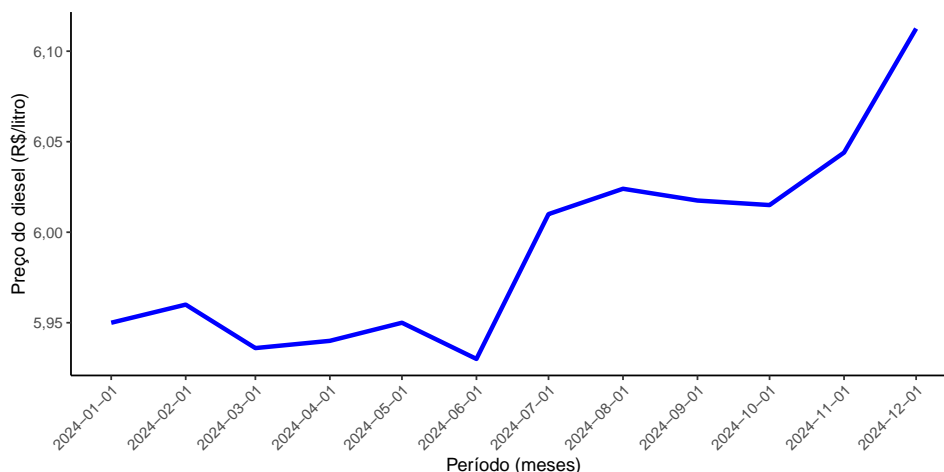


Figura 8: Preço do diesel em Reais por litro (ANP, 2023)

## 2.5 Comparativo do preço do frete e do custo econômico de transporte por mês (para valores médios de produtividade)

A figura 9 apresenta o comparativo entre o indicador do preço do frete rodoviário, descontado a tarifa de pedágio e os impostos de PIS e COFINS, e o indicador de custo econômico médio de transporte estimado pelo Grupo ESALQ-LOG, o qual também é decomposto entre o custo fixo e o custo variável, na rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) no ano de 2024.

O custo econômico de transporte da rota, conforme introduzido na subseção anterior, depende da estrutura de custo da composição veicular (cavalo e implemento) e da produtividade operacional do transporte da rota. Além disso, o custo apresentado nesta análise representa o custo econômico, ou seja, incorpora o custo do capital empregado na operação do transporte ao custo da operação.

Cada transportador está sujeito a uma própria estrutura de custo, em função dos preços dos seus insumos e da produtividade do seu equipamento na rota.

Os valores apresentados de custos são baseados na premissa e no modelo de custeio de transporte do Grupo ESALQ-LOG.

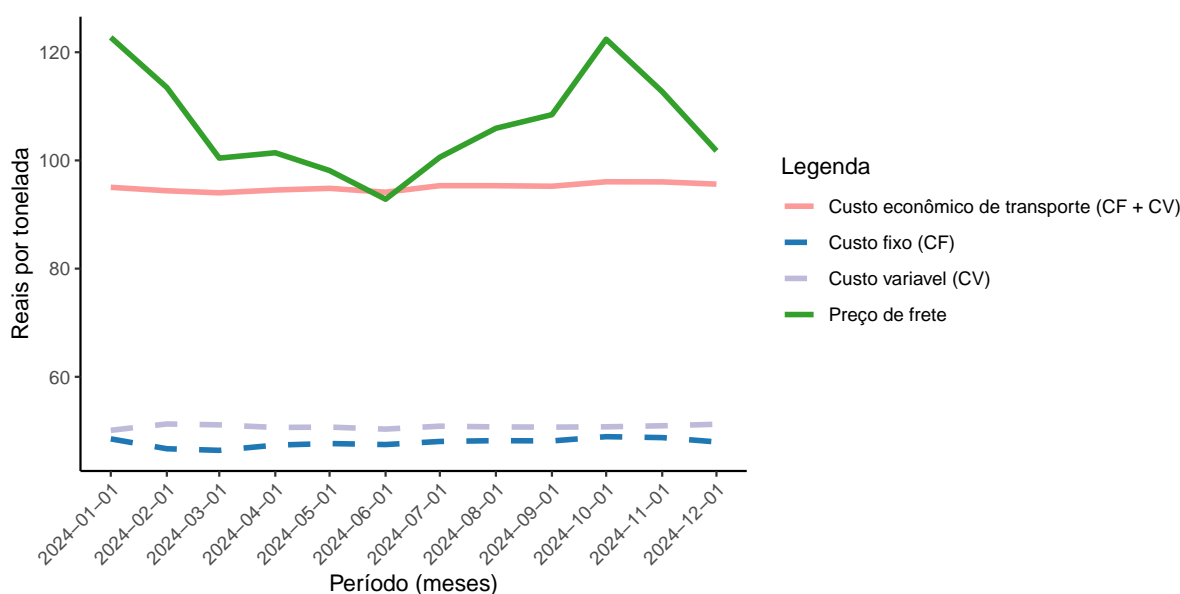


Figura 9: Preço de frete sem impostos e pedágio vs. custo de transporte sem pedágio e impostos, em Reais por tonelada (ESALQ-LOG, 2025)

## 2.6 Comparativo da evolução de indicadores de custos de transporte e de inflação no ano de 2024

O índice do custo de transporte da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) apresentou uma variação acumulada no período de janeiro a dezembro de 2024 de 0,62%, enquanto o IGP-DI apresentou uma variação acumulada de 7,15% e o IPCA uma variação de 4,39%. Por fim, o índice do preço do combustível óleo diesel apresentou uma variação acumulada de 2,73%.

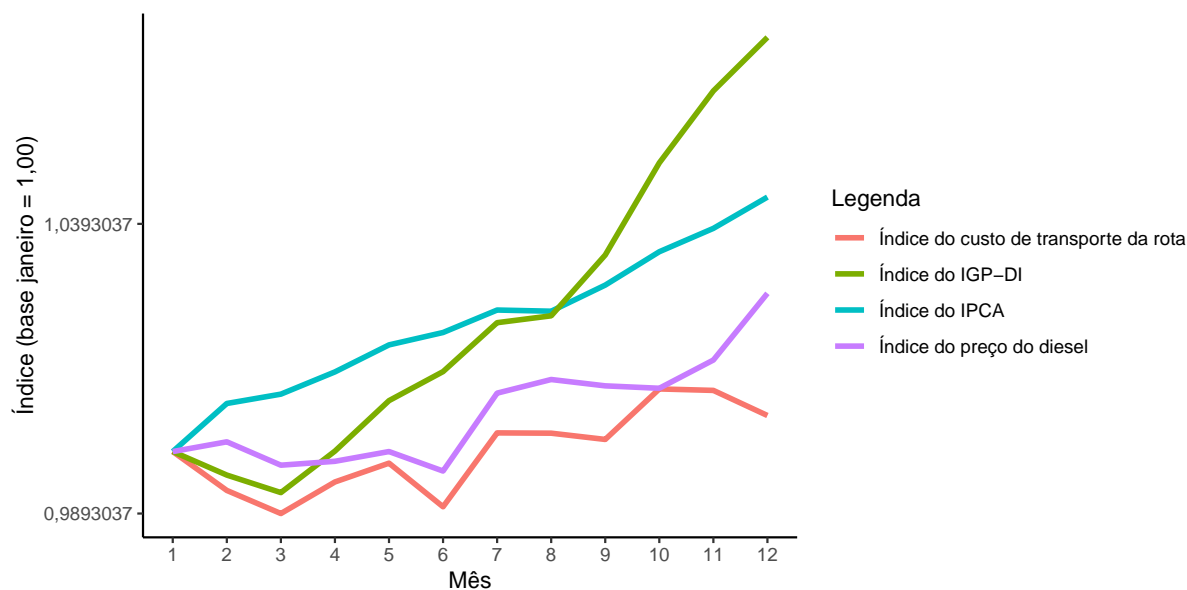


Figura 10: Índice do custo de transporte, do IGP-DI, do IPCA e do diesel no período de referência (ESALQ-LOG, 2025)

A tabela 1 apresenta os índices dos indicadores de transporte de forma detalhada por mês envolvendo custo de transporte, IGP-DI, IPCA, preço de diesel, remuneração de capital, mão de obra (salário do motorista) e pneu, tendo como base o mês de janeiro do ano de 2024.

Tabela 1: Índices de transporte da rota (base: janeiro = 1,000)

Período	Custo de Transporte	IGP-DI	IPCA	Diesel	Rem. do Capital	Mão de obra	Pneu
1-2024	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000
2-2024	0,993	0,996	1,008	1,002	0,858	1	1,205
3-2024	0,989	0,993	1,010	0,998	0,882	1	1,205
4-2024	0,995	1,000	1,014	0,998	0,986	1	1,119
5-2024	0,998	1,009	1,018	1,000	0,977	1	1,119
6-2024	0,990	1,014	1,021	0,997	0,941	1	1,099
7-2024	1,003	1,022	1,024	1,010	0,971	1	1,099
8-2024	1,003	1,023	1,024	1,012	0,972	1	1,078
9-2024	1,002	1,034	1,029	1,011	0,966	1	1,078
10-2024	1,011	1,050	1,034	1,011	1,023	1	1,097
11-2024	1,011	1,062	1,039	1,016	0,979	1	1,097
12-2024	1,006	1,072	1,044	1,027	0,979	1	1,065

Fonte: ESALQ-LOG (2023)

## 2.7 Correlação entre preço de frete e preço do diesel em diferentes períodos semanalmente no 2024

A figura 11 apresenta a correlação linear de Pearson entre o preço do frete rodoviário semanal ( $PrecoFrete_t$ ) da rota de interesse, o preço do diesel na mesma semana da observação do frete ( $PrecoDiesel_t$ ), o preço do diesel de uma semana anterior ( $PrecoDiesel_{t-1}$ ) à observação do preço do frete ( $PrecoFrete_t$ ) e o preço do diesel de duas semanas ( $PrecoDiesel_{t-2}$ ) anteriores à observação do preço do frete ( $PrecoFrete_t$ ).

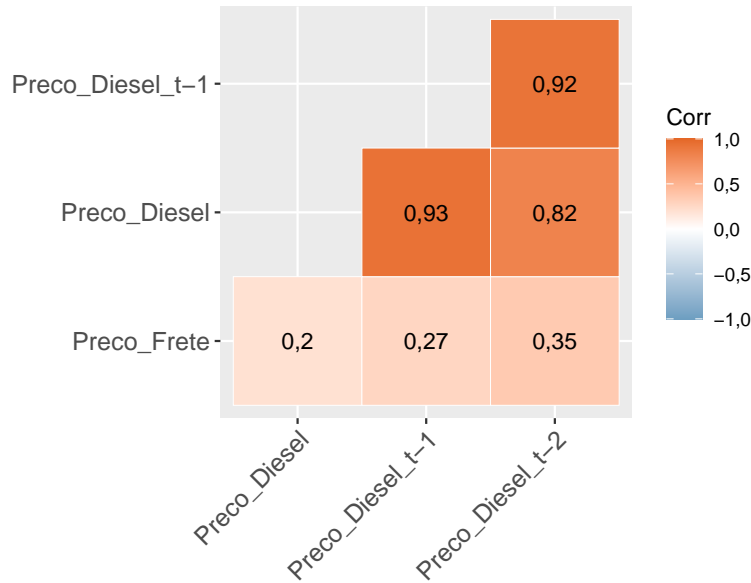


Figura 11: Correlação de Pearson para preços de frete e diesel semanais (ESALQ-LOG, 2025)

A correlação de Pearson mensura a correlação linear das variáveis e varia de -1 até 1. Quando igual a 1 é uma correlação perfeita positiva entre as variáveis, quando igual a -1 é uma correlação perfeita negativa (inversamente proporcional) e quando igual a zero não apresenta correlação linear.

## 2.8 Preço do frete semanal vs. preço do diesel vs. custo de transporte

A figura 12 introduz a regressão linear entre o preço do frete rodoviário (incluindo pedágio e impostos - PIS e COFINS) e o preço do combustível na mesma semana, na semana anterior, em duas semanas anteriores à semana de observação do frete e o custo econômico de transporte, para um intervalo de confiança de 90%, com as estatísticas dos parâmetros estimado e R-quadrado.

O R-quadrado, também conhecido como coeficiente de determinação, mensura o quanto da variação da variável do preço do frete é explicada pelo modelo, neste caso, considerando a variável dependente como o preço do frete rodoviário em função da variável independente (preço do diesel na semana, preço do diesel na semana anterior, preço do diesel em duas semanas anteriores ou o custo econômico de transporte). Os modelos avaliados:

- (a) Preço do frete rodoviário na semana t em função do preço do diesel na mesma semana t:

$$PrecoFrete_t = f(PrecoDiesel_t) \tag{1}$$

- (b) Preço do frete rodoviário na semana t em função do preço do diesel na semana anterior:

$$PrecoFrete_t = f(PrecoDiesel_{t-1}) \tag{2}$$

- (c) Preço do frete rodoviário na semana t em função do preço do diesel em duas semanas anteriores:

$$PrecoFrete_t = f(PrecoDiesel_{t-2}) \tag{3}$$

- (d) Preço do frete rodoviário na semana t em função do custo econômico do transporte na semana t:

$$PrecoFrete_t = f(CustoTransporte_t) \tag{4}$$

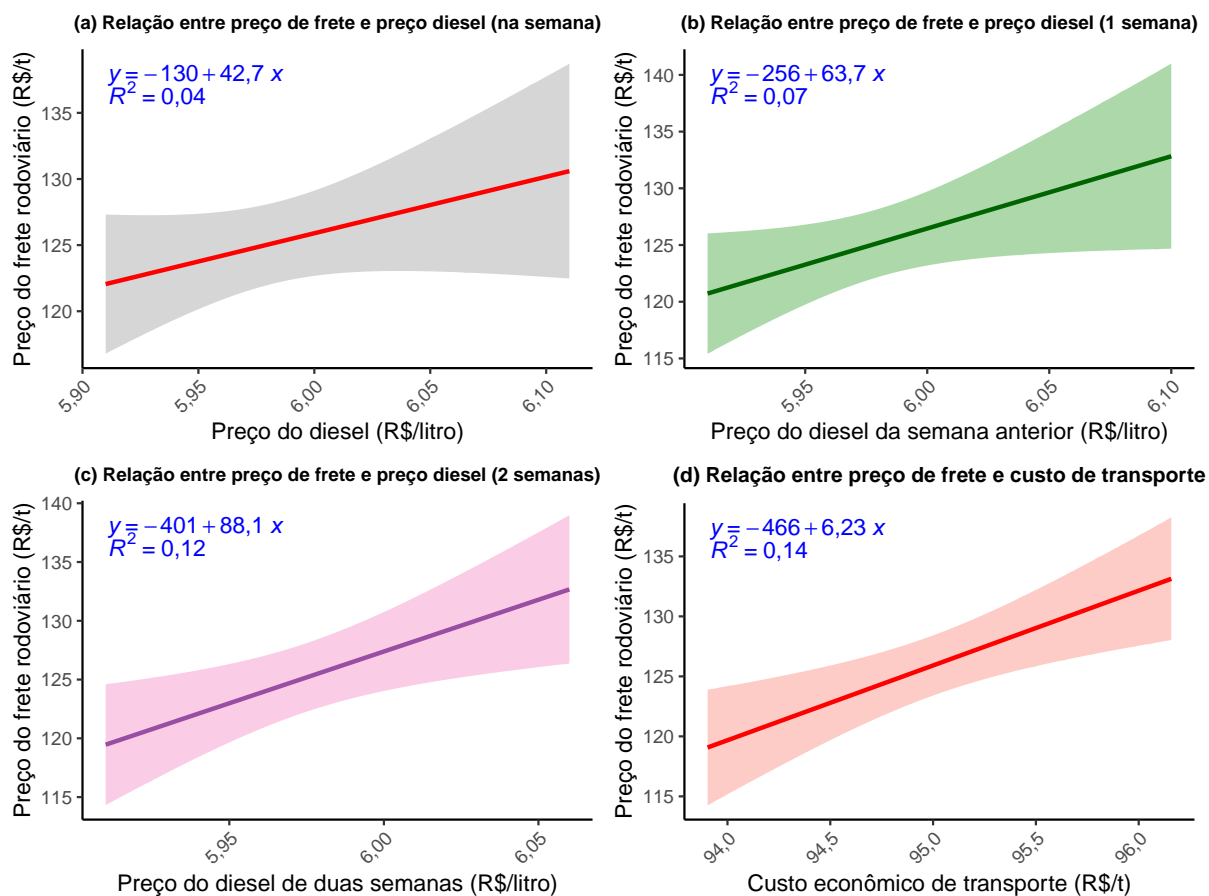


Figura 12: Regressão linear entre o preço do frete (com pedágio e impostos) e o preço do diesel semanal, intervalo de confiança de 90 por cento (ESALQ-LOG, 2025)

### 3 Parâmetros mercadológicos e operacionais na modelagem da estimativa do custo econômico e da margem na rota

Nesta seção são apresentados os parâmetros mercadológicos e operacionais da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) no ano de 2024 com a finalidade de avaliar os riscos dos custos e das margens de transporte, que serão introduzidos na próxima seção. A figura 13 sintetiza as principais distribuições dos dados utilizados, considerando o prazo operacional de um ano.

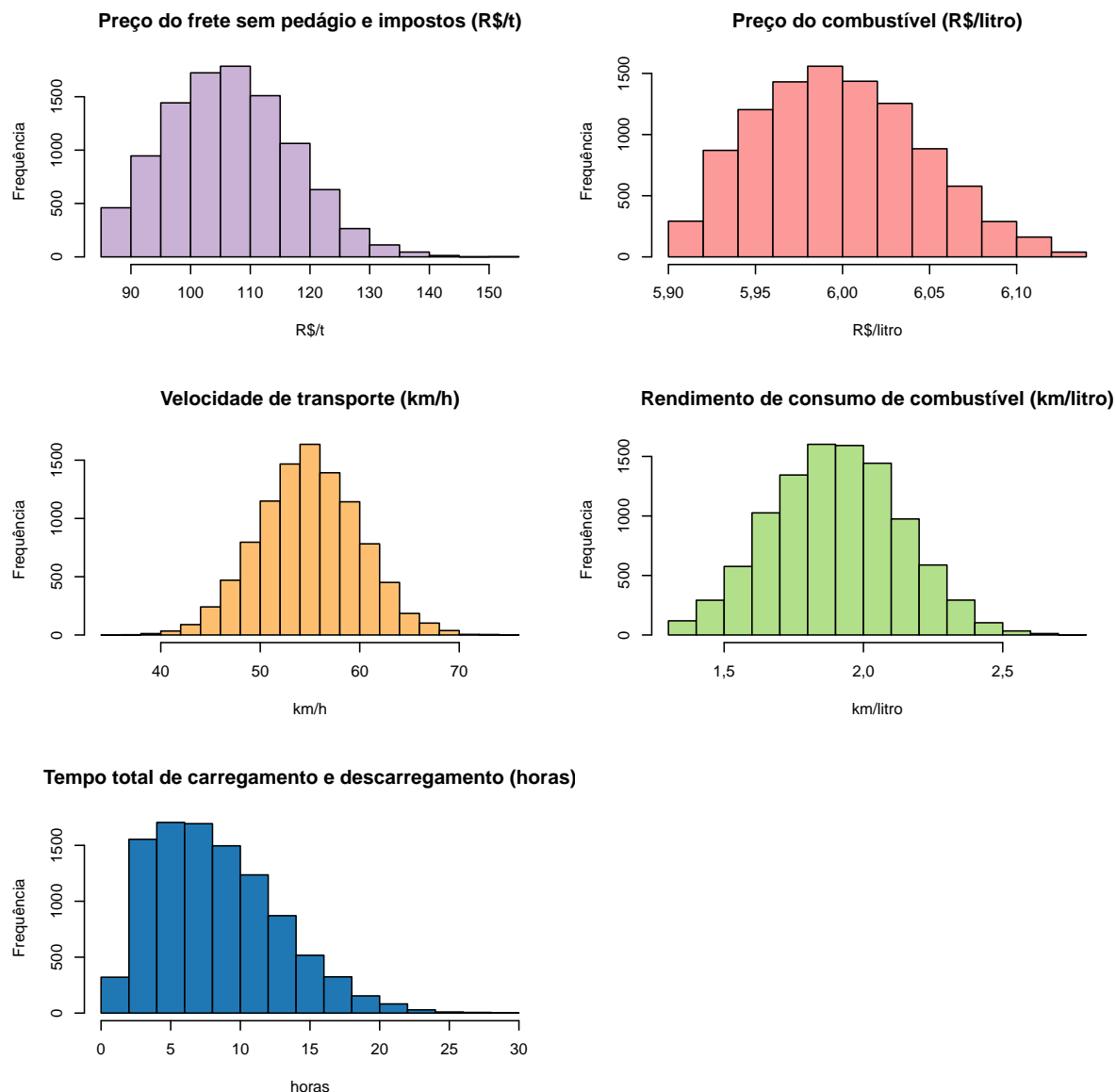


Figura 13: Indicadores operacionais e mercadológicos da rota (ESALQ-LOG, 2025)

## 4 Análise do custo econômico de transporte da rota: riscos e análise de sensibilidade

O objetivo desta seção é avaliar o comportamento da distribuição dos custos econômicos de transporte da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) no ano de 2024 incorporando mudanças nos parâmetros mercadológicos e operacionais do transporte.

### 4.1 Distribuição do custo de transporte na rota nas condições mercadológicas e operacionais definidas

A figura 14 apresenta a curva de distribuição (14a) e curva de distribuição acumulada (14b) do custo econômico de transporte em função da variação dos parâmetros de velocidade média de transporte, rendimento do consumo de combustível, tempo total de carregamento e descarregamento, preço do combustível, custo fixo e outros componentes do custo variável além do preço do combustível, de forma a avaliar os riscos, bem como, a distribuição acumulada do custo econômico do transporte.

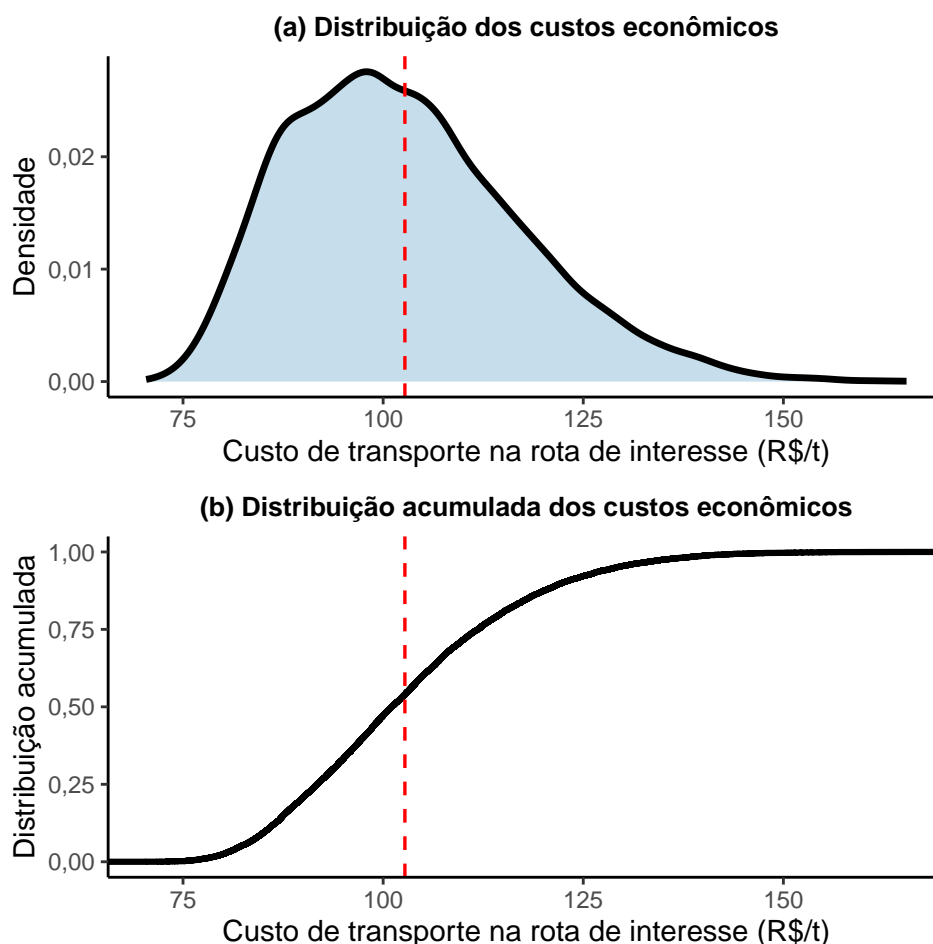


Figura 14: Incorporação dos riscos nos custos - (a) Distribuição dos custos de transporte e (b) Distribuições acumuladas dos custos de transporte (ESALQ-LOG, 2025)

O custo econômico médio de transporte estimado, incorporando os riscos de variações dos parâmetros supracitados, foi de R\$ 102,72/tonelada com desvio padrão de R\$ 14,43/tonelada.

Em termos de frequência, os 5% piores resultados de custos econômicos de transporte de todas as simulações realizadas, incorporando os diferentes riscos mercadológicos e operacionais, apresentaram custos superiores a R\$ 129,12/tonelada. Neste *cluster* estão as situações de operações com baixa velocidade



média de transporte, alto consumo de combustível no trajeto, elevado tempo de carregamento e descarregamento associado a aquisição de óleo diesel em épocas mais caras - situação para caminhões com elevada idade média de frota e avariados.

Por outro lado, os 5% melhores resultados de custos econômicos de transporte apresentaram custos até R\$ 82,2/tonelada. Neste *cluster*, estão as situações de operações de caminhões de alta eficiência energética, que trafegam em uma velocidade média mais favorável, com tempos de carregamento e descarregamento mais produtivos e com preços de combustível adquiridos em épocas mais vantajosas, simultaneamente com os demais fatores favoráveis.

Por volta de 36,84% das simulações realizadas variando os parâmetros de riscos apresentaram custos entre R\$ 95,5/tonelada e R\$ 109,93/tonelada, considerando a média do custo econômico  $\pm 0,5$  desvio padrão.

Considerando o intervalo da média  $\pm 1$  desvio padrão, observa-se que 66,82% das simulações apresentaram custos entre R\$ 88,29/tonelada e R\$ 117,15/tonelada.

## 4.2 Análise de sensibilidade determinística: custo de transporte em função de mudanças de produtividade na rota

Nesta seção é apresentada uma análise de sensibilidade determinística considerando variações apenas no valor médio de cada parâmetro do modelo do custo econômico da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS), para as condições observadas no ano de 2024.

A variação de +10% na velocidade média do transporte na rota de Cruz Alta (RS) para Rio Grande (RS) provoca uma variação de -2,66 % no custo do transporte. Uma variação de +10% no preço do combustível provoca uma variação de 7,55% no custo do transporte.

Uma variação de +10% no rendimento de consumo de combustível provoca uma variação de -4,12% no custo do transporte. A variação de +10% no tempo médio de carregamento e descarregamento ocasiona uma variação de 2,04% no custo do transporte.

A relação inversa também é verdadeira, por exemplo, uma variação de -10% no rendimento de consumo de combustível provoca uma variação de 4,12% no custo do transporte. Importante também destacar que tal interpretação deve ser realizada variando apenas um parâmetro, mantendo os demais constantes, condição *Ceteris paribus*.

Tais indicadores demonstram a importância dos fatores de produtividade no gerenciamento de custos operacionais do transporte e também como que melhorias nas condições viárias (infraestrutura), por exemplo, podem trazer efeitos positivos para contribuir com melhor produtividade no transporte.

Os indicadores também podem ser interpretados como elasticidades<sup>1</sup>.

A figura 15 apresenta os custos econômicos de transporte da rota em função de variações de cada parâmetro médio de produtividade e de preço de combustível de forma a evidenciar a importância da gestão e seus efeitos compensatórios no custos.

<sup>1</sup>Estimadas a partir de modelos econométricos.

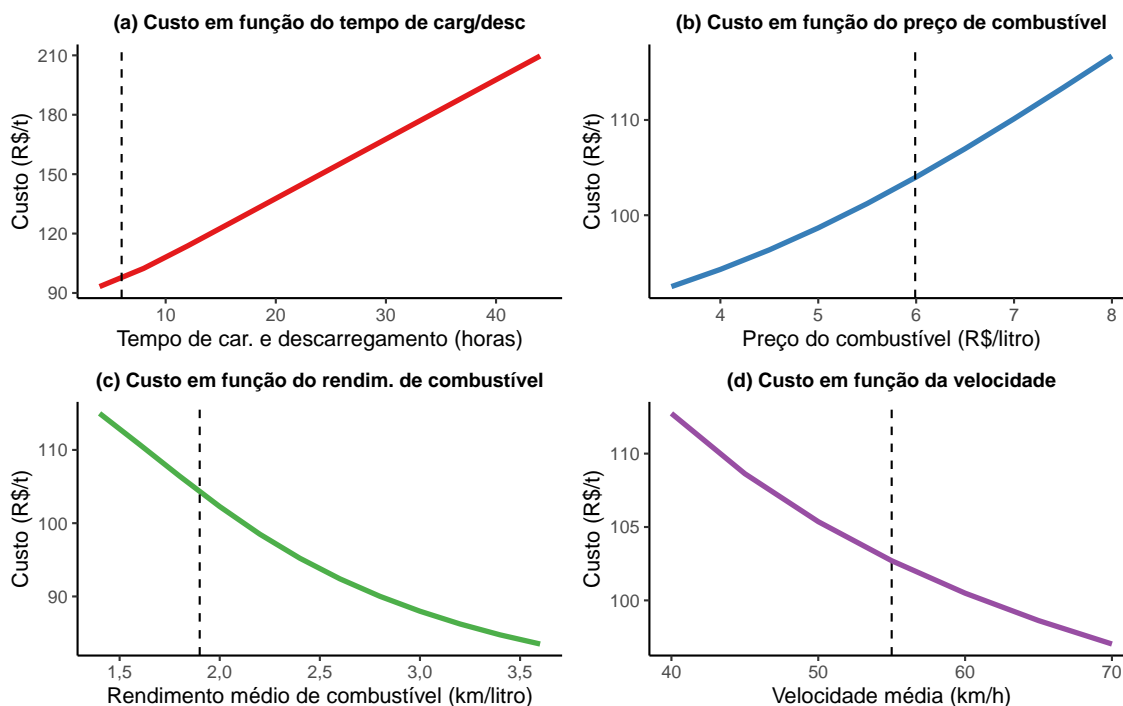


Figura 15: Custo de transporte da rota, em Reais por tonelada, em função de variações de cada parâmetro de produtividade e de preço de combustível (ESALQ-LOG, 2025). A linha tracejada representa o valor médio de referência

### 4.3 Análise de sensibilidade probabilística: custo de transporte em função de mudanças de produtividade na rota

Esta análise, diferentemente da anterior, incorpora todos os riscos dos parâmetros mercadológicos e operacionais na rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS), para as condições observadas no ano de 2024, simulando mudanças na média do parâmetro seguindo a sua distribuição probabilística.

A figura 16 sintetiza as curvas de distribuição de custos econômicos de transporte da rota em função de cada mudança no tempo total de carregamento e descarregamento (16a), preço do combustível (16b), rendimento do consumo de combustível (16c) e velocidade média (16d).

As curvas são deslocadas da esquerda para a direita no sentido de menor custo econômico para o de maior custo econômico conforme há uma piora dos valores médios dos parâmetros avaliados.

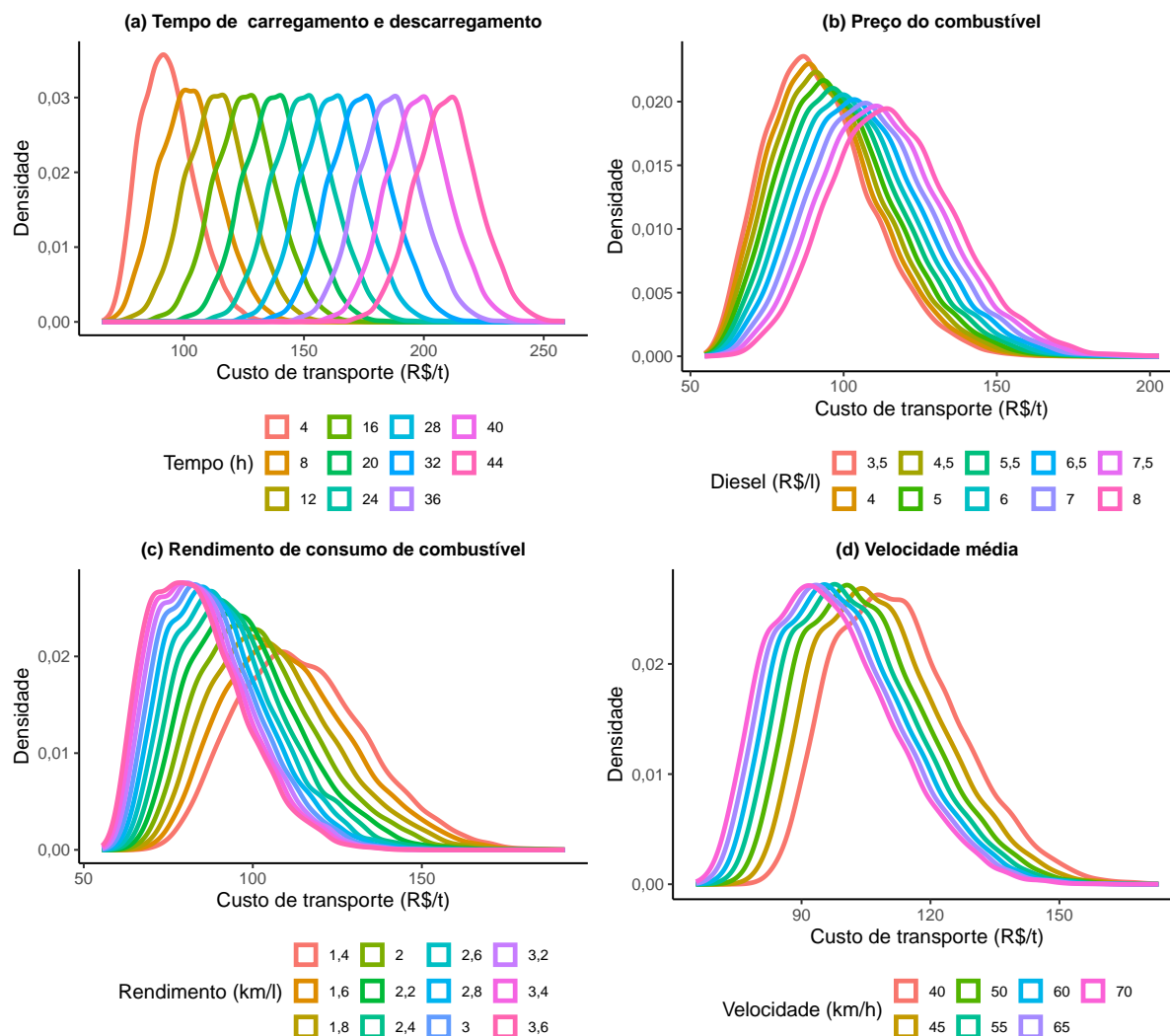


Figura 16: Distribuições dos custos de transporte, em Reais por tonelada, para diferentes níveis médios de tempo de carregamento e descarregamento, preço de combustível, rendimento de consumo de combustível e velocidade média (ESALQ-LOG, 2025)

A tabela 2 apresenta a estatística descritiva dos resultados das simulações realizadas contemplando mudanças de tempo de carregamento e descarregamento, preço de combustível, rendimento de consumo de combustível e velocidade média em cada cenário de risco avaliado, apresentando os valores médios observados de custo econômico de transporte, desvio padrão, percentil de 5% (P5) e percentil de 95% (P95).

O percentil de 5% apresenta o limite máximo de custo econômico de transporte para as 5% melhores observações das simulações realizadas, enquanto o percentil de 95% mostra o limite mínimo de custo econômico das 5% piores observações das simulações realizadas.

Tabela 2: Estatísticas dos resultados das simulações realizadas com as variações nos parâmetros e seus efeitos no custo econômico de transporte (Reais por tonelada)

Valor médio simulado	Custo (R\$/t)	Desvio padrão do custo (R\$/t)	Percentil de 5% do custo (R\$/t)	Percentil de 95% do custo (R\$/t)
<b>Tempo de carregamento e descarregamento (horas)</b>				
4	93,23	10,95	77,05	112,94
8	102,42	12,51	82,48	123,96
12	113,80	13,08	92,59	135,81
16	125,74	13,16	104,43	147,86
20	137,73	13,18	116,39	159,88
24	149,72	13,20	128,42	171,89
28	161,71	13,22	140,35	183,95
32	173,70	13,25	152,26	196,06
36	185,69	13,27	164,20	208,15
40	197,68	13,30	176,13	220,20
44	209,67	13,34	188,05	232,25
<b>Rendimento de consumo de combustível (km/l)</b>				
1,4	114,98	19,00	86,61	148,73
1,6	110,74	18,69	83,45	144,64
1,8	106,41	18,08	80,54	139,76
2	102,27	17,27	77,80	134,32
2,2	98,50	16,41	75,33	128,91
2,4	95,22	15,65	73,14	124,33
2,6	92,41	15,05	71,11	120,15
2,8	90,02	14,62	69,36	116,96
3	87,98	14,32	67,82	114,18
3,2	86,24	14,12	66,50	112,06
3,4	84,76	13,97	65,36	110,27
3,6	83,51	13,86	64,33	108,85
<b>Preço do combustível (R\$/l)</b>				
3,5	92,50	17,19	67,53	123,73
4	94,31	17,63	68,52	126,27
4,5	96,36	18,09	69,69	128,96
5	98,67	18,55	71,23	131,86
5,5	101,22	18,99	73,01	135,24
6	104,01	19,39	75,03	138,61
6,5	106,99	19,74	77,13	141,92
7	110,13	20,05	79,74	145,36
7,5	113,38	20,31	82,59	149,18
8	116,72	20,53	85,46	152,71
<b>Velocidade média (km/h)</b>				
40	112,74	14,66	91,63	139,32
45	108,63	14,51	87,84	135,08
50	105,37	14,43	84,75	131,68
55	102,70	14,38	82,19	128,98
60	100,49	14,36	80,01	126,64
65	98,62	14,34	78,19	124,74
70	97,03	14,33	76,64	123,17

Fonte: ESALQ-LOG (2023)

## 5 Análise da margem de transporte (%): riscos e sensibilidade

Nesta seção, o objetivo é apresentar uma estimativa da distribuição da margem de transporte incorporando riscos relacionados às variações de parâmetros mercadológicos e operacionais da rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) no ano de 2024.

A margem de transporte é calculada a partir da decomposição do preço do frete rodoviário empresa para o frete rodoviário sem impostos (PIS e COFINS) e pedágio, descontando-o do custo econômico do transporte. Importante destacar que tal custo não incorpora despesas administrativas do transportador.

Formalmente, a margem estimada é:

$$Margem_{i,j,a} = \frac{Frete_{i,j,a} - Custo_{i,j,a}}{Frete_{i,j,a}} \quad (5)$$

onde  $Margem_{i,j,a}$  é a margem de transporte (em %) na rota com origem  $i$ , destino  $j$  e ano  $a$ .

O custo econômico do transporte rodoviário ( $Custo_{i,j,a}$ ) na rota de origem  $i$ , destino  $j$  ano  $a$ :

$$Custo_{i,j,a} = f(custofixo_a, custovariável_a, distância_{i,j}, produtividadeoperacional_{i,j,a}) \quad (6)$$

O preço do frete rodoviário ( $Frete_{i,j,a}$ ) na rota de origem  $i$ , destino  $j$  ano  $a$ , descontando impostos e pedágio:

$$Frete_{i,j,a} = f(condiçõesdemercado_{i,j,a}) \quad (7)$$

A seção é segmentada inicialmente na análise da distribuição da margem de transporte e na sequência é apresentada uma análise de sensibilidade dos fatores mais críticos que contribuem para variações mais significativas na margem de transporte.

A figura 17 apresenta a distribuição da margem de transporte (figura 17a) e a distribuição acumulada da margem de transporte (figura 17b), em porcentagem, a partir de variações observados no ano dos preços de fretes, custos fixos, custos variáveis (preço de combustível e outros componentes), tempo de carregamento e descarregamento, rendimento do consumo de combustível e velocidade média.

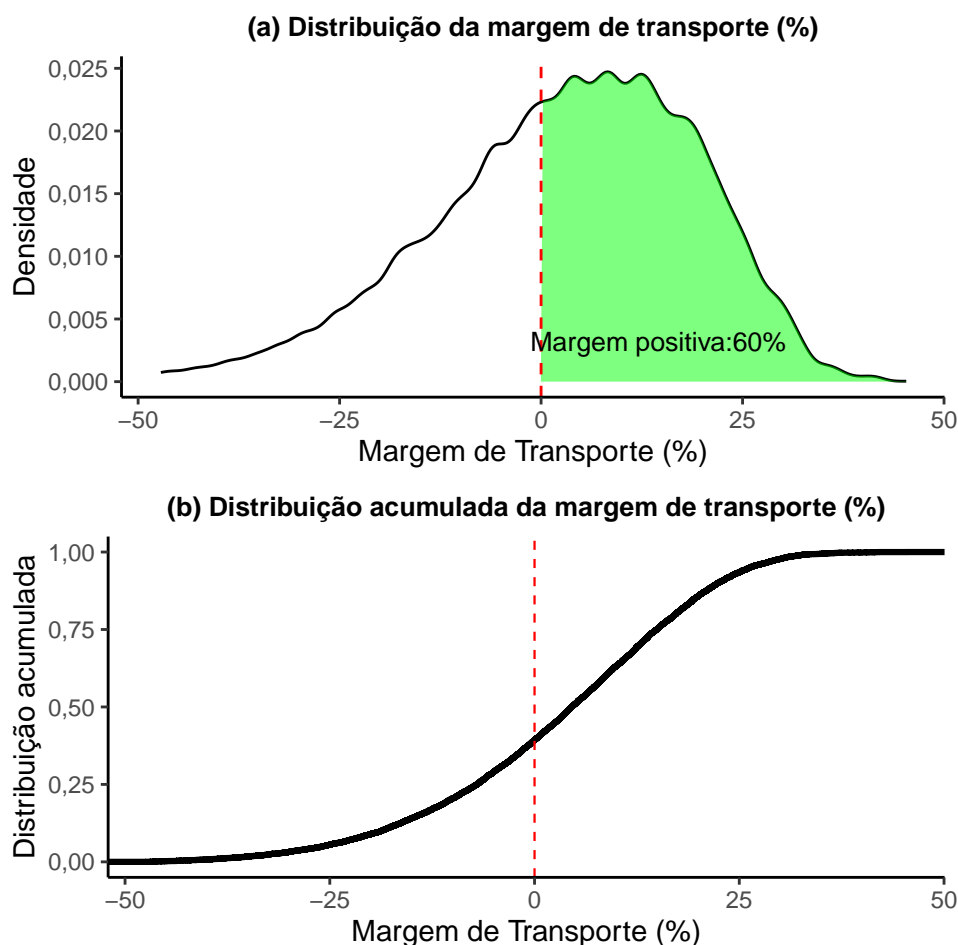


Figura 17: Incorporação dos riscos nas margens - (a) Distribuição das margens de transporte e (b) Distribuições acumuladas das margens de transporte, em porcentagem (ESALQ-LOG, 2025)

A margem média de transporte incorporando todos os riscos das variações de preços de fretes, preços de combustíveis, componentes do custo fixo, componentes do custo variável, velocidade média, tempo de carregamento e descarregamento e rendimento do consumo de combustível é de 2,78% com desvio padrão de 16,42%.

Em termos de frequência os 5% piores resultados de margem de transporte de todas as simulações realizadas, incorporando as variações diversas, apresentaram valores inferiores a -26,8%.

Por outro lado, os 5% melhores resultados de margens de transporte apresentaram valores superiores a 26,28%.

Por volta de 37,1% das simulações realizadas variando os parâmetros de riscos apresentaram margens entre -5,43% e 10,99%, considerando a média da margem  $\pm 0,5$  desvio padrão.

Para o intervalo da margem média  $\pm 1$  desvio padrão, observa-se que 68,22% das simulações apresentaram margens entre -13,65% e 19,2%.

É interessante destacar que 39,6% das situações simuladas apresentaram margem negativa, ou seja, 60,4% apresentaram margens positivas ou nulas.

O detalhamento da distribuição da frequência de ocorrência por classes de margens de transporte pode ser visualizado na tabela 3.

Tabela 3: Frequência de observações das margens de transporte

Margem (%)	Frequência (%)
Margem negativa	39,60
Até 5%	11,68
De 5,1% até 10%	12,16
De 10,1% até 15%	11,82
De 15,1% até 20%	10,61
De 20,1% até 30%	11,89
De 30,1% até 40%	2,11
De 40,1% até 50%	0,13
Acima de 50,1%	0,00

Fonte: ESALQ-LOG (2023)

### 5.1 Análise de sensibilidade: fatores mais importantes de serem gerenciados para a margem de transporte

A figura 18 apresenta os fatores mais determinantes da estimativa de margem de transporte na rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS) de Soja, Milho no ano de 2024. A barra colorida em verde mostra o efeito da mudança a partir do aumento de 10% do parâmetro médio avaliado na margem de transporte. A barra colorida em vermelho mostra o efeito da mudança da redução de 10% do parâmetro médio na margem de transporte.

Os fatores mais críticos para o gerenciamento da margem de transporte estão elencados em ordem decrescente de importância. Valores à direita da linha tracejada mostram uma contribuição para o aumento da margem, enquanto valores à esquerda da linha tracejada mostram um desfavorecimento para a margem.

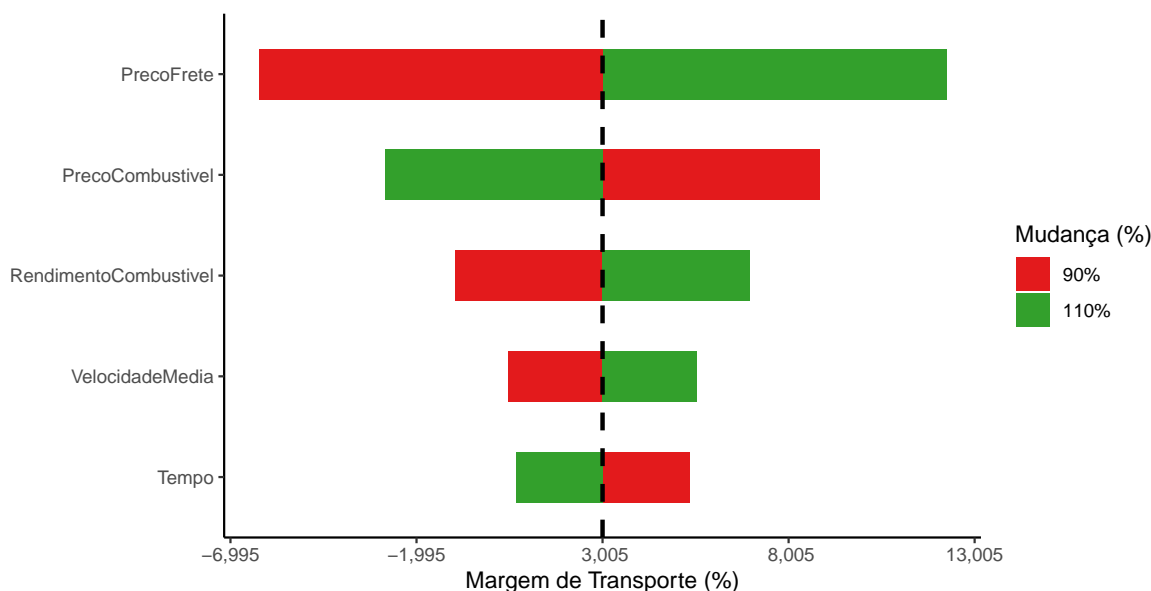


Figura 18: Análise de sensibilidade dos fatores críticos determinantes da margem de transporte com variações de 10 por cento em cada fator de margem (ESALQ-LOG, 2025)

### 5.2 Análise de sensibilidade probabilística: margem de transporte em função de mudanças de produtividade na rota

Esta análise incorpora todos os riscos dos parâmetros mercadológicos e operacionais na rota Cruz Alta (RS) - Rio Grande (RS), para as condições observadas no ano de 2024, simulando mudanças na média

do parâmetro seguindo a sua distribuição probabilística.

A figura 19 apresenta as curvas de distribuição da margem de transporte da rota em função de cada mudança no tempo total de carregamento e descarregamento, preço do combustível, rendimento do consumo de combustível e velocidade média.

As curvas são deslocadas da esquerda para a direita no sentido de menor margem para o de maior margem conforme há uma melhora dos valores médios dos parâmetros avaliados.

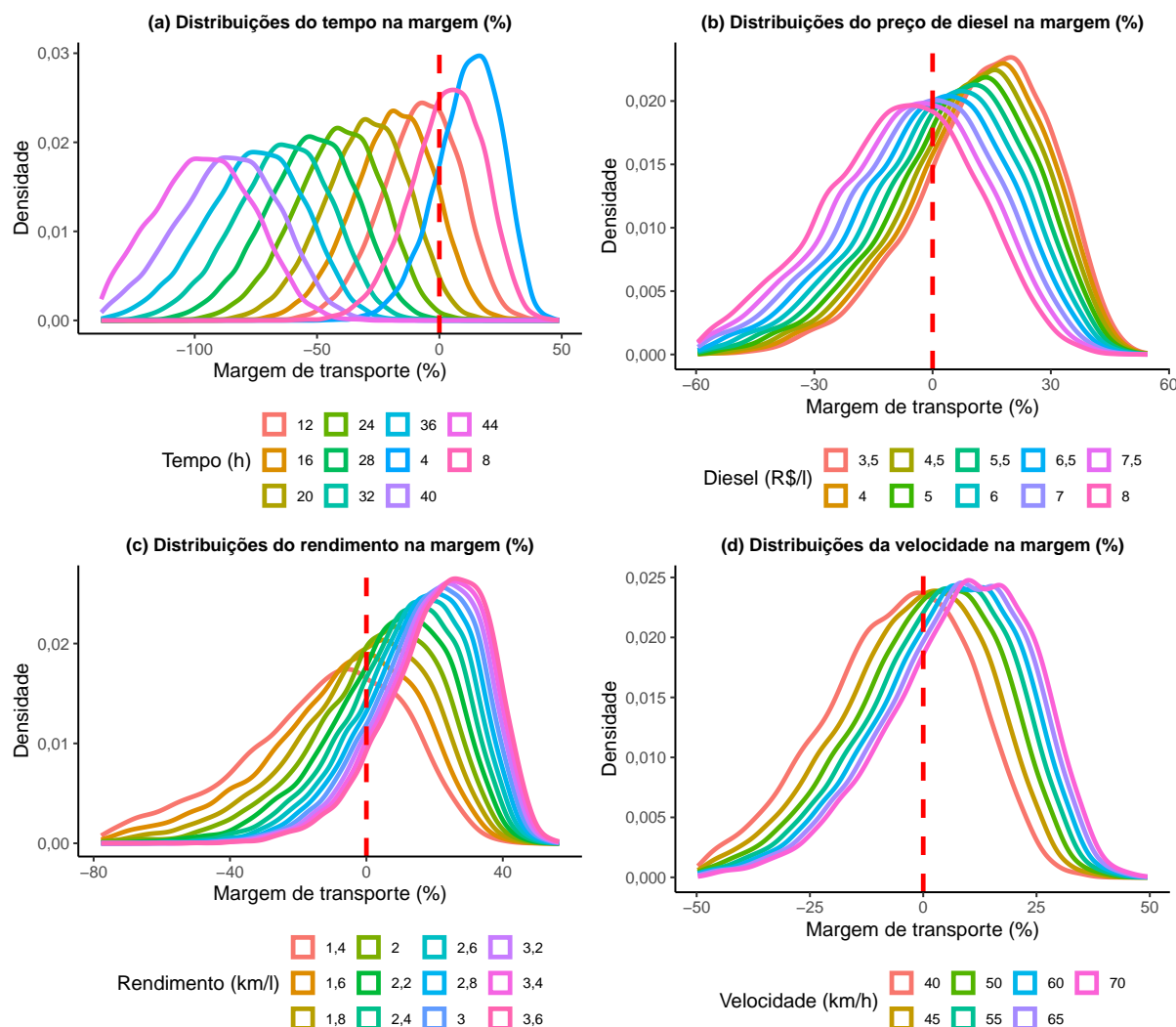


Figura 19: Curvas de distribuição das margens para diferentes cenários simulados dos parâmetros mercadológicos e operacionais (Fonte: ESALQ-LOG, 2025)

A figura 20 apresenta as curvas de distribuição acumulada da margem de transporte da rota em função de cada mudança no tempo total de carregamento e descarregamento, preço do combustível, rendimento do consumo de combustível e velocidade média.

A linha tracejada em vermelho nas figuras ilustra a margem igual a zero (onde o preço de frete se iguala ao custo econômico do transporte). Quando há uma piora nos indicadores de produtividade e do preço do combustível, percebe-se o aumento do valor de frequência acumulada nesta linha. A relação inversa também é verdadeira.



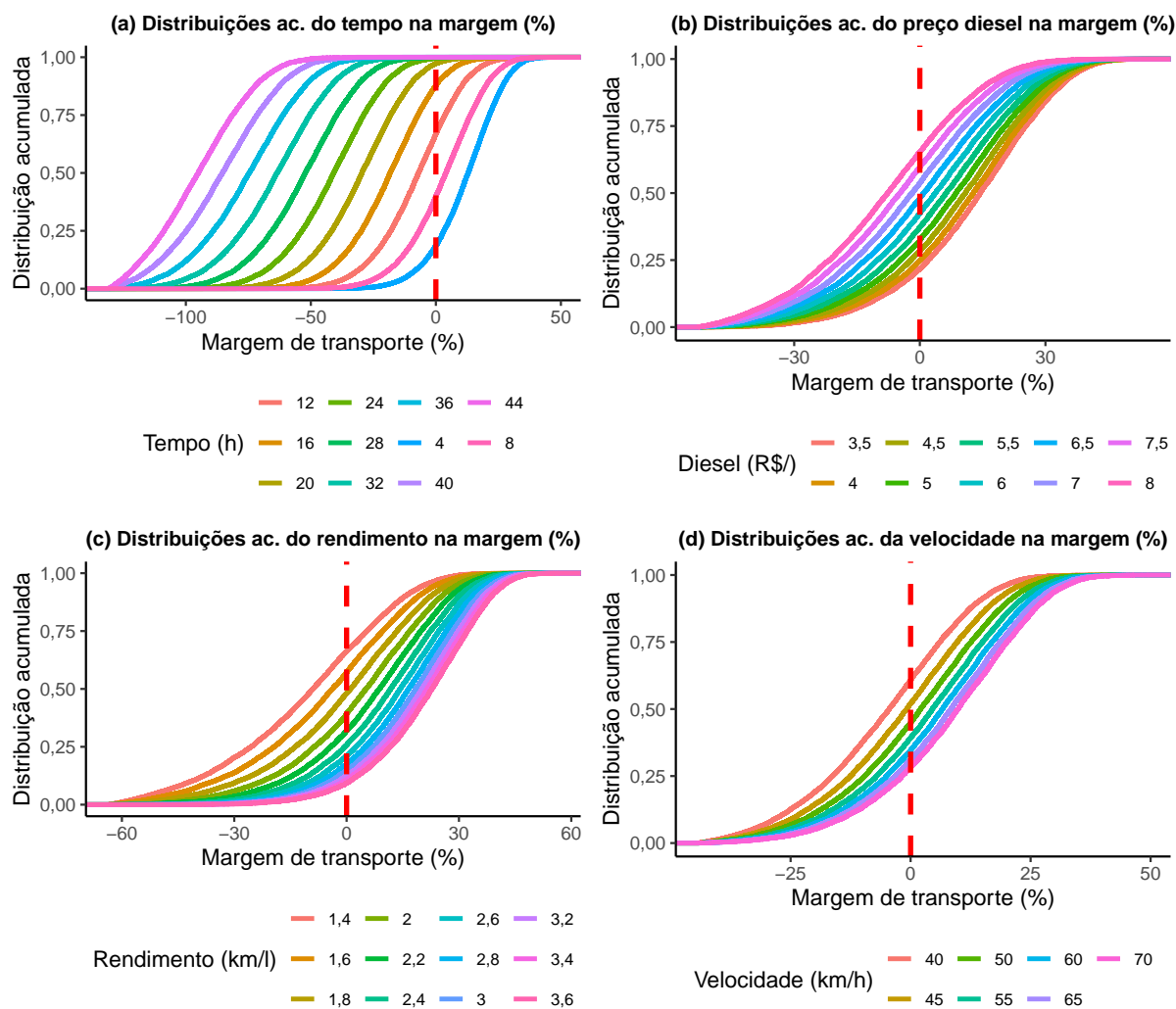


Figura 20: Curvas de distribuição acumulada das margens para diferentes cenários simulados dos parâmetros mercadológicos e operacionais (Fonte: ESALQ-LOG, 2025)

A tabela 4 apresenta a estatística dos resultados consolidados dos cenários de riscos relacionados às mudanças de tempo de carregamento e descarregamento, preço de combustível, rendimento de consumo de combustível e velocidade média, apresentando os valores médios observados de margem, desvio padrão, percentil de 5% (P5) e percentil de 95% (P95).

O percentil de 5% apresenta o limite máximo de margem de transporte para as 5% piores observações das simulações realizadas, enquanto o percentil de 95% mostra o limite mínimo de margem das 5% melhores observações das simulações realizadas.

Tabela 4: Estatísticas dos resultados das simulações realizadas com as variações nos parâmetros e seus efeitos na margem de transporte (porcentagem)

Valor médio simulado	Margem média (%)	Desvio padrão da margem (%)	Percentil de 5% da margem (%)	Percentil de 95% da margem (%)
<b>Tempo de carregamento e descarregamento (horas)</b>				
4	11,76	13,27	-11,86	31,38
8	3,06	14,92	-23,10	25,72
12	-7,71	15,93	-35,34	16,90
16	-19,00	16,63	-47,89	6,80
20	-30,35	17,32	-60,54	-3,62
24	-41,69	18,04	-73,06	-13,81
28	-53,03	18,79	-85,87	-24,05
32	-64,38	19,56	-98,54	-34,10
36	-75,72	20,36	-111,40	-44,18
40	-87,07	21,17	-123,96	-54,24
44	-98,41	22,00	-136,76	-64,30
<b>Rendimento de consumo de combustível (km/l)</b>				
1,4	-15,44	27,45	-68,03	20,42
1,6	-8,50	24,70	-54,66	23,92
1,8	-2,51	22,06	-42,89	27,03
2	2,46	19,86	-33,72	29,72
2,2	6,51	18,25	-27,01	31,95
2,4	9,81	17,16	-21,82	33,93
2,6	12,52	16,45	-17,52	35,78
2,8	14,80	15,97	-14,22	37,38
3	16,73	15,64	-11,59	38,76
3,2	18,38	15,39	-9,51	40,02
3,4	19,78	15,20	-7,68	41,19
3,6	20,96	15,06	-6,23	42,16
<b>Preço do combustível (R\$/l)</b>				
3,5	12,61	17,38	-18,95	37,63
4	10,91	17,78	-21,41	36,62
4,5	8,98	18,20	-23,93	35,41
5	6,81	18,62	-26,77	34,07
5,5	4,40	19,05	-29,92	32,39
6	1,77	19,46	-33,27	30,45
6,5	-1,04	19,85	-36,76	28,32
7	-4,01	20,20	-40,28	26,00
7,5	-7,09	20,53	-43,75	23,43
8	-10,25	20,83	-47,45	20,74
<b>Velocidade média (km/h)</b>				
40	-6,71	17,07	-37,45	18,15
45	-2,82	16,76	-32,95	21,45
50	0,27	16,54	-29,33	24,13
55	2,79	16,38	-26,57	26,29
60	4,88	16,26	-24,27	28,17
65	6,65	16,16	-22,40	29,81
70	8,16	16,09	-20,85	31,16

Fonte: ESALQ-LOG (2023)

## 6 Referências

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). *Estatísticas de preços de combustíveis*. Acesso: 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo*. Acesso: 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html>.

Fundação Getúlio Vargas (FGV). *Série de dados do IGP-DI*. Instituto Brasileiro de Economia. Acesso: 2023. Disponível em: <https://portal.fgv.br/>.

Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG). *Pesquisa de custo de transporte rodoviário*. Acesso: 2023. Piracicaba, SP. Brasil.

Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA). *Indicadores de preços de fretes rodoviários*. Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial, Piracicaba, SP. Acesso: <https://sifreca.esalq.usp.br/>.