



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia – UFMG**  
**Departamento de Engenharia Mecânica – DEMEC**

---

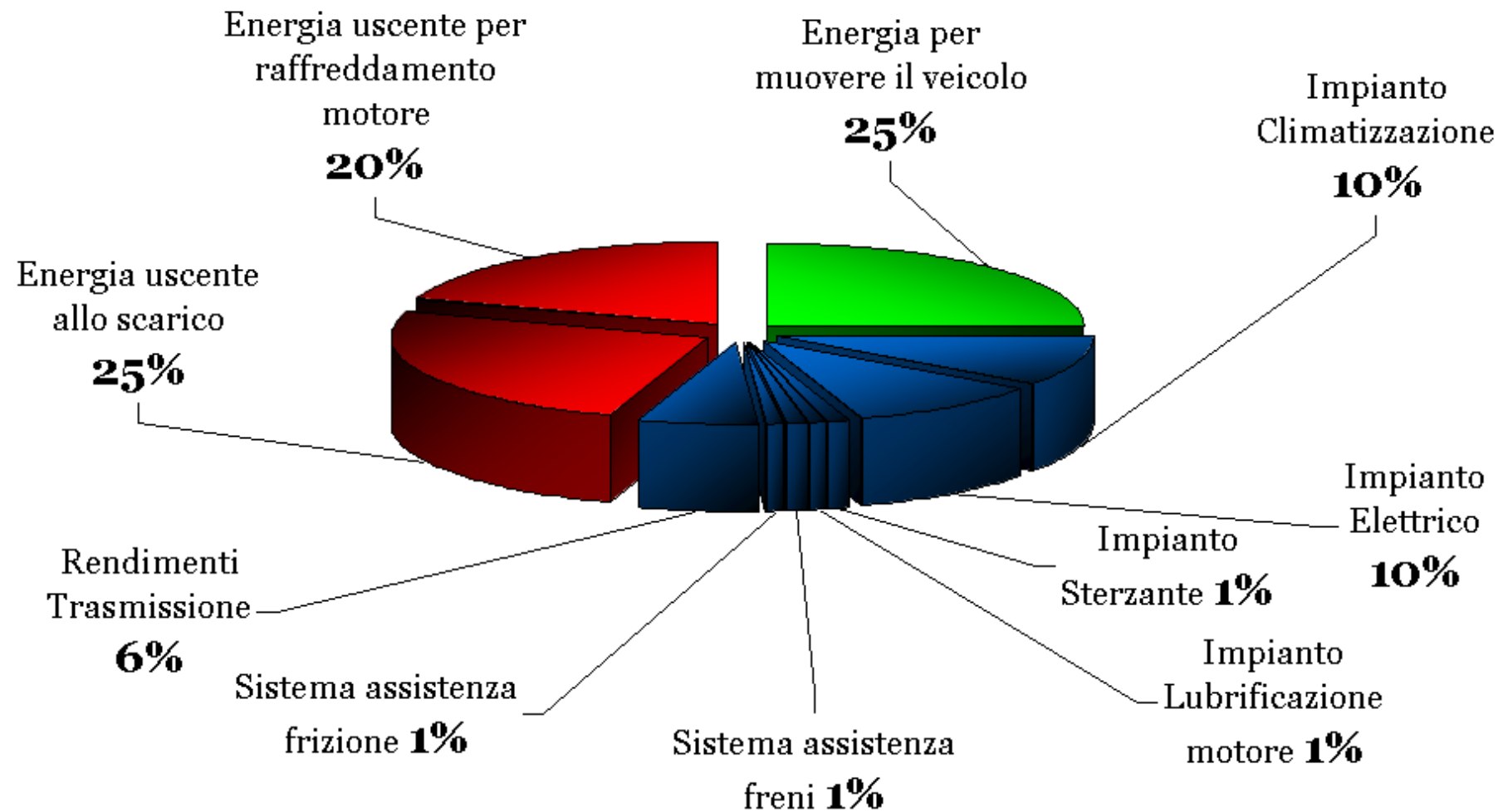
Motores de Combustão Interna

**Compatibilidade Motor x Veículo x**  
**Escalonamento de Marchas**

Prof. Fabrício Pujatti

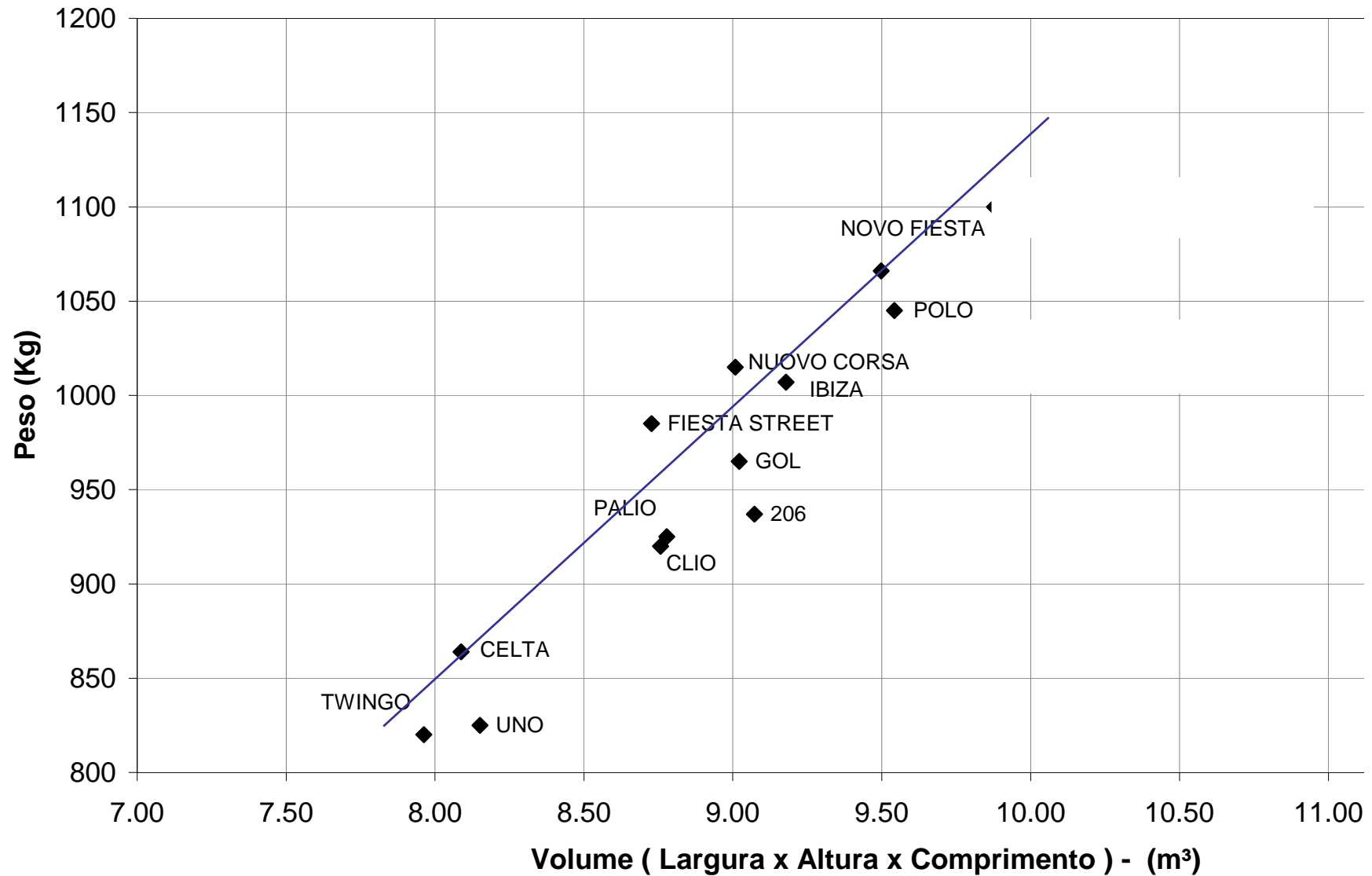
## Conceitos:

---

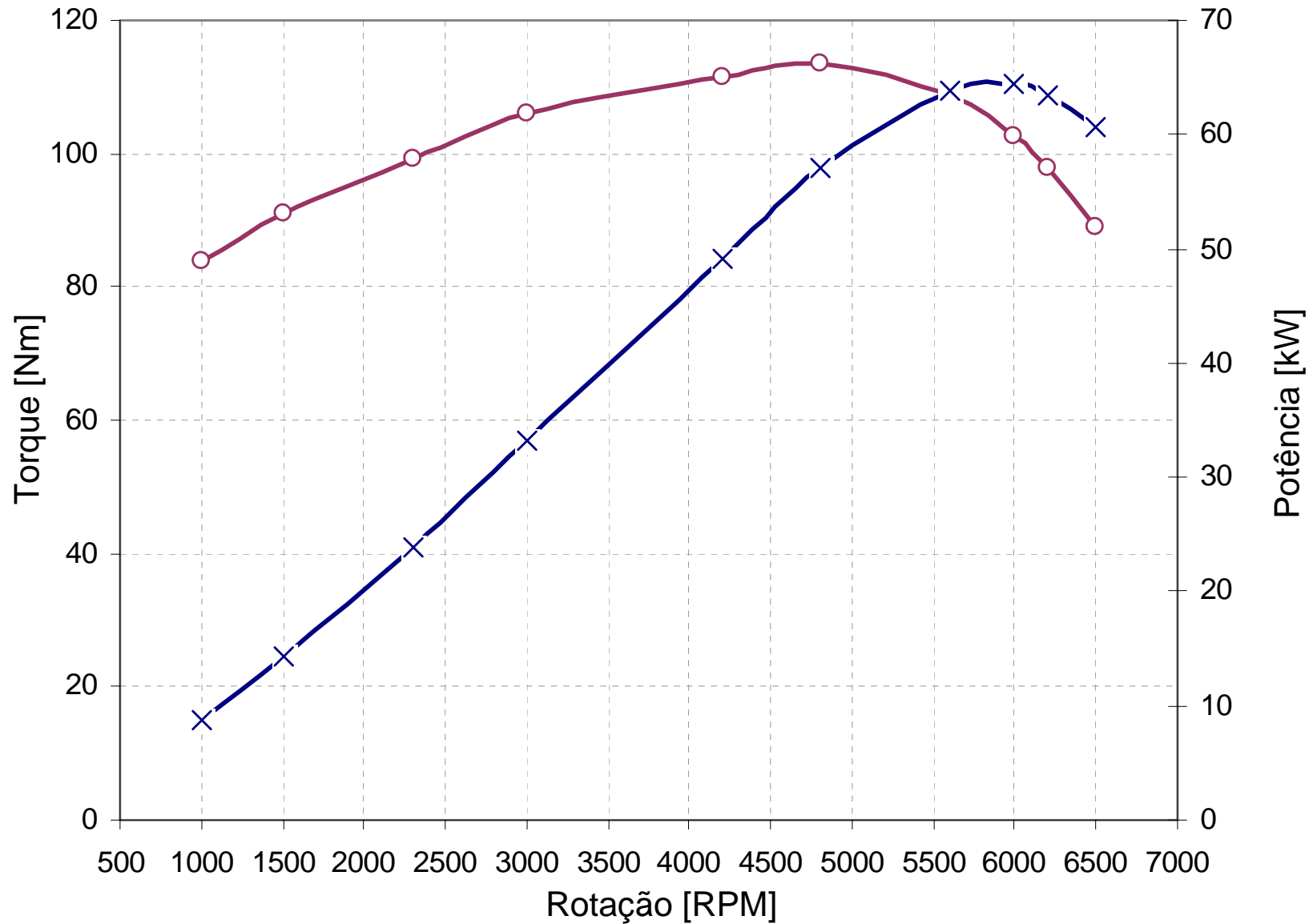




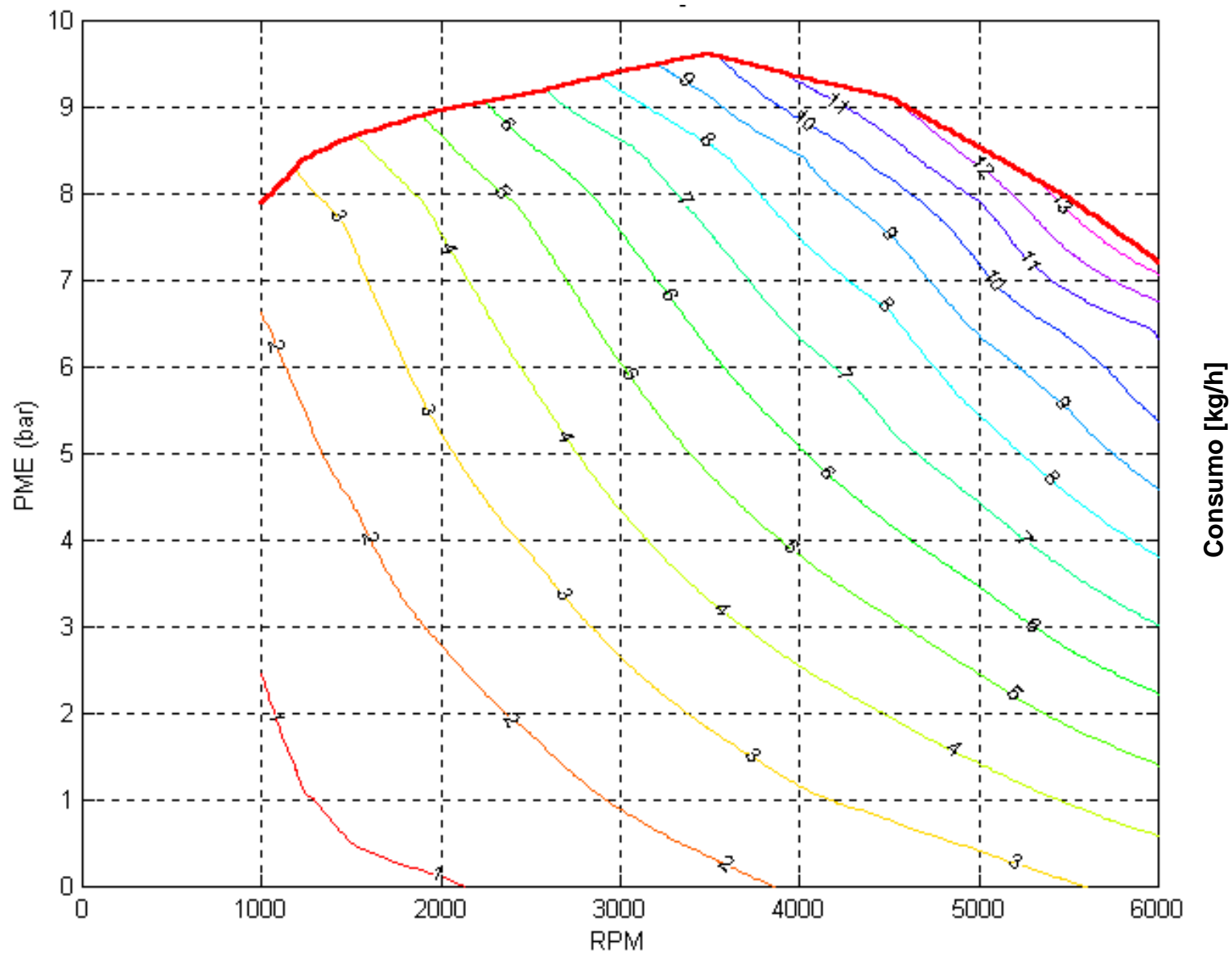
# Peso x Volume: Evolução



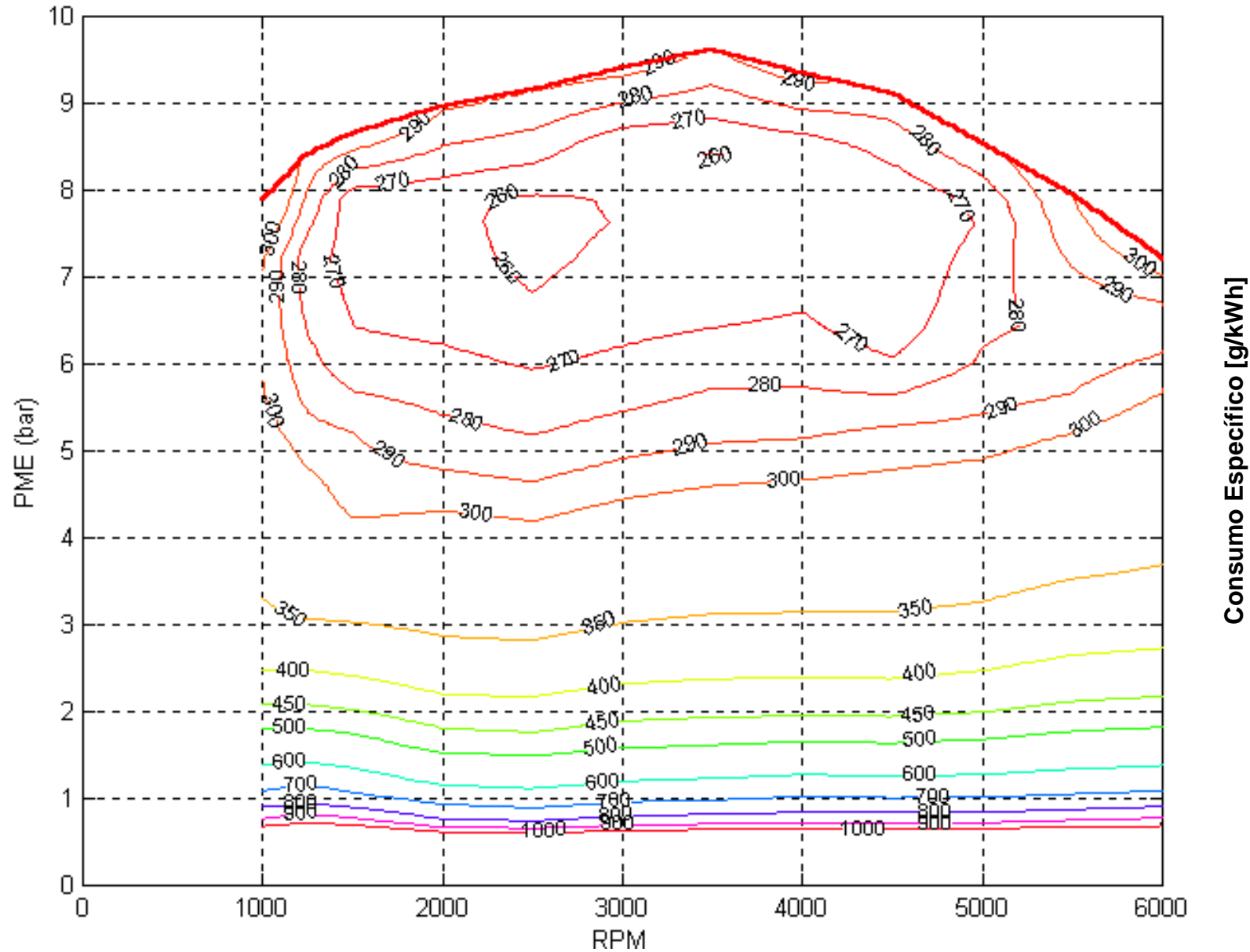
## Curvas Características:



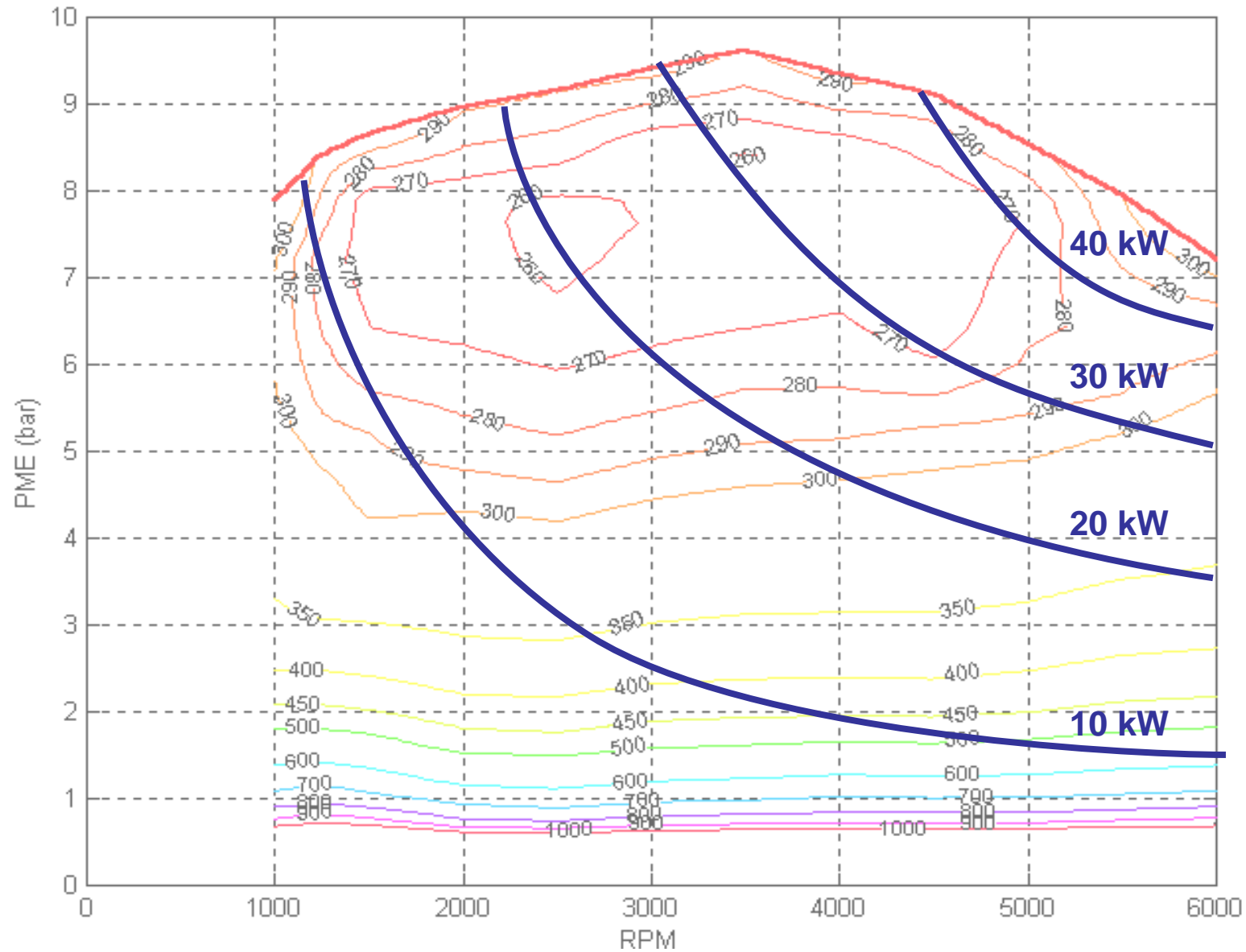
# Curvas Características:



# Curvas Características:

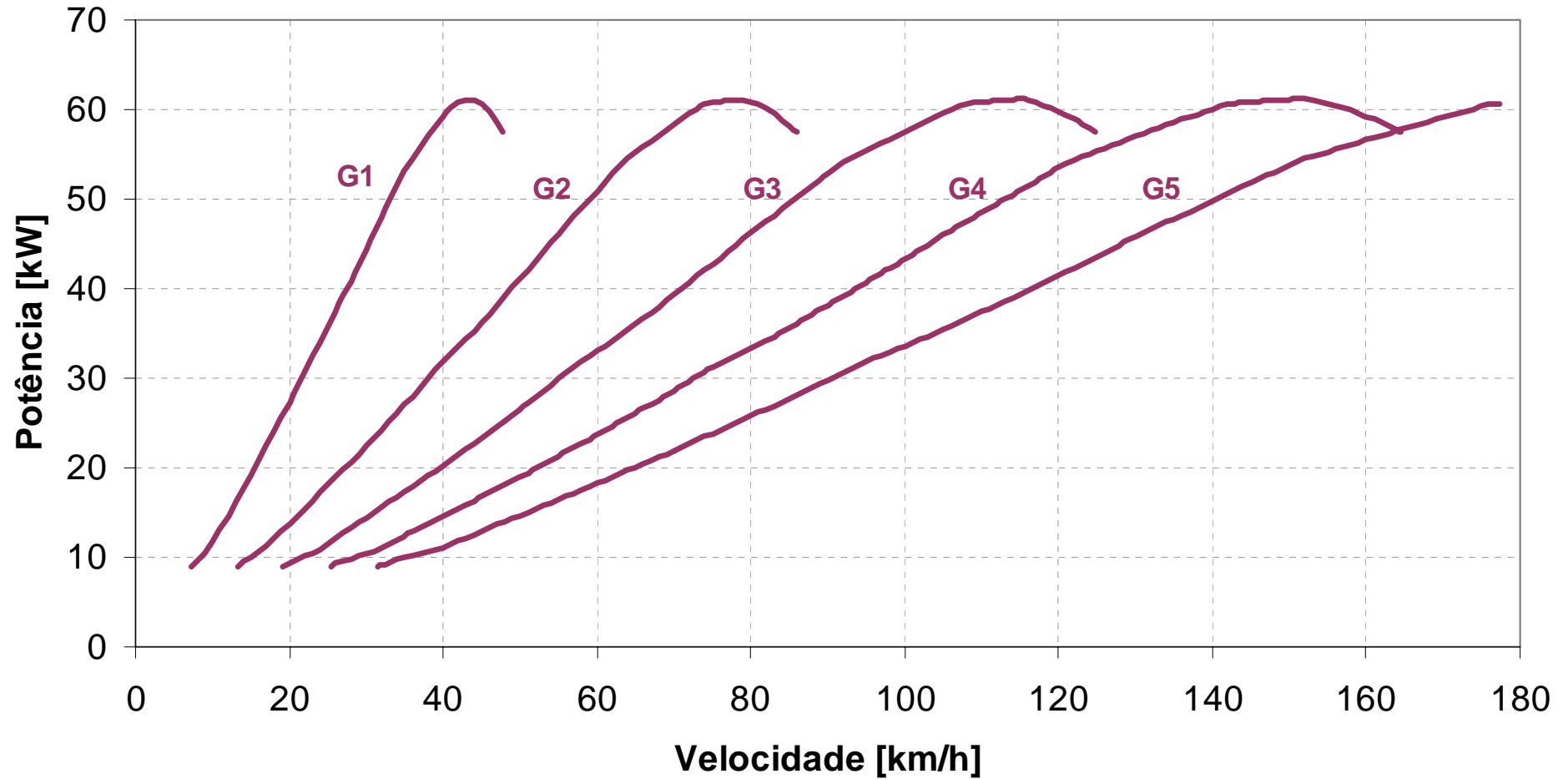


# Curvas Características:

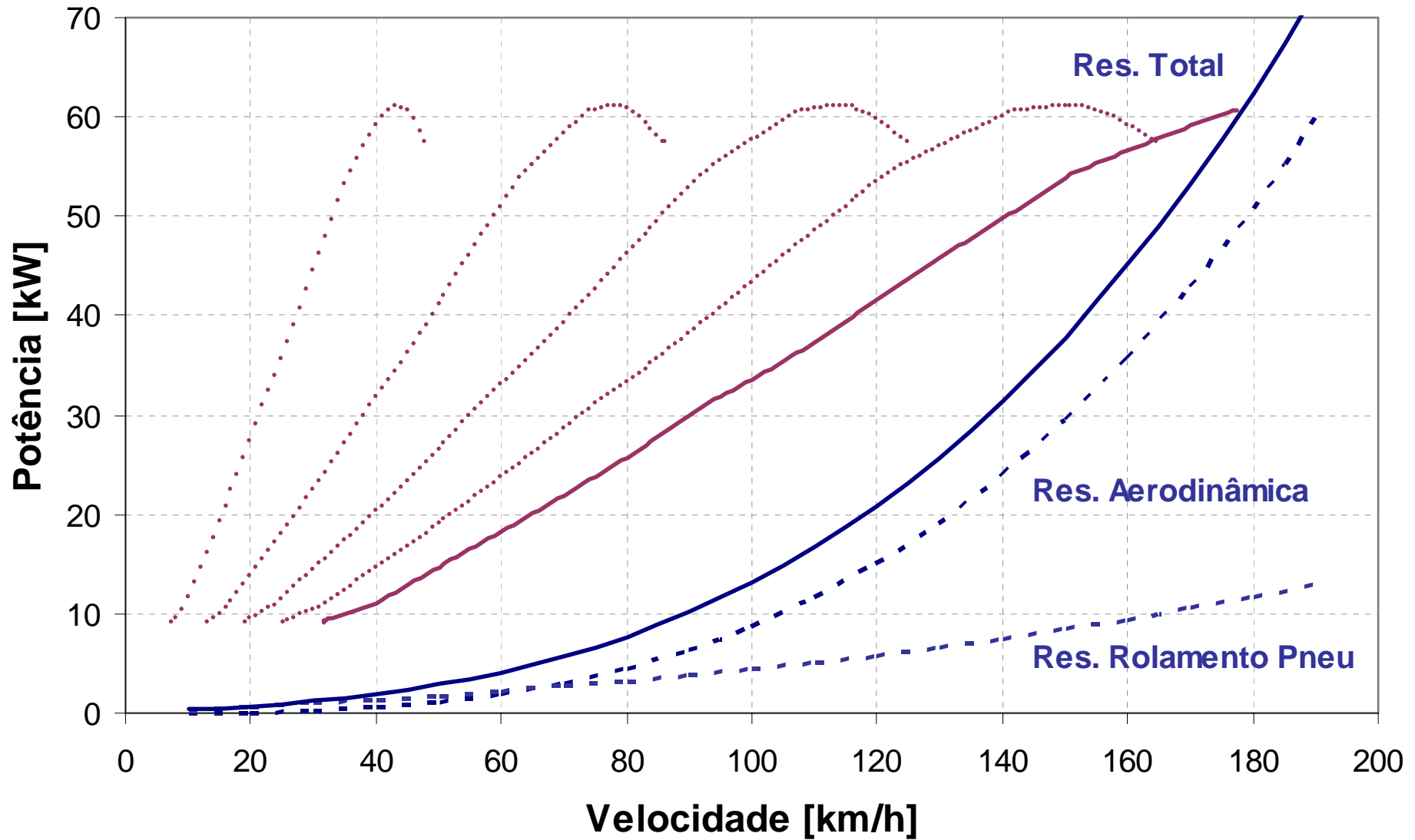




## Potência no Eixo de Tração:

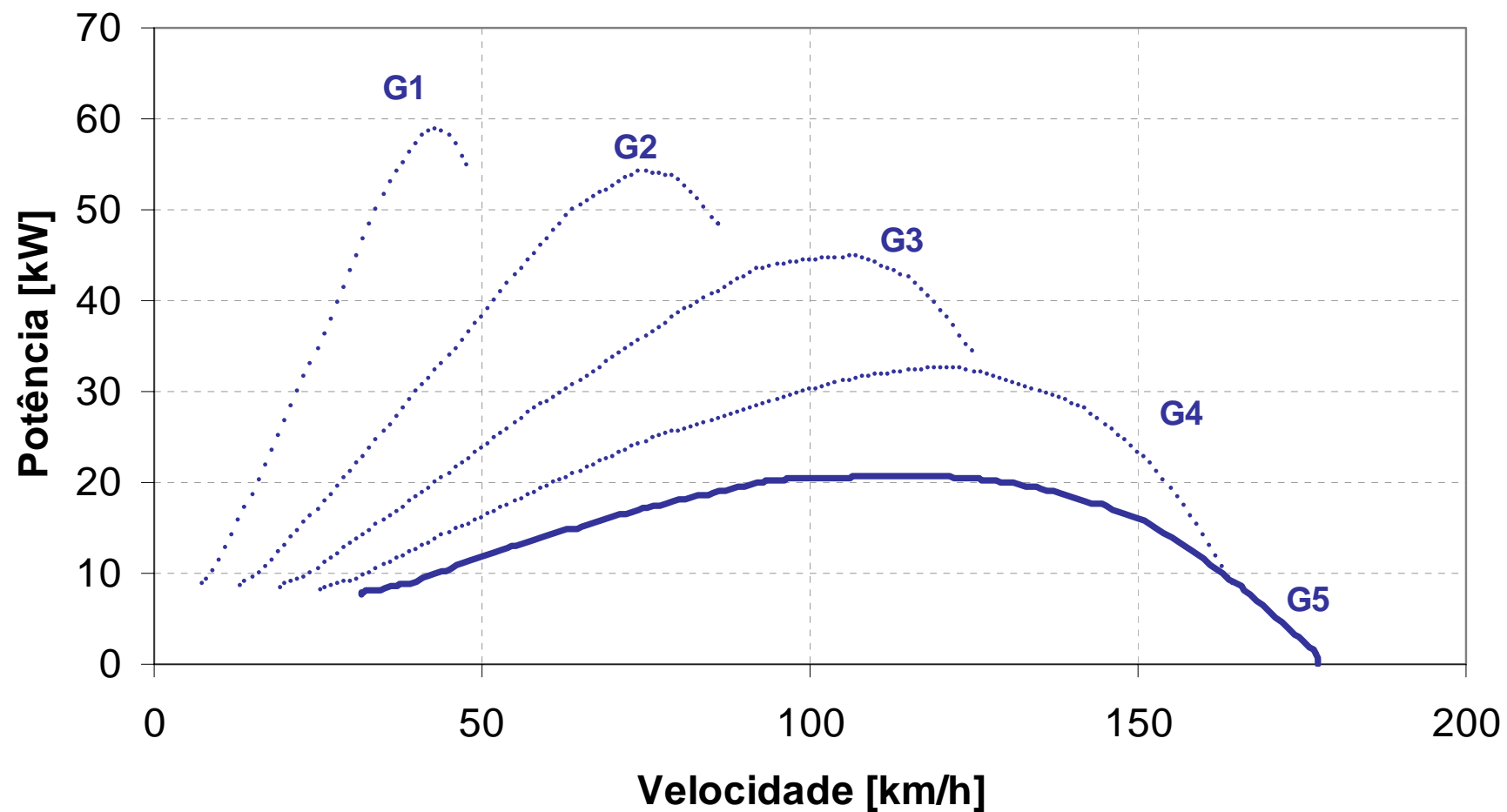


## Potência Disponível:

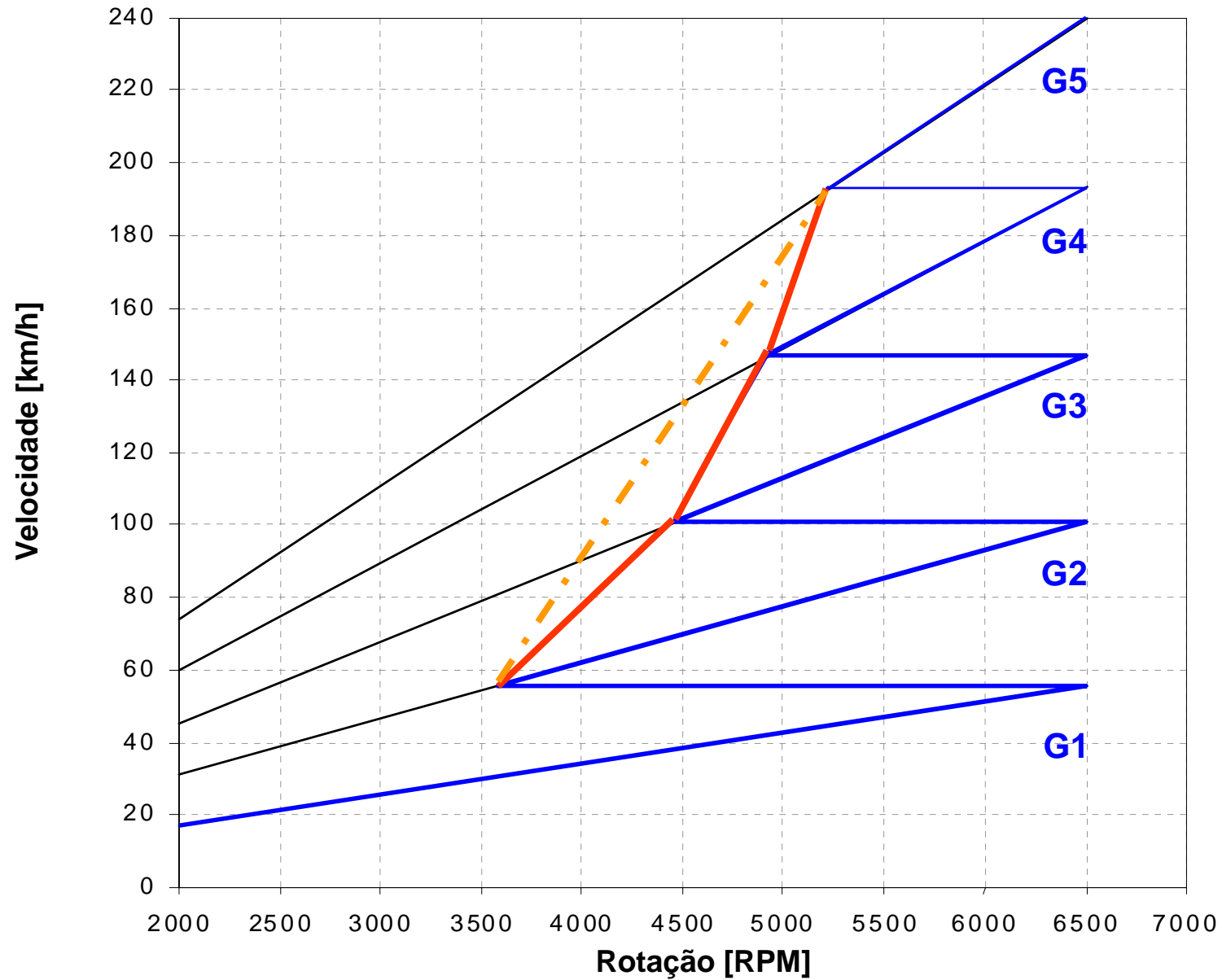


## Potência Disponível:

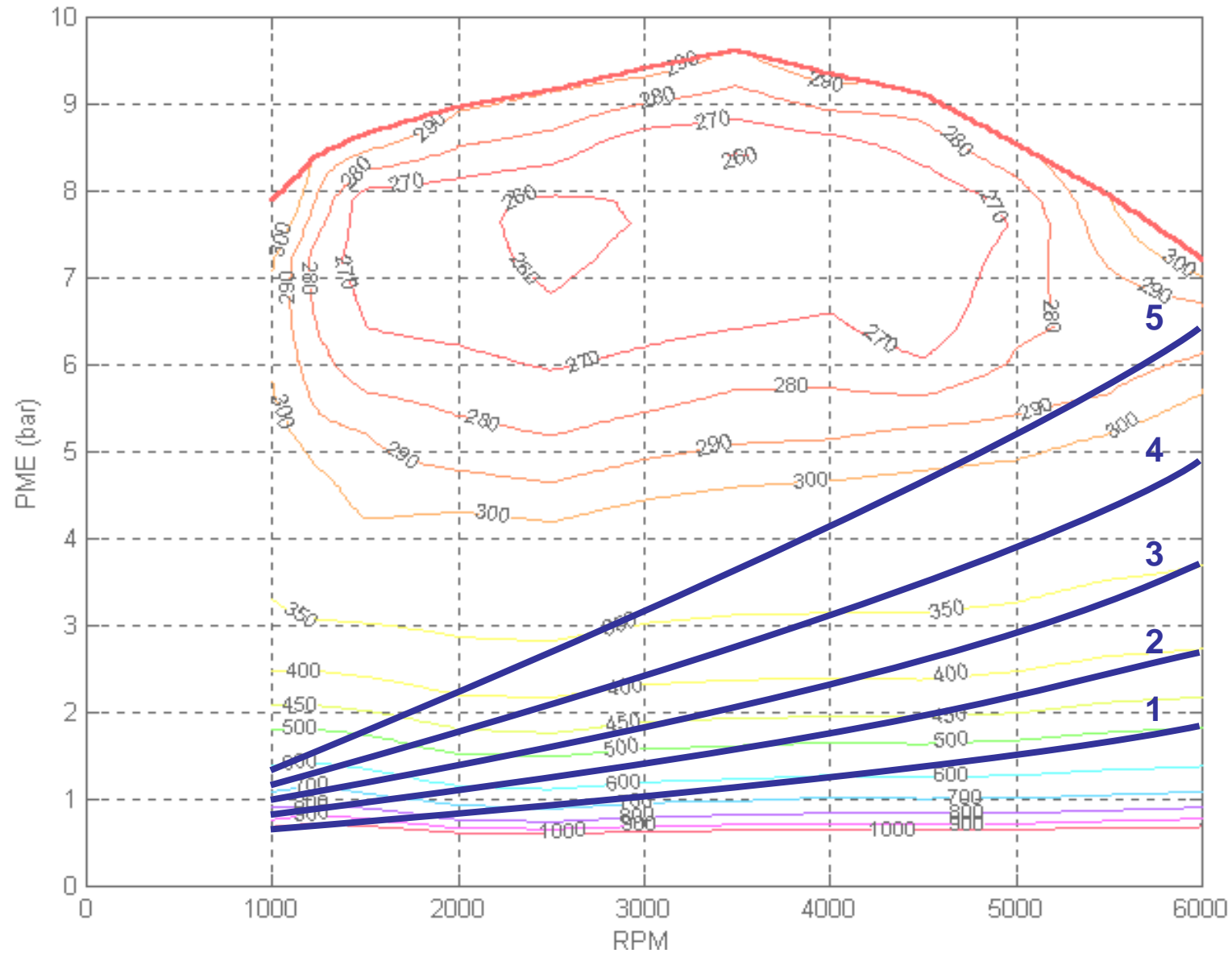
---



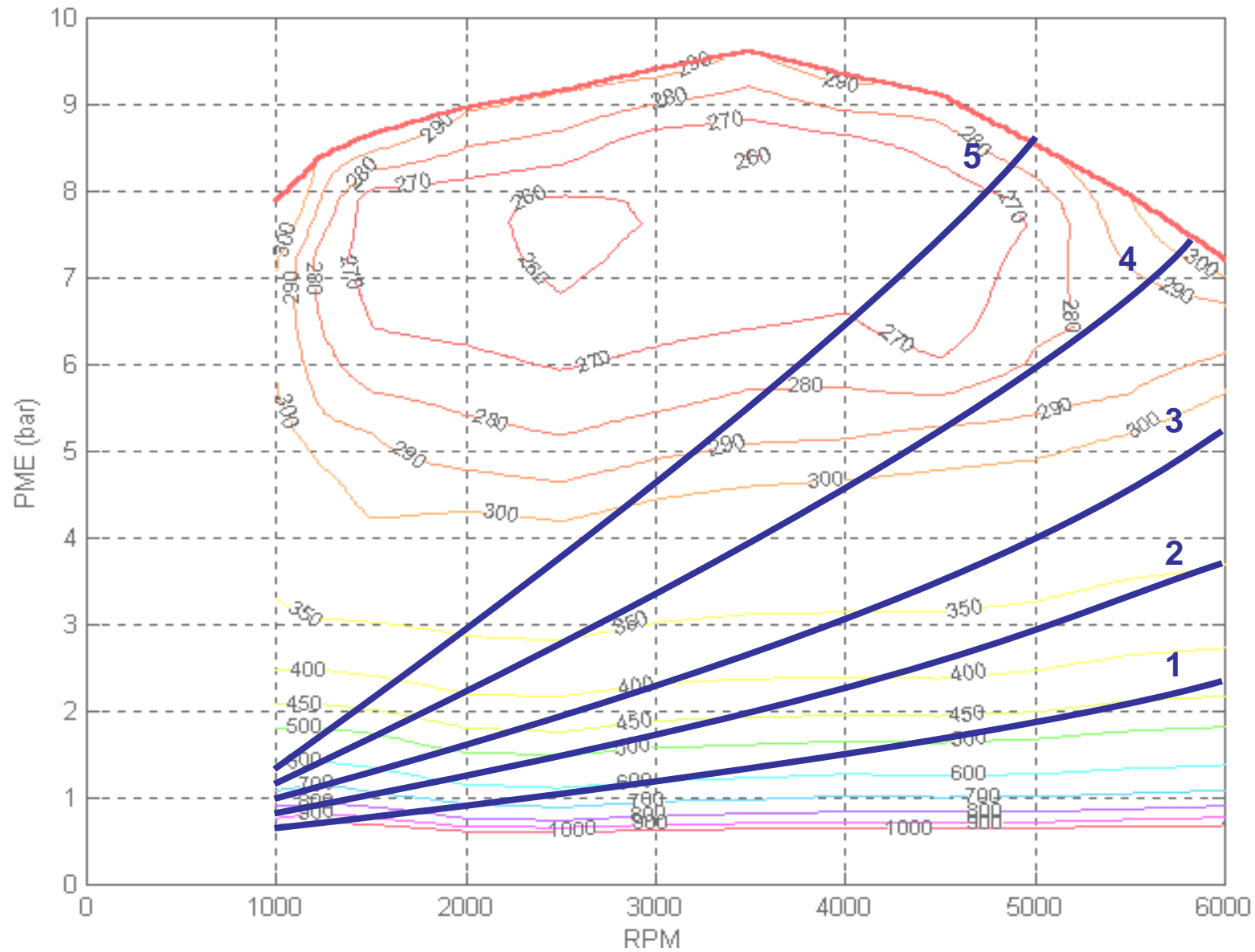
# Escalonamento de Marchas:



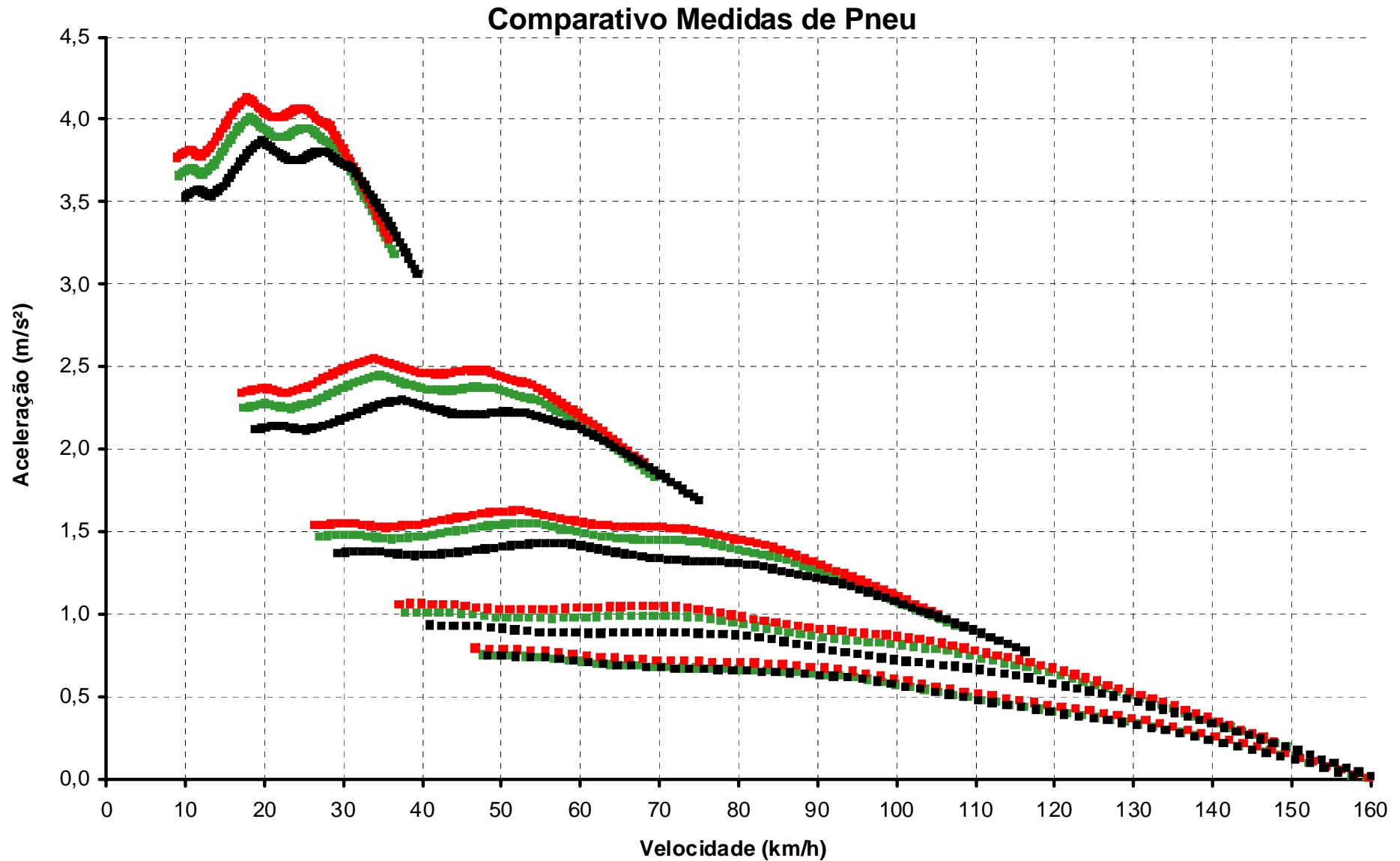
# Escalonamento Esportivo:



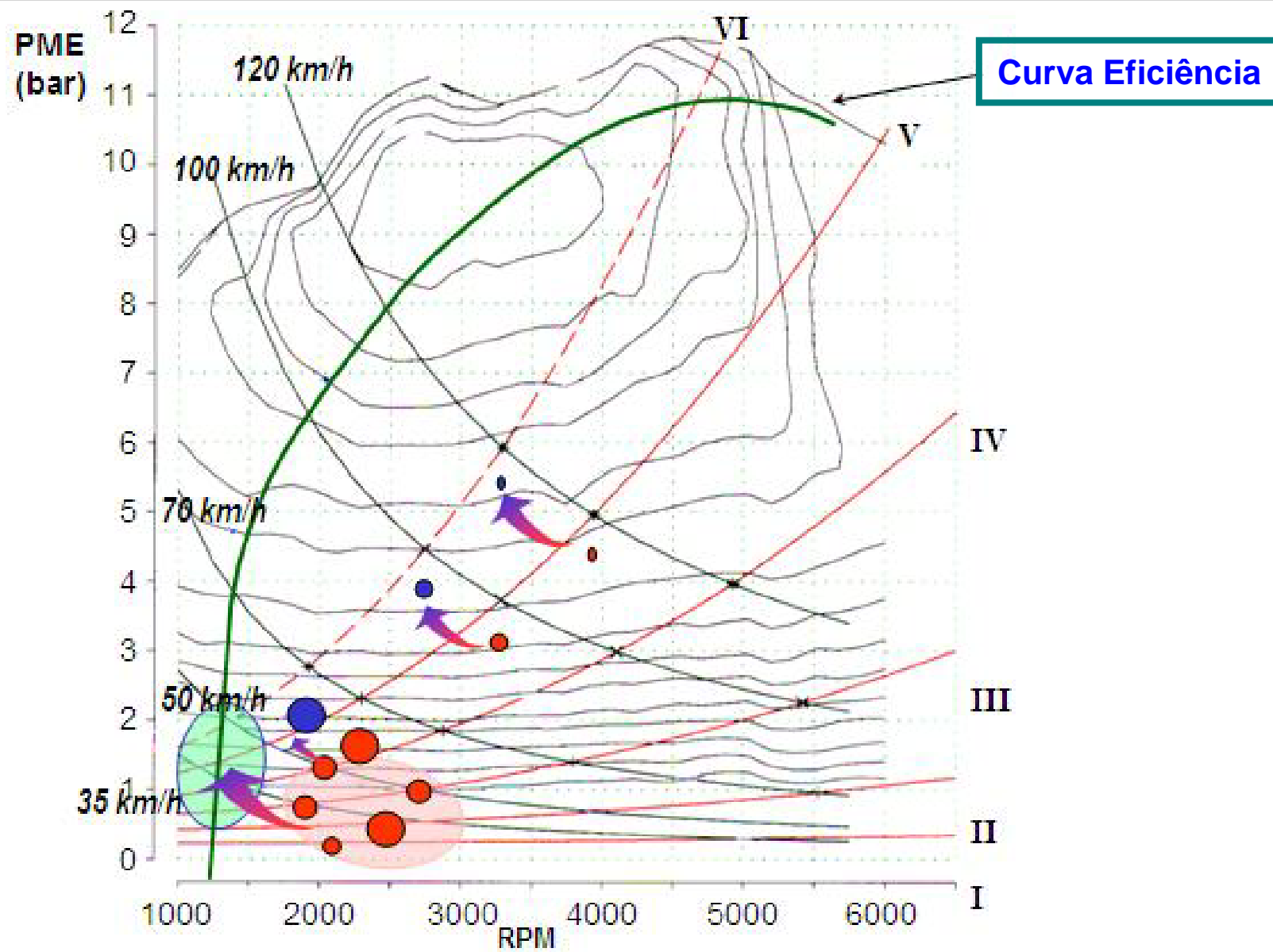
# Escalonamento Econômico:



# Gráficos de Aceleração: Fun to Drive

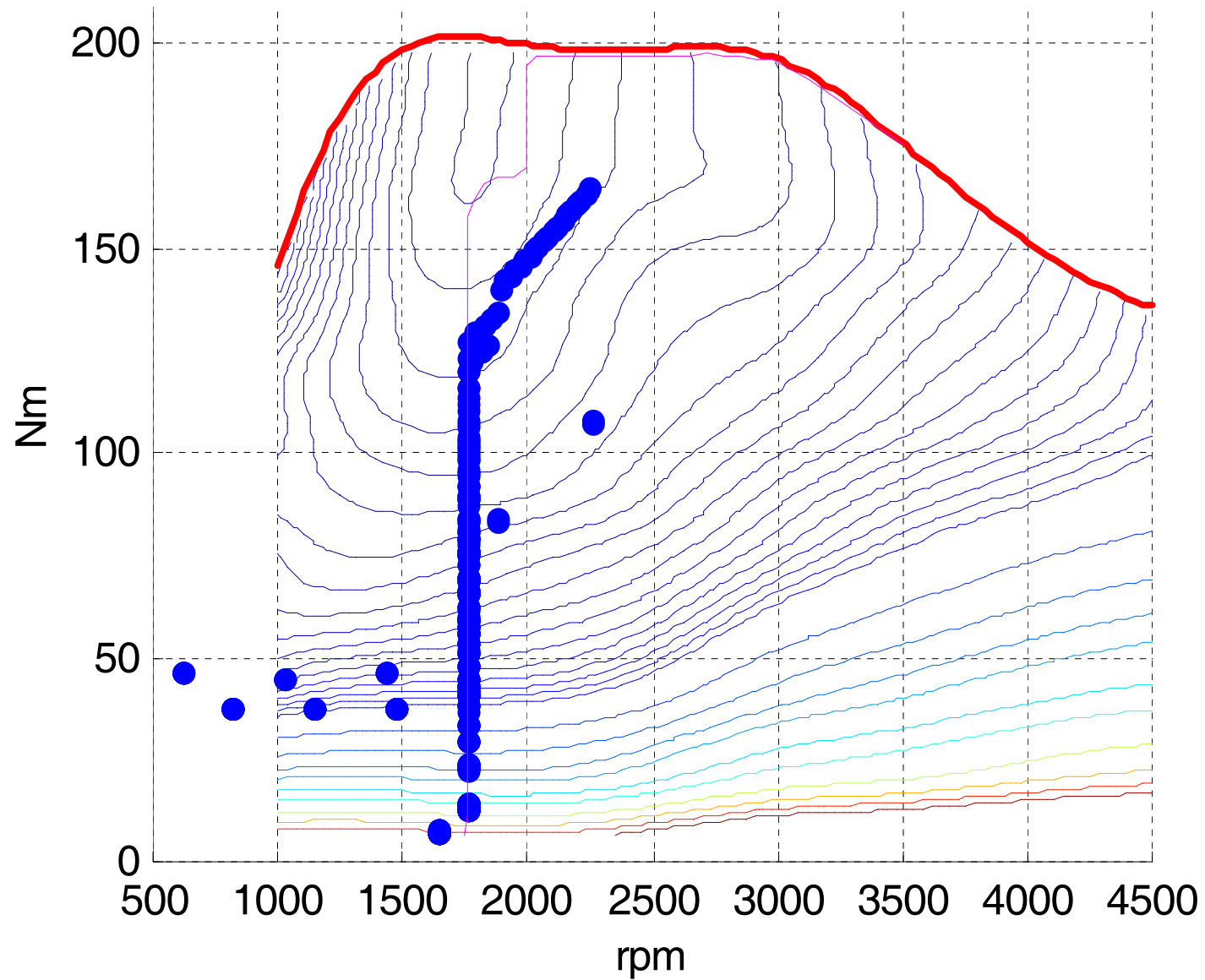


## Curva de Maior Eficiência:





## Transmissão tipo CVT:



# Compatibilidade Mecânica:

## Tipo de Mercadoria Transportada com maior frequência:

segmento Pick-up's Médias

	S10 CD Gas/Diesel	Ranger CD diesel	Frontier CD diesel	Hilux diesel	Médis Seg. P						
	%	%	%	%	%						
1 Bagagem/malas para viagem	15.5	13.5	19.6	16.0	14.6	46 Embalagens	0.0	2.8	0.7	0.7	0.5
2 Bebidas e envasados	2.5	1.4	0.7	1.6	2.1	47 Equipamento de informática	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1
3 Bicicletas	0.0	1.4	0.0	0.0	0.1	48 Equipamento de som	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 Compras de supermercado	22.3	16.3	21.4	18.0	20.4	52 Galão de água	1.9	0.0	0.0	0.2	0.9
5 Eletrodomésticos	1.9	0.0	1.8	0.4	1.1	53 Galão de óleo	0.0	0.0	0.7	0.9	0.3
6 Equipamento técnico (motores, molas, compressore:	0.9	0.0	0.0	1.0	1.4	57 Material de escritório	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 Ferramentas	1.9	1.4	0.0	0.8	1.1	58 Material de limpeza	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 Madeira	0.8	0.0	0.0	0.4	0.8	59 Material elétrico (fios, cabos, etc.)	0.8	0.7	0.7	0.2	0.5
9 Motor de barco	0.0	1.4	0.0	0.0	0.1	60 Material esportivo	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4
10 Motocicleta	2.7	1.4	0.7	0.0	1.3	62 Painéis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11 Material de construção	2.3	4.3	4.0	3.5	2.7	64 Plástico	0.0	0.0	0.7	0.2	0.1
12 Móveis	2.5	1.4	2.2	1.1	2.1	65 Produtos de amarelinhos	0.0	1.4	0.0	0.0	0.1
13 Papel	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4	66 Produtos químicos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14 Peças de automóveis / caminhões	5.5	1.4	0.7	3.7	3.6	67 Ração para animais / produtos para animais	5.5	9.9	5.8	4.6	6.9
15 Plantas / flores / sementes	1.9	1.4	1.1	1.2	2.5	70 Utensílios domésticos	0.0	0.0	1.1	0.0	0.1
16 Pneus	0.9	2.8	0.0	1.2	1.0	71 Bombons / doces	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1
17 Produtos para agropecuária	5.6	7.1	9.2	6.3	6.8	76 Brinquedos	0.0	0.0	1.1	0.0	0.1
18 Produtos perecíveis (carne, peixes, frutas, legumes	4.4	4.3	2.5	3.2	3.4	80 Material de pesca	0.0	1.4	0.7	0.4	0.7
19 Sacaria (café, açúcar, feijão)	2.7	0.0	4.3	8.5	5.6	81 Equipamentos de segurança	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 Tecidos / couro	0.9	0.0	0.0	0.2	0.5	82 Máquina de costura / máquinas em geral	0.0	0.0	1.1	0.0	0.1
21 Vidros	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83 Pedras (quartzo, cristal, etc)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25 Alimentos industrializados	0.9	0.7	0.0	1.9	1.0	85 Metal	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4
37 Animais	0.0	0.0	1.1	1.0	1.1	88 Gás (botijão de gás)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
39 Artesanato	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90 Vasos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
40 Borracha	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	91 Barcos/caiaques/lancha/jet ski	0.0	1.4	0.0	0.0	0.1
42 Calçados	0.0	0.0	0.0	1.2	0.4	94 Escada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
43 Colchões	0.9	0.0	0.0	1.0	0.7	96 Produtos de higiene (fraldas, etc)	0.0	0.0	0.7	0.0	0.1
44 Confecções / roupas	2.5	2.8	1.1	0.9	1.7	97 Diversos	1.7	0.0	2.9	0.0	1.0
						98 Combustível / diesel	0.0	2.8	2.5	0.9	1.1
						999 Outras menções	12.7	9.2	8.8	7.9	10.1
						<b>997 Nenhuma</b>	<b>28.3</b>	<b>26.9</b>	<b>31.5</b>	<b>34.8</b>	<b>30.8</b>
						998 Não sabe / não lembra	0.0	1.4	0.0	0.0	0.1

**997 Nenhuma**

**28,3**

**26,9**

**31,5**

**34,8**

**30,8**

# Compatibilidade Mecânica:

## UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO

### segmento Pick-up's Médias

			S10 CD Gas/Diesel	Ranger CD diesel	Frontier CD diesel	Hilux diesel	Média Seg. Pm
			%	%	%	%	%
Q037_MES	Quilometragem por mês de uso	MÉDIA	2213	2590	2283	2417	2300
Q038	Percentual de uso em ...	MÉDIA	54	54	53	53	55
	Estradas	MÉDIA	46	46	47	47	45
	Cidade	MÉDIA	18	19	16	19	18
Q036	Percentual rodado em estradas não pavimentadas	MÉDIA	18	19	16	19	18
Q036_REC	Percentual rodado em estradas não pavimentadas						
	0%		22.7	15.6	13.2	11.5	15.9
	De 1 a 9%		32.2	22.0	22.3	28.2	29.0
	De 10 a 19%		14.4	24.8	33.2	22.5	20.4
	De 20 a 29%		5.5	12.1	10.5	9.1	8.4
	De 30 a 39%		5.9	5.7	4.7	9.6	6.6
	De 40 a 49%		1.9	1.4	1.8	4.8	3.4
	De 50 a 59%		5.3	7.1	9.9	5.5	6.1
	De 60 a 69%		0.9	0.7	0.0	0.4	0.6
	De 70 a 79%		0.9	2.1	2.5	3.7	1.9
	De 80 a 89%		2.8	4.3	0.0	1.4	2.3
	De 90 a 100%		5.6	1.4	0.0	2.0	3.1
	Não sabe/não lembra		1.9	2.8	1.8	1.9	2.1
	Recusa		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## ***LOREMO (Low Resistance Mobile):***

---



## ***LOREMO (Low Resistance Mobile):***

	<b>LOREMO LS</b>	<b>LOREMO GT</b>
<b>Engine</b>	2-Cylinder-Turbo-Diesel	3-Cylinder-Turbo-Diesel
<b>Output</b>	15 kW / 20 HP	36 kW / 50 HP
<b>V max</b>	160 km/h	200 km/h
<b>Acceleration</b>	< 16s (0-100km/h)	< 10s (0-100km/h)
<b>Gearbox</b>	5-gear-manual / automatic	5-gear-manual / automatic
<b>Drive</b>	Mid engine / Rear wheel drive	Mid engine / Rear wheel drive
<b>Fuel consumption</b>	< 2,0 l/100 km	< 3,0l/100 km
<b>Range</b>	> 1.000 km (20-l-Tank)	> 700 km (20-l-Tank)
<b>Weight</b>	< 600 kg	< 600 kg
<b>Aerodynamic drag</b>	Cw=0,22	Cw=0,22
<b>Seating</b>	2+2	2+2
<b>Measurements (l x w x h)</b>	380 cm x 136 cm x 114 cm	380 cm x 136 cm x 114 cm
<b>Price</b>	< 15.000 Euro	< 20.000 Euro
<b>Standard equipment</b>	Airbags, particulate filter, radio	Airbags, particulate filter, radio
<b>Optional equipment</b>	On-Board-PC, A/C, MP3-Player, Navigation system	On-Board-PC, A/C, MP3-Player, Navigation system

## ***Emissão de CO2 e Consumo de Combustível:***

---

- Potential of technology PLUS specifications almost infinite



- Loremo: < 50 g CO2 / km

- Shell EcoMarathon: 0.8 g CO2 / km



[www.transportenvironment.org](http://www.transportenvironment.org)

CEA M2 - DEMEC/UFMG: 4.0 g CO2 / km  
(600 km/L)



# Emissão de CO2 e Consumo de Combustível:

Fuel Economy		
CO <sub>2</sub> emission figure (g/km)		
<100	A	C 129g/km
101-120	B	
121-150	C	
151-165	D	
166-185	E	
186-225	F	
226+	G	
<b>Fuel cost (estimated) for 12,000 miles</b> <small>A fuel cost figure indicates to the consumer a guide fuel price for comparison purposes. This figure is calculated by using the combined drive cycle (town centre and motorway) and average fuel price. Re-calculated annually, the current cost per litre is as follows – petrol 80p, diesel 94p and LPG 45p (VCA May 2006)</small>		
<b>VED for 12 months</b> <small>Vehicle excise duty (VED) or road tax varies according to the CO<sub>2</sub> emissions and fuel type of the vehicle.</small>		
<b>Environmental Information</b>		
<small>A guide on fuel economy and CO<sub>2</sub> emissions which contains data for all new passenger car models is available at any point of sale free of charge. In addition to the fuel efficiency of a car, driving behaviour as well as other non-technical factors play a role in determining a car's fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions. CO<sub>2</sub> is the main greenhouse gas responsible for global warming.</small>		
Make/Model:	Engine Capacity (cc):	
Fuel Type:	Transmission:	
<b>Fuel Consumption:</b>		
Drive cycle	Litres/100km	Mpg
Urban		
Extra-urban		
Combined		
<b>Carbon dioxide emissions (g/km):</b> <small>Important note: Some specifications of this make/model may have lower CO<sub>2</sub> emissions than this. Check with your dealer.</small>		



Selo CONPET



Selo PROCEL

Uso dos Mapas de Motores

$$P_v = C_r (M_v + M_u) g V_v + 0,5 \rho_{ar} C_d A_v V_v^3$$

Utilizando os mapas de potência, torque e consumo específico obtidos com o programa AnalyticalCARE, para o motor padrão para operação em plena carga (100%) e em cargas parciais de 90%, 80%, 60%, 40%, 20% e 10%. Analisar a demanda de potência de um veículo terrestre com as seguintes características:

Coefficiente de atrito de rolagem	Cr	0,02
Massa do veículo	Mv	1284 kg
Carga útil (4 passageiros de 68 kg+bagagem)	Mc	450 kg
Aceleração da gravidade	g	9,81 m/s <sup>2</sup>
Densidade do ar ambiente (0°C e 10 <sup>5</sup> bar)	ro	1,22 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de atrito aerodinâmico	Cd	0,3
Área frontal do veículo	Av	2,25 m <sup>2</sup>
Diâmetro da roda	Dr	0,75 m
Relação final de transmissão	Rf	4,1

As relações de transmissão da caixa de marchas são:

Marcha	Relação	Velocidade Máxima (km/h)
1	4,18	21
2	2,14	40
3	1,41	64
4	1,12	72
5	0,89	120
Ré	3,31	21

A relação final de transmissão é o valor da redução entre a roda e o diferencial.

- a) Construir um gráfico com todas as curvas de potência requeridas pelo veículo para velocidades de 0 a 120 km/h, na marcha recomendada;
- b) Sobrepor as curvas de potência requerida e as curvas de potência do motor. Comentar sobre a capacidade do motor em atender as solicitações do veículo;
- c) Calcular os torques necessários e sobrepor as curvas sobre o mapa de torque calculado. Comentar;
- d) Calcular o consumo de combustível, em kg/h, para cada ponto de operação possível do conjunto motor-veículo. Construir um gráfico de consumo versus rotação do motor. Comentar.