

Modelagem e otimização do custo de transporte

Matemática Aplicada

Marcos Matos dos Santos
3 de outubro de 2026



O modelo de custo por quilômetro

$$C(v) = 0,0025 v^2 + 90/v$$

$v > 0$, em km/h. $C(v)$, em R\$/km.

Combustível e desgaste crescem com v^2 .

O custo por tempo, distribuído por km, diminui com v .

Custos elevados nos dois extremos

$$v \rightarrow 0^+ \quad C(v) \rightarrow +\infty$$

$$v \rightarrow +\infty \quad C(v) \rightarrow +\infty$$

Uma velocidade muito baixa aumenta o tempo por km.

Uma velocidade muito alta amplia o componente quadrático.

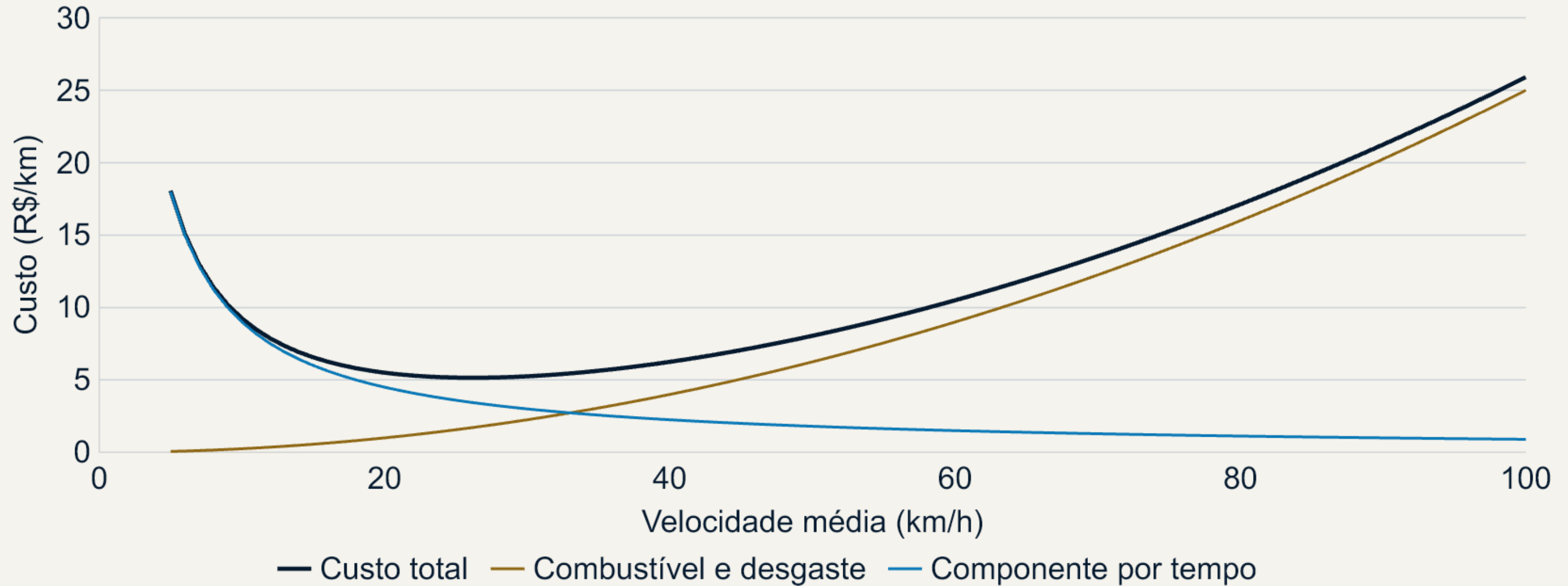
Tabela de sensibilidade

Velocidade média	Custo por quilômetro
30 km/h	R\$ 5,25
50 km/h	R\$ 8,05
60 km/h	R\$ 10,50
80 km/h	R\$ 17,125
100 km/h	R\$ 25,90

30 km/h é o menor custo entre os cinco valores pedidos.

O mínimo da função pode estar entre valores não tabelados.

A curva tem um único mínimo



Mínimo em aproximadamente 26,21 km/h.

O custo cai antes desse ponto e cresce depois dele.

Derivada e velocidade econômica

$$C'(v) = 0,005v - 90/v^2$$

$$C'(v) = 0 \text{ implica } 0,005v^3 = 90$$

$$v^3 = 18.000$$

$$v^* = \sqrt[3]{18.000} \approx 26,2074 \text{ km/h}$$

$$C''(v) = 0,005 + 180/v^3 > 0 \text{ para todo } v > 0$$

O custo mínimo é R\$ 5,151214 por km

R\$ 5,151214/km

Combustível e desgaste: R\$ 1,717071/km

Componente por tempo: R\$ 3,434143/km

No ótimo, o componente por tempo é o dobro do quadrático.

Comparação da viagem de 240 km

Indicador	Mínimo matemático	90 km/h
Velocidade média	26,21 km/h	90 km/h
Custo por km	R\$ 5,151214	R\$ 21,25
Custo da rota	R\$ 1.236,29	R\$ 5.100,00
Tempo modelado	9h09min	2h40min

A 90 km/h, o custo aumenta R\$ 3.863,71.

Aumento de 312,52% em relação ao mínimo.

O tempo calculado diminui de 9h09min para 2h40min.

Um prazo muda a alternativa viável

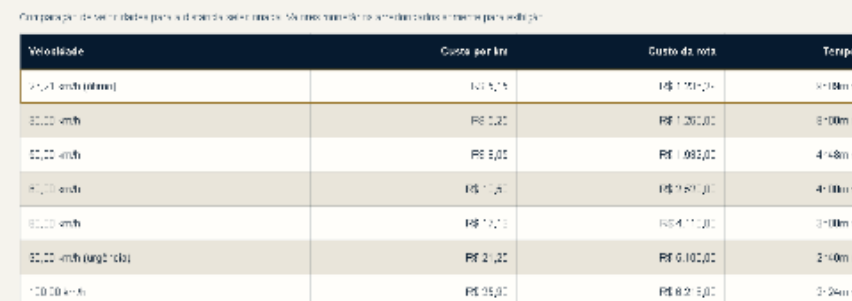
Extensão didática: entrega em até 4 horas.

$240/v \leq 4$ exige $v \geq 60$ km/h.

Com teto de 90 km/h, o mínimo viável ocorre a 60 km/h.

Custo da rota: R\$ 2.520,00.

Seleção e atualização de conteúdo e revisão de fundamentos do curso. Os capítulos possuem a apresentação completa e os tópicos mais importantes de forma resumida.



A decisão operacional exige mais informações

Prazo, condições da via e limites de velocidade

Trânsito, paradas, carga e estado do veículo

Segurança, jornada e qualidade do serviço

Dados reais para estimar e revisar os coeficientes

Resultados e conclusão

26,21 km/h minimiza a função do exercício.

A rota custa R\$ 1.236,29 no mínimo matemático.

A 90 km/h, o custo cresce 312,52%.

Uma decisão justificada combina cálculo e condições operacionais.