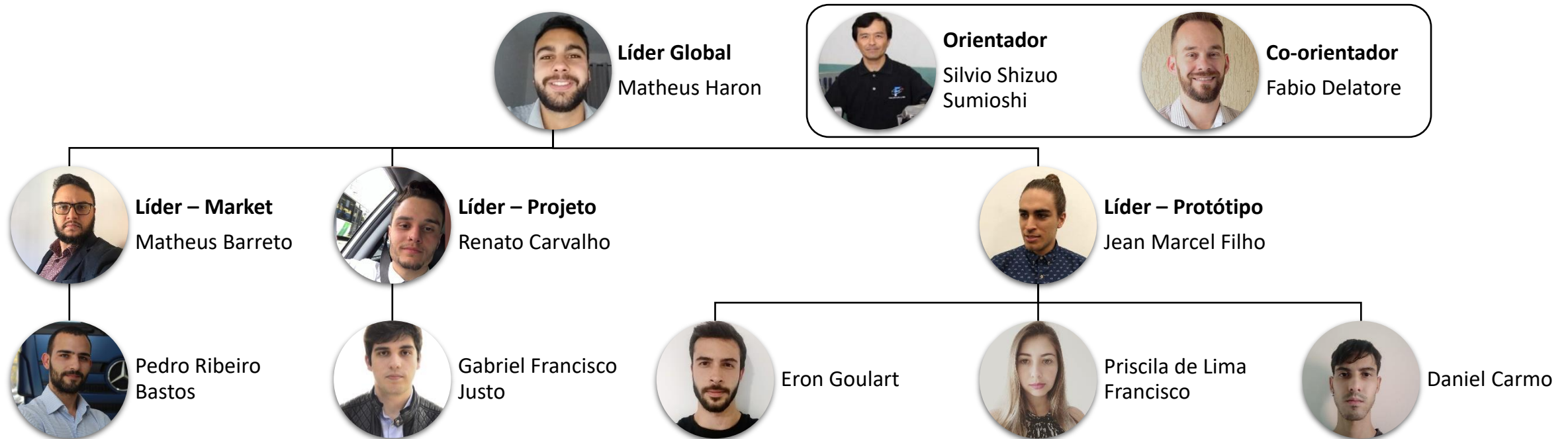
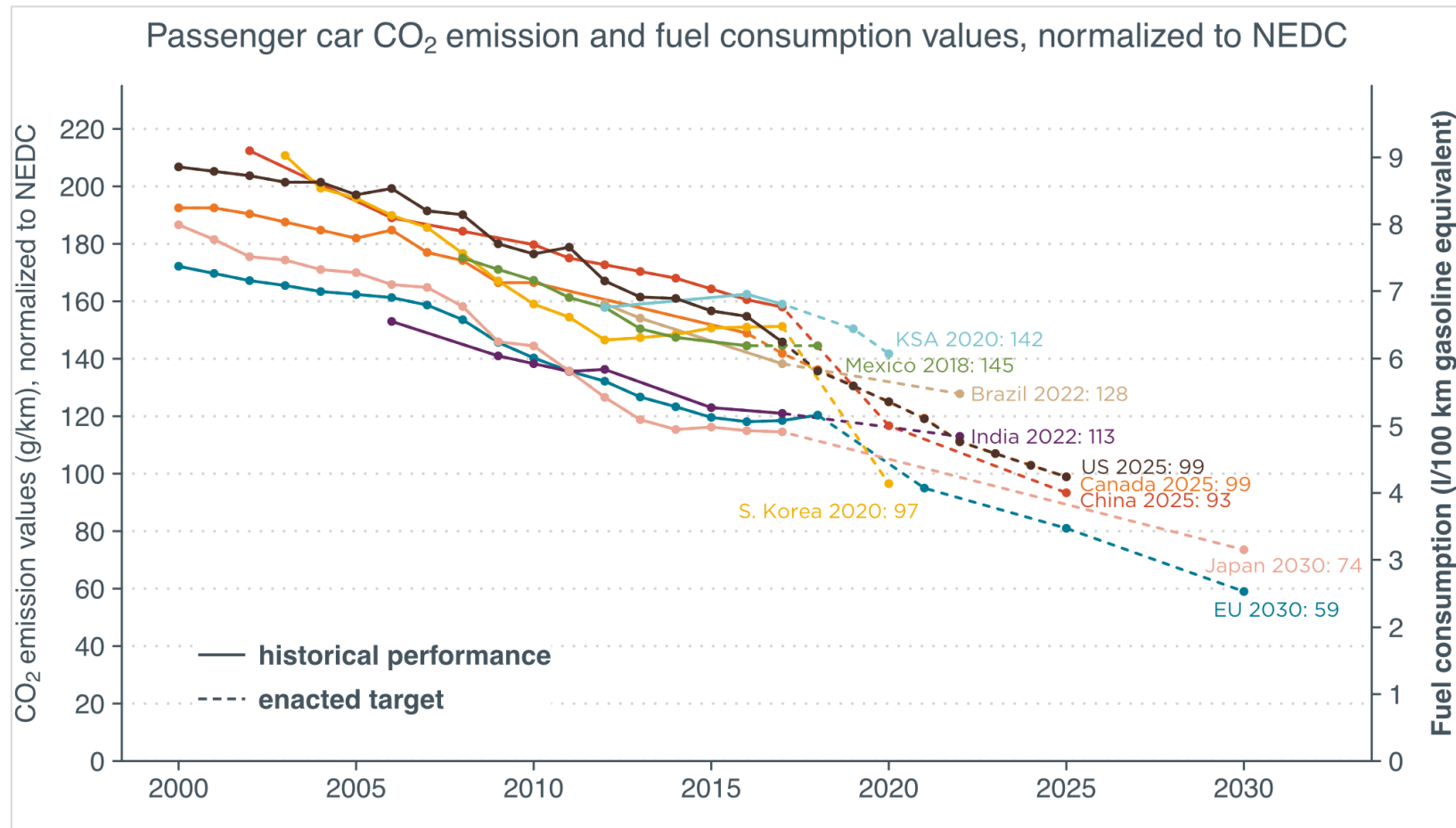


# Projeto H2S

Redução de Emissões em Motores 2 tempos de Competição.







Fonte: <https://theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>







**Sunoco Green E15**  
(2011)

Mudança histórica para o uso de injeção eletrônica e mistura de 15% de etanol no combustível da Nascar: Redução em 20% na emissão de poluentes.

Fonte: <https://green.nascar.com/news-media/american-ethanol-fueling-nascars-green-revolution/>



**EEMS**  
(08/01/2020)

Pretensão de tornar todos os eventos de F1 sustentáveis até 2025 e ZERO CARBONO até 2030.

Fonte: <https://the-mia.com/events/EventDetails.aspx?id=1271524&group=>



**Mercedes Motorsport & Sustainability Talk**  
(03/03/2020)

“We want our motorsport platforms to be a case study for the rapid and open-minded implementation of innovations for a more sustainable future.”

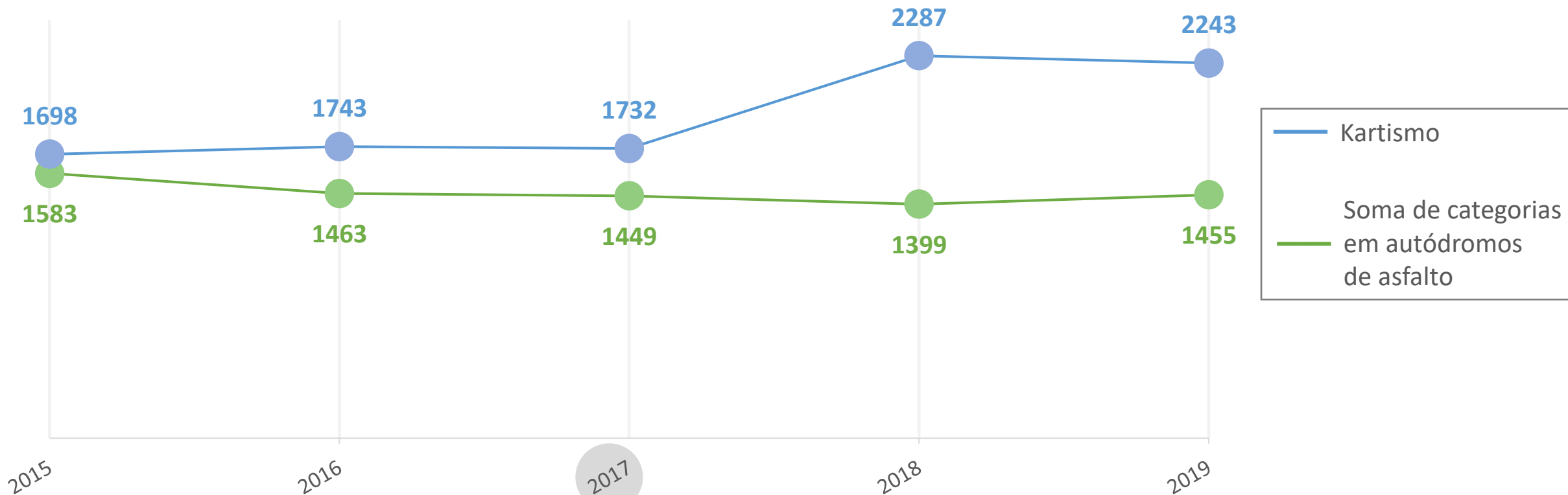
Toto Wolff, Team Principal & CEO

Fonte:  
<https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Mercedes-Benz-Motorsport-Sustainability-Mercedes-Benz-Accelerates-Sustainable-Change-in-Motorsport.xhtml?oid=45812500>

## *Fabricantes de Automóveis na Fórmula E*



## Número de Pilotos Federados CBA



**Mudança presidência CBA (Confederação Brasileira de Automobilismo):**  
Recorde mundial de pilotos inscritos em um campeonato nacional de kart





*Kartismo Mundial (Esporte e Recreação)*

**\$88 Milhões** em Valor de Mercado (2022\*)

*Campeonato Brasileiro de Kart (2017)*

**522** Pilotos Participantes

**15.000** Pessoas no Evento

**20.000** Litros de Combustível

**8.800** Unidades de Pneus

**9** Marcas de Chassis

**5** Marcas de Motores

**R\$ 600.000** em Prêmios

**R\$ 8 Milhões** em Retorno de Publicidade

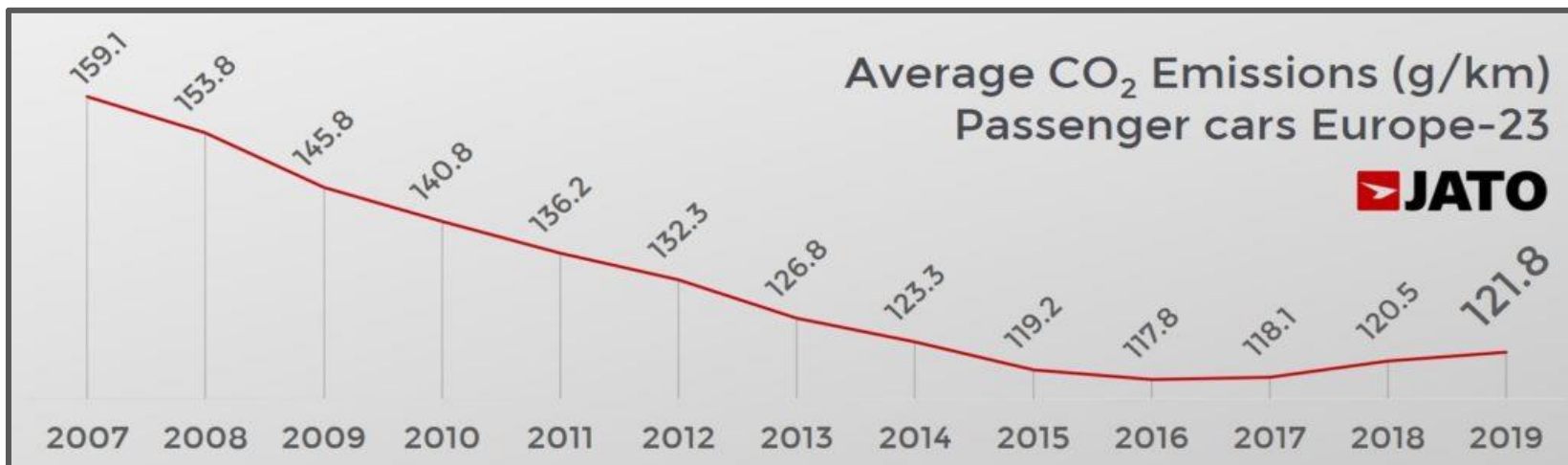
Fonte: [https://www.flickr.com/photos/azuazu\\_303/45292996761/in/photostream/](https://www.flickr.com/photos/azuazu_303/45292996761/in/photostream/)

Fonte: Autor





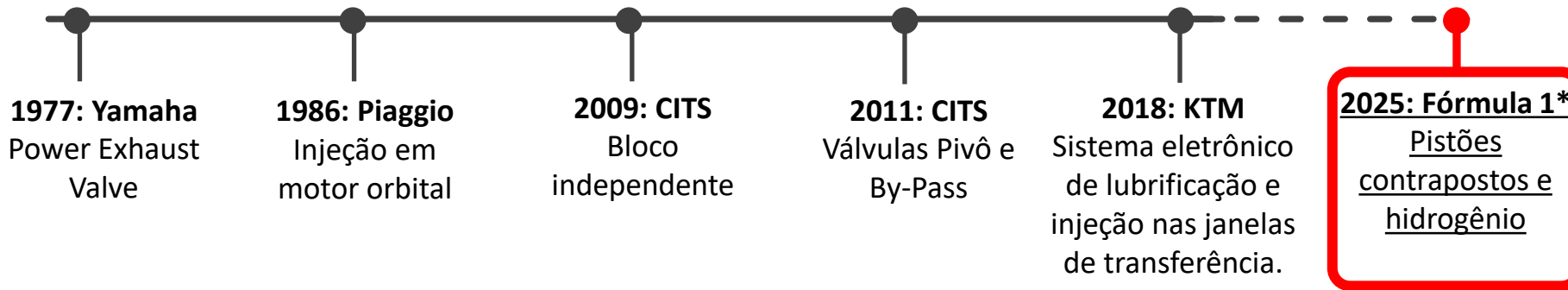
## • Motores 4 Tempos:



Fonte: <https://www.jato.com/co2-emissions-rise-to-highest-average-since-2014-as-the-shift-from-diesel-to-gasoline-continues/>

Uso predominante de motores 4 tempos Otto e Diesel:  
**Limite no desenvolvimento de tecnologias viáveis para alcançar menor índice de emissões**

## • Motores 2 Tempos:

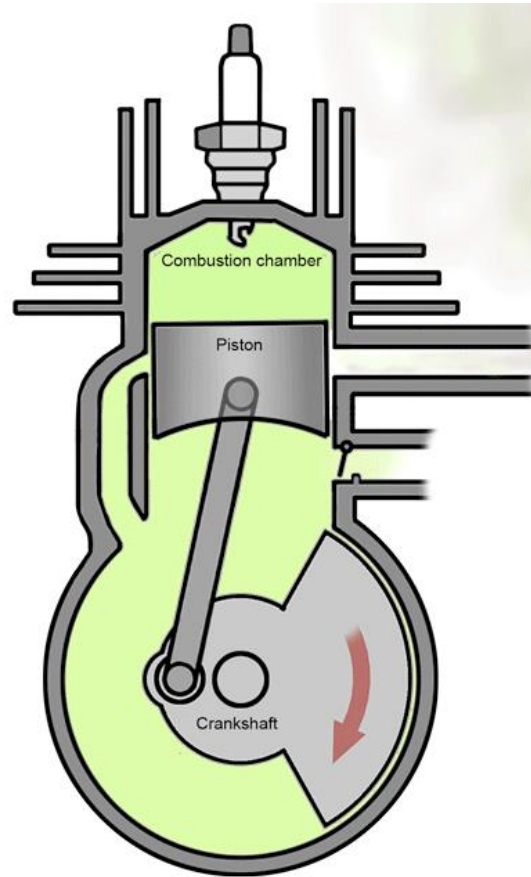


Poucas tecnologias desenvolvidas e/ou implementadas:  
**Margem e expectativa para desenvolvimento**

**KTT**  
kart engines



Fonte: <http://www.kttkart.com.br/>



Fonte: <https://imgur.com/gallery/eatFH>

Fonte: <http://citsengine.com.au/an-overview-of-the-cits-engine-technology/>

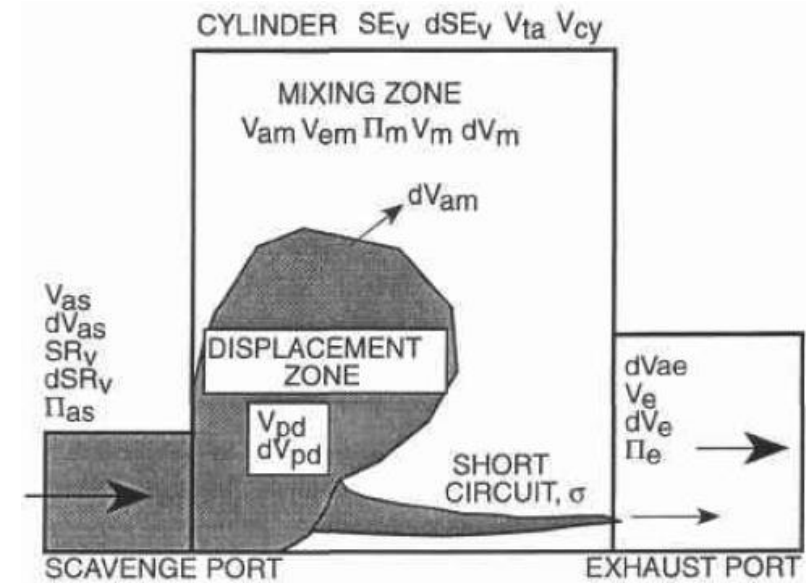
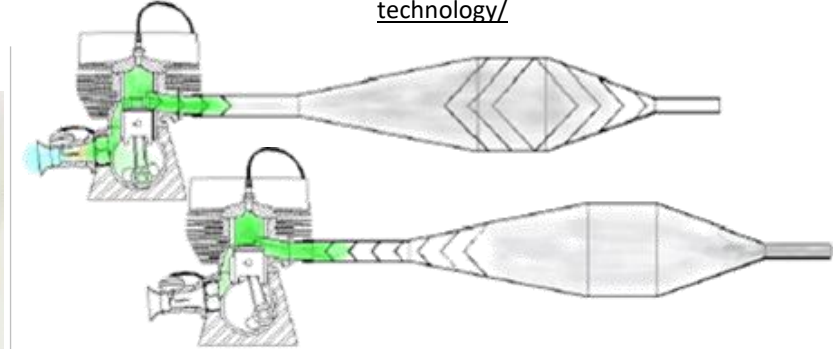


Fig. 3.1 Physical representation of isothermal scavenging model.

Fonte: Design and Simulation of Two-Stroke Engine - Gordon P. Blair



Alta Emissão de Poluentes em Motores 2T.

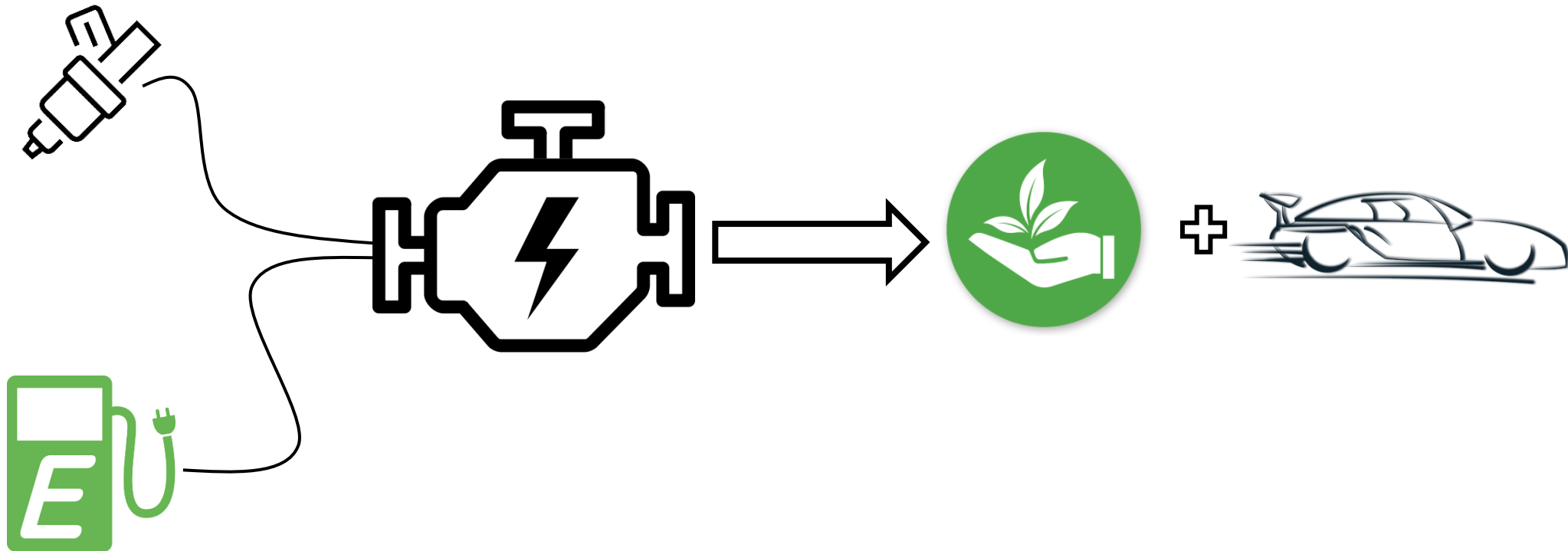


Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Yamaha\\_Cup\\_Second\\_start\\_Vihti\\_2010.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Yamaha_Cup_Second_start_Vihti_2010.JPG)

Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Largada\\_Stock125\\_Foto\\_Claudio\\_Reis.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Largada_Stock125_Foto_Claudio_Reis.jpg)



Desenvolver um propulsor de motor térmico de ciclo 2 tempos de competição com menor índice de emissões e maior eficiência energética.



## Why?

- Nós acreditamos que o Motorsport pode ser emocionante e sustentável, capaz de acompanhar as megatendências ecológicas.

## How?

- Unindo simplicidade com tecnologia sem fugir da raiz dos motores 2 tempos.

## What?

- Desenvolvendo propulsores com menor índice de emissões e maior eficiência energética.



## Problema

Alta Emissão de Poluentes em Motores 2T.

## Clientes

Diretos:

- Confederações de kartismo profissional
- Categorias de kartismo profissional

Indiretos:

- Pilotos
- Equipes
- Patrocinadores
- Parceiros técnicos

## Dispostos a pagar

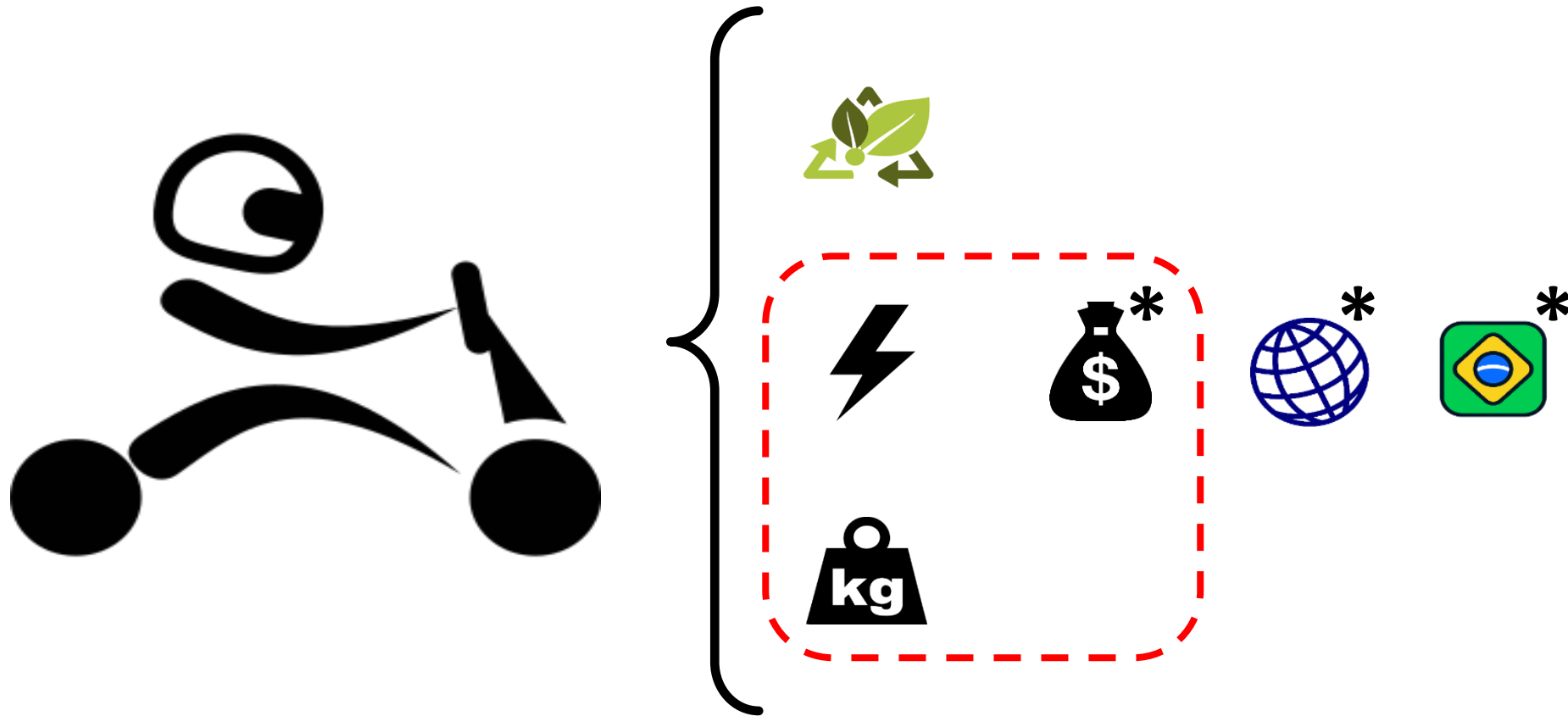
Redução da emissão específica de gases poluentes (CO<sub>2</sub>, CO, HCs)

g/kWh

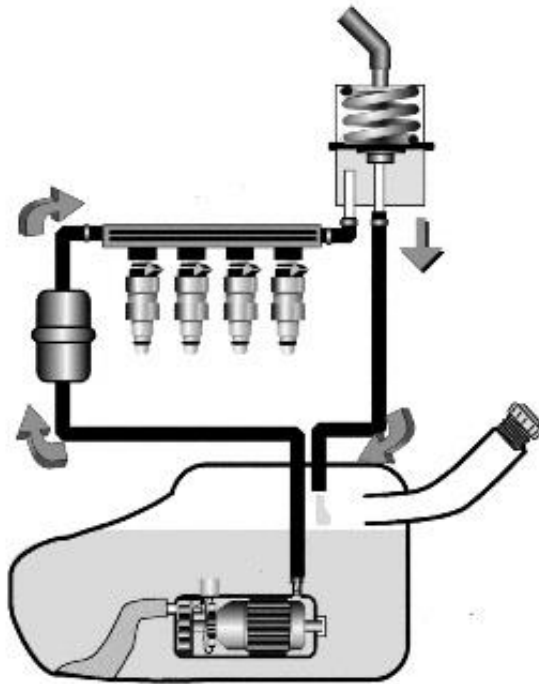
De acordo com a norma ISO8178



Critérios e considerações para busca de modelos existentes no mercado com potencial para a aplicação:



- Injeção Eletrônica de Combustível



## Swissauto 250 VT1 Senior (4T Importado)



Potência	28 kW
Massa	26 kg
Nível de emissões	Baixo
Custo	€ 4.800
Frequência de manutenção	Baixa



- Nível de Emissões
- Manutenção
- Desempenho

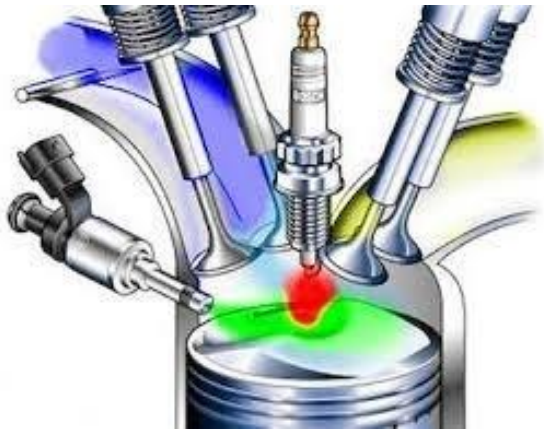


- Custo
- Potencial para desenvolvimento





- Injeção Direta de Combustível



## Honda CRF1100L 2020 (4T Importado - Moto)



Potência	74 kW
Massa	80 kg
Nível de emissões	Baixo
Custo	-
Frequência de manutenção	Baixa



- Nível de Emissões
- Manutenção
- Desempenho

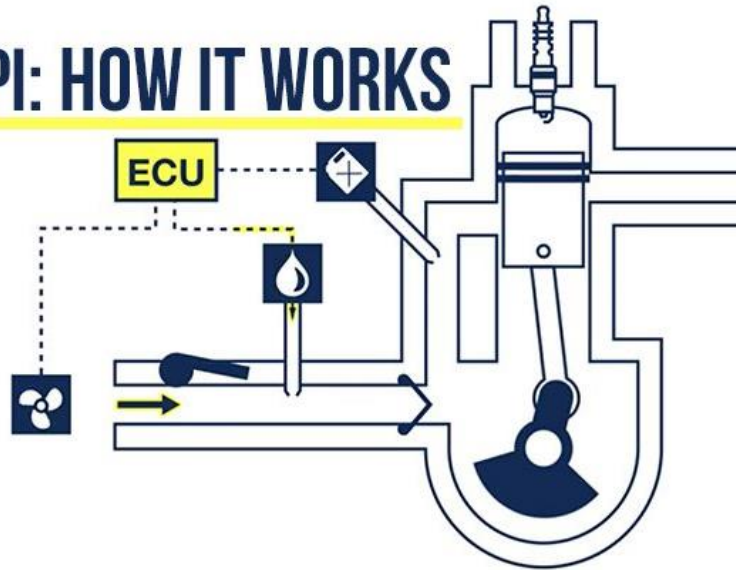


- Custo
- Potencial para desenvolvimento
- Peso
- Aplicação em altas rotações



## Injeção Eletrônica de Combustível no Pórtico de Admissão (TPI)

### TPI: HOW IT WORKS



## KTM 150 EXC TPI 2020 (2T Importado - Moto)



Potência	27 kW
Massa	35 kg
Nível de emissões	Baixo
Custo	US\$ 4.400
Frequência de manutenção	Baixa



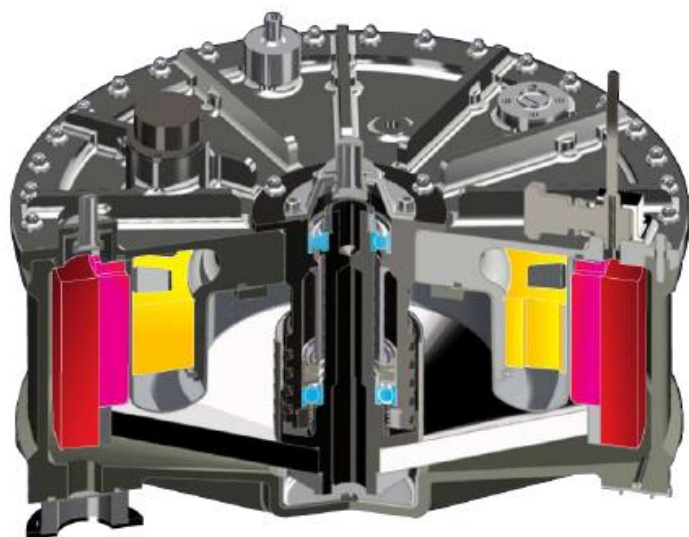
- Nível de Emissões
- Manutenção
- Desempenho



- Custo
- Necessidade de adaptações



## Recuperação de Energia Cinética (KERS)



## BSR 2.0 Electric Racing Kart Power Unit (Elétrico Importado)



Potência	25 kW
Massa	62 kg
Nível de emissões	Zero
Custo	€ 9.800
Frequência de manutenção	Baixa
Tempo máx. de corrida	20 min
Tempo de carregamento	60 – 90 min / 30s



- Nível de Emissões
- Manutenção
- Potencial para desenvolvimento



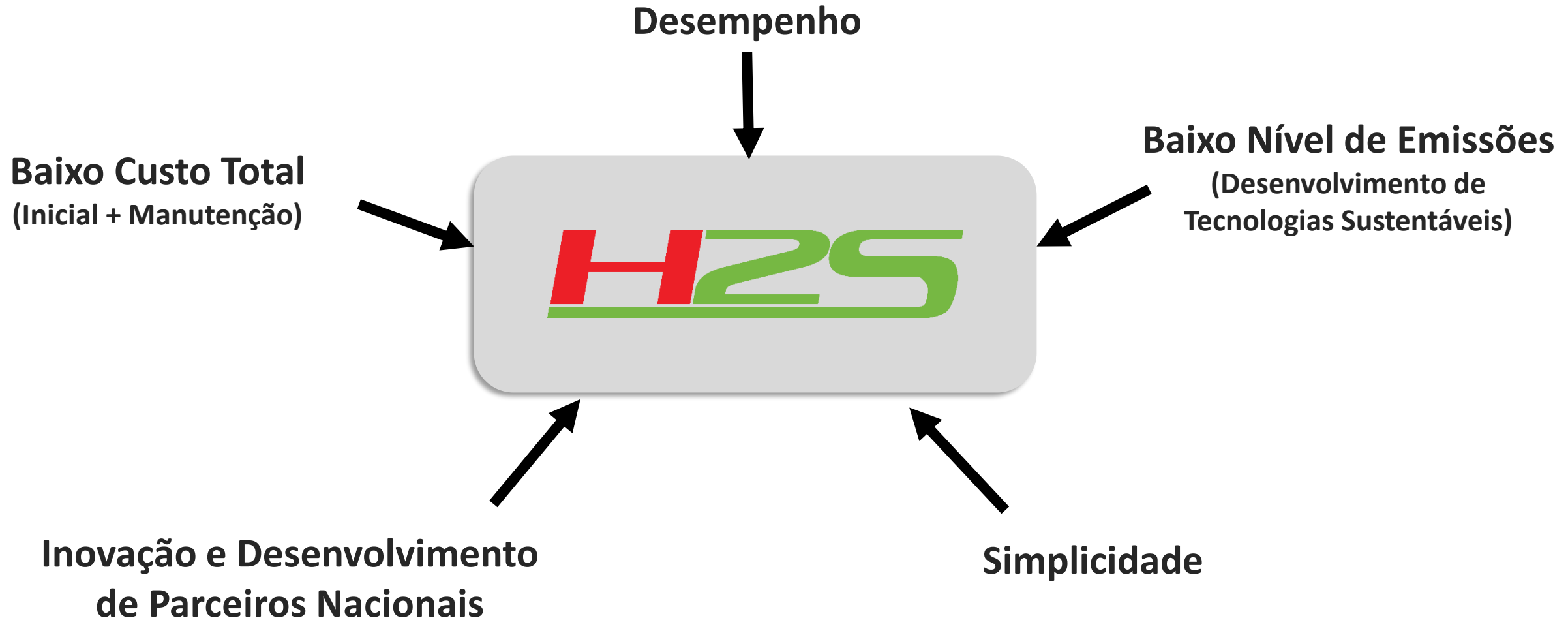
- Custo
- Peso
- Autonomia

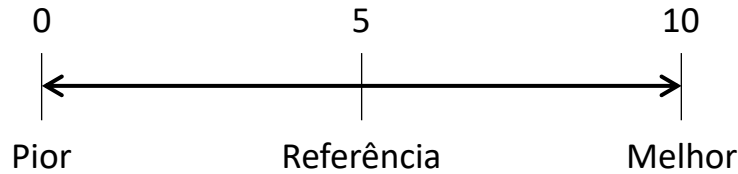
Fonte: <https://blueshockrace.com/electric-kart-power-units/>

Fonte: <https://f1visaotecnica.wordpress.com/2011/09/12/como-funciona-o-kers/>

Fonte: Autor



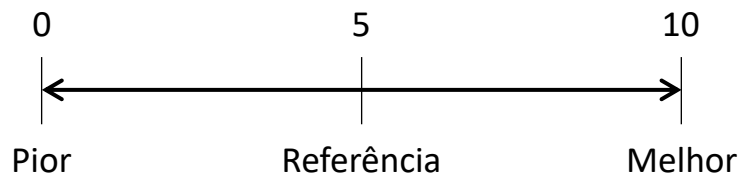




FATOR (f)				
5	3	4	4	4

Modelo \ Categoria	Custo	Simplicidade	Desempenho	Nível de Emissões	Inovação (Desenv. Tec. / Atratividade)	RESULTADO $\Sigma(f * nota)$
<b>Ref.</b> → 2T Importado	5	5	5	5	5	100
2T Carter Úmido + Sobrealimentação + Injeção Direta + Válvula de Exaustão (Projeto ETS)	4	1	7	7	7	107
2T Nacional + Injeção TPI + Hibridização	5	4	7	6	8	121
2T Nacional + Injeção Direta + Hibridização	3	3	8	7	9	120
4T Importado	2	4	9	9	6	118
Elétrico Importado	1	7	3	10	7	106



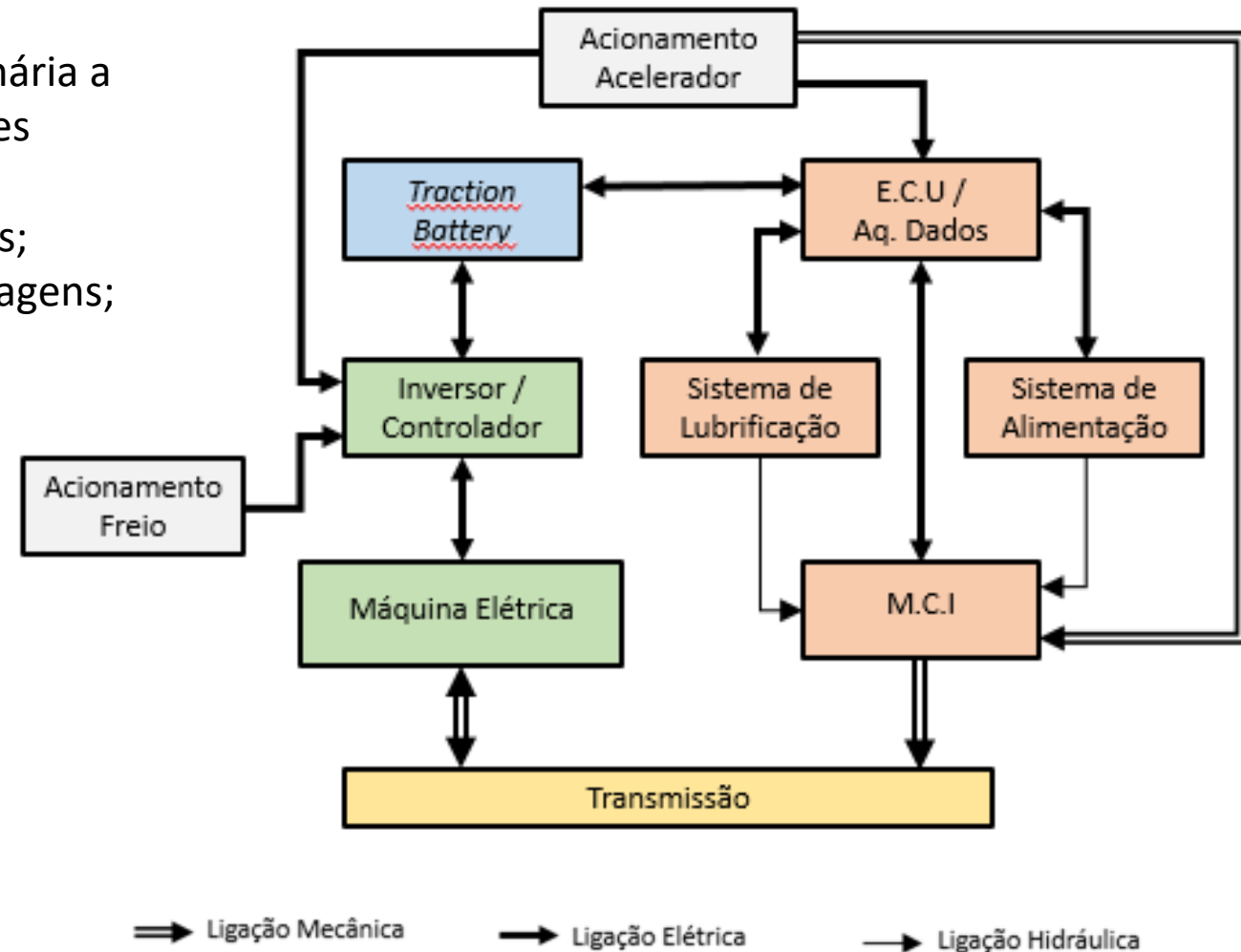


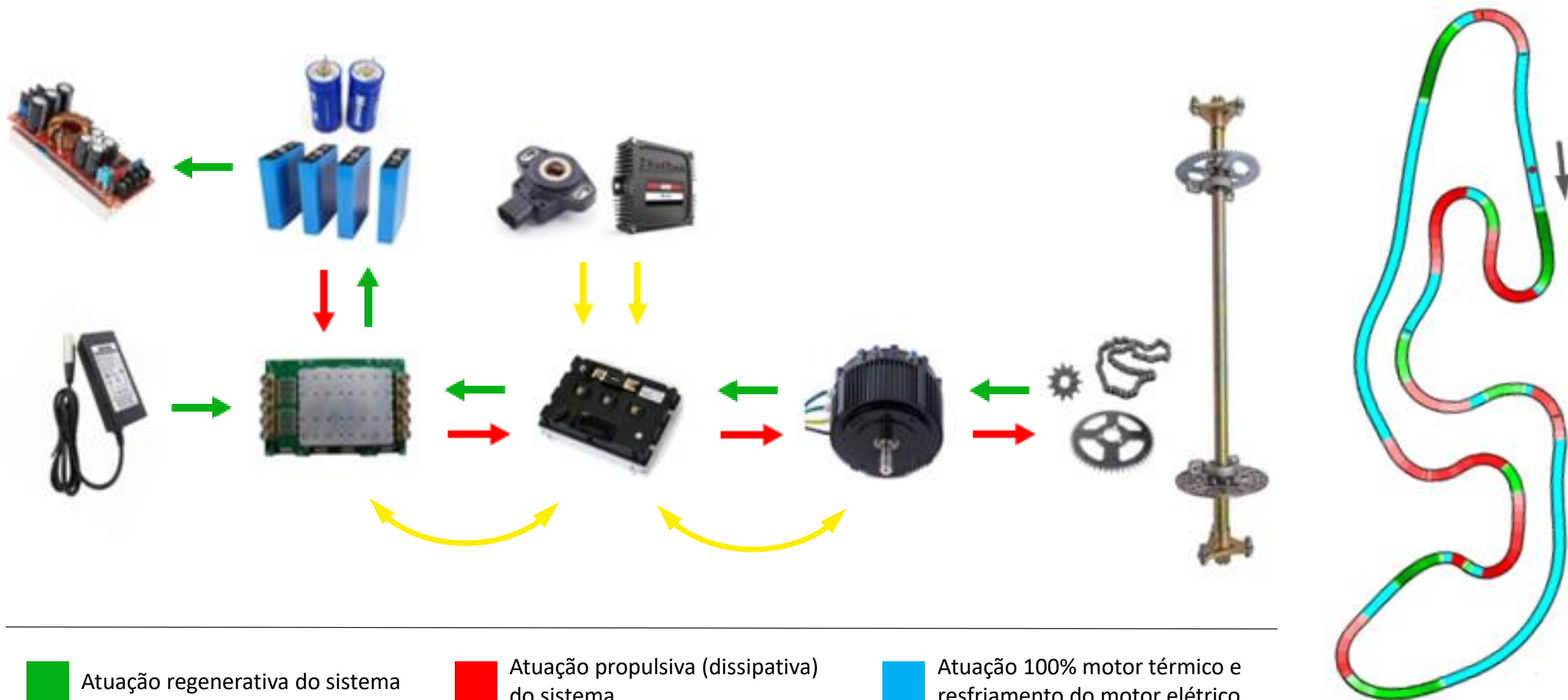
FATOR (f)				
5	3	4	4	4

Modelo	Categoria	Custo	Simplicidade	Desempenho	Nível de Emissões	Inovação (Desenv. Tec. / Atratividade)	RESULTADO $\Sigma(f * nota)$
<b>Ref.</b> → 2T Nacional + Injeção TPI + Hibridização		5	5	5	5	5	100
2T Importado		6	8	1	1	1	66
2T Carter Úmido + Sobrealimentação + Injeção Direta + Válvula de Exaustão (Projeto ETS)		5	2	5	3	3	75
2T Nacional + Injeção Direta + Hibridização		4	6	5	3	5	90
4T Importado		3	6	6	6	2	89
Elétrico Importado		1	9	1	10	3	88

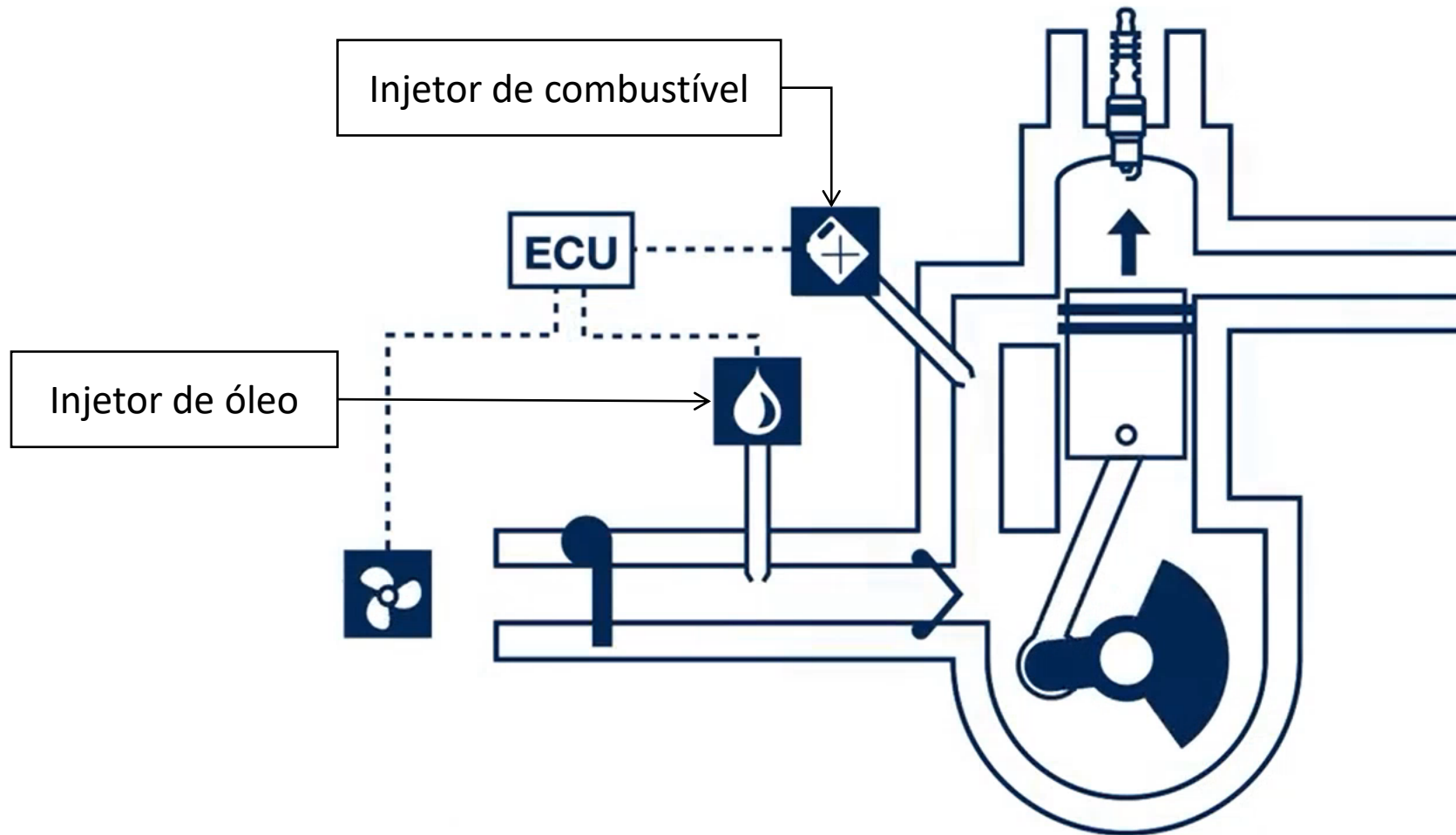


- A Unidade de Potência (U.P.) possui como função primária a propulsão de um veículo de competição. Como funções secundárias a U.P. fornece ao veículo:
  - Alimentação de energia para os sistemas eletrônicos;
  - Recuperação de energia cinética dissipada nas frenagens;
  - Aquisição de dados;
- O sistema é do tipo *Mild Hybrid*, montado na configuração em paralelo e constituído pelos subsistemas:
  - Motor de Combustão Interna
  - *Traction Battery*
  - *Power Circuit*
  - Transmissão

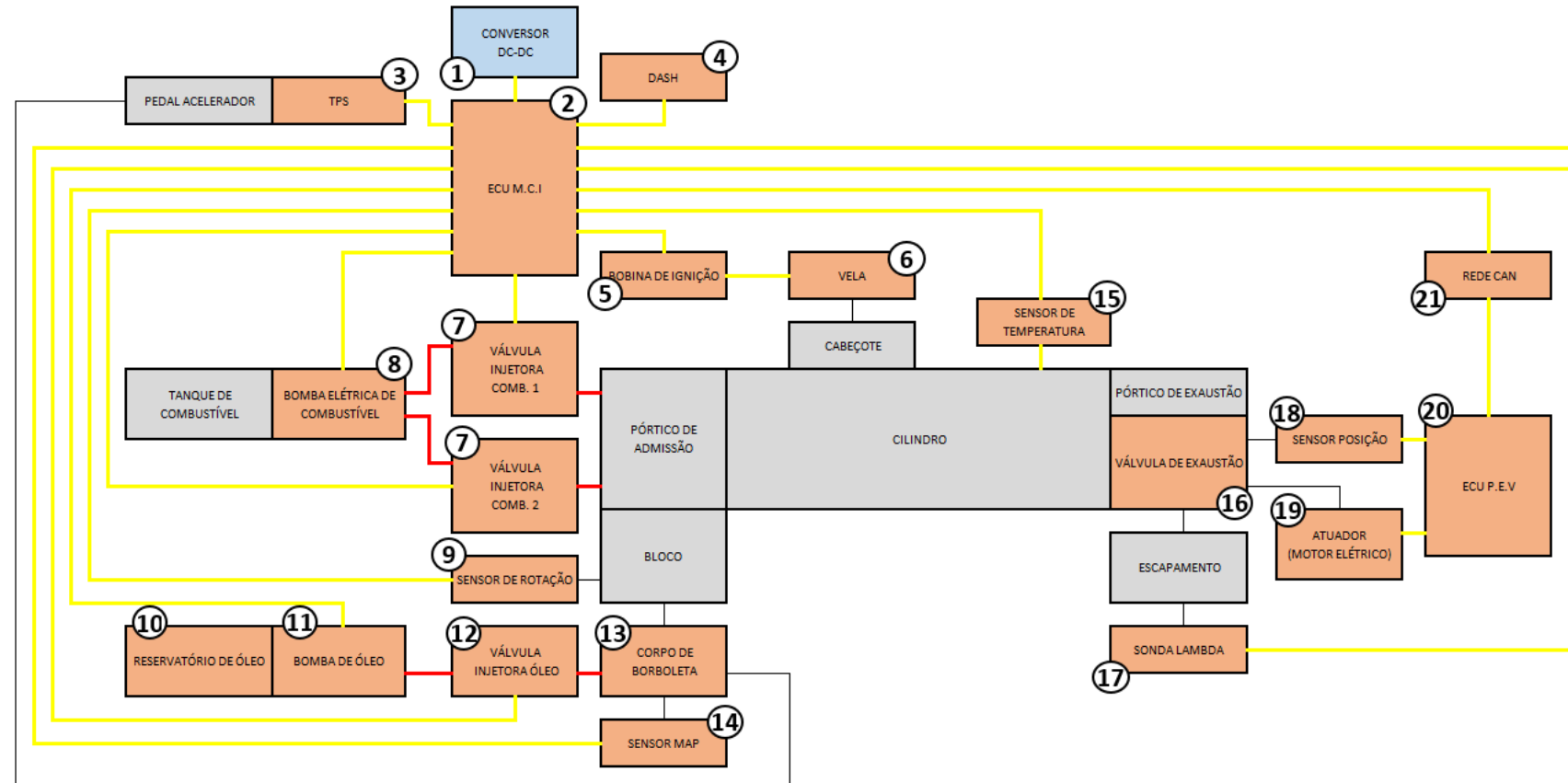








ID	COMPONENTE	FUNÇÃO
1	Conversor DC-DC	Converter Tensão
		Suprir Energia Elétrica
2	ECU M.C.I (Unidade Eletrônica de Controle do Motor a Combustão Interna )	Receber Dados
		Controlar Injeção
		Emitir Dados
		Gravar Dados
		Adicionar Massa
		Consumir Energia Elétrica
3	TPS (Sensor de Posição do Acelerador)	Aquisitar Posição
4	DASH	Mostrar Dados
		Fornecer Dados
		Permitir Controle
		Adicionar Massa
		Prover Estilo
5	Bobina de Ignição	Transformar Tensão
		Transmitir Energia Elétrica
6	Vela	Produzir Centelha
		Trocar Calor
7	Válvula Injetora de Combustível	Receber Dados
		Dosar Combustível



— Ligação mecânica

— Ligação hidráulica

— Ligação elétrica

■ Componentes originais de interface

■ Componentes desenvolvidos M.C.I.

■ Componentes desenvolvidos Traction Batery



Função	Classificação		
	B/S	+/0/-	U/A
Converter Tensão	S	0	U
Prover Energia Elétrica	S	+	U
Receber Dados	S	+	U
Controlar Injeção	B	+	U
Emitir Dados	S	+	U
Gravar Dados	S	+	U
Adicionar Massa	S	-	U
Consumir Energia Elétrica	S	-	U
Aquisitar Posição	S	0	U
Mostrar Dados	S	+	U
Fornecer Dados	S	+	U
Permitir Controle	S	0	U
Prover Estilo	S	+	A
Transformar Tensão	S	0	U
Transmitir Energia Elétrica	S	0	U
Produzir Centelha	S	0	U
Trocar Calor	S	0	U
Dosar Combustível	S	0	U
Pressurizar Combustível	S	0	U

**B** → Básico      + → Desejável      **U** → Funcional  
**S** → Secundário    0 → Indiferente      **A** → Estético  
 - → Indesejável

Função	Classificação		
	B/S	+/0/-	U/A
Produzir Calor	S	-	U
Aquisitar Rotação	S	0	U
Pressurizar Óleo	S	0	U
Prover Óleo	S	0	U
Ocupar Espaço	S	-	U
Dosar Óleo	S	0	U
Regular Vazão	S	0	U
Aquisitar Pressão	S	+	U
Aquisitar Temperatura	S	+	U
Aquisitar Estequiometria	S	+	U
Posicionar Válvula	B	+	U
Controlar Power Exhaust Valve	S	+	U
Transmitir Dados	S	+	U
Aquisitar Carga	S	+	U
Armazenar Energia Elétrica	S	+	U
Inverter Corrente	S	0	U
Retificar Tensão	S	0	U
Induzir Corrente	S	0	U
Gerenciar Transmissão de Energia	S	+	U

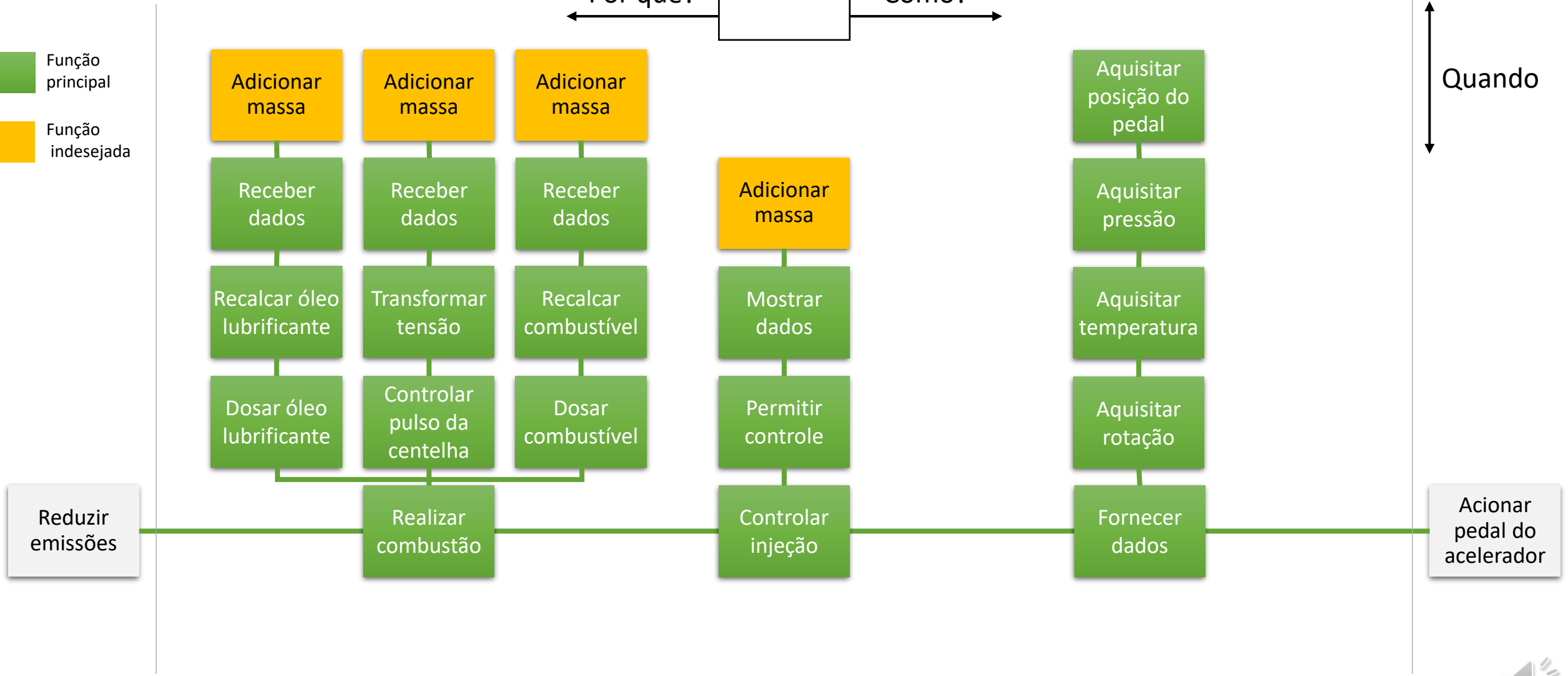
Função	Classificação		
	B/S	+/0/-	U/A
Regenerar Energia	B	+	U
Gerar Torque Resistivo	S	+	U
Gerar Torque Propulsivo	S	+	U
Gerar Corrente Alternada	S	0	U
Ligar M.C.I	S	+	U
Produzir Esforços	S	-	U
Refrigerar Máquina Elétrica	S	+	U
Aquisitar Rotação	S	0	U
Gerenciar Armazenamento de Energia	S	+	U
Gerenciar Temperatura	S	+	U
Converter Tensão	S	0	U
Transmitir Potência	S	0	U
Escalonar Relação	S	0	U
Fixar Polia	S	0	U
Permitir Rotação	S	0	U
Sustentar Eixo	S	0	U
Fixar Rolamentos	S	0	U
Transmitir Esforços	S	0	U



Por que?  Como?

- Função principal
- Função indesejada

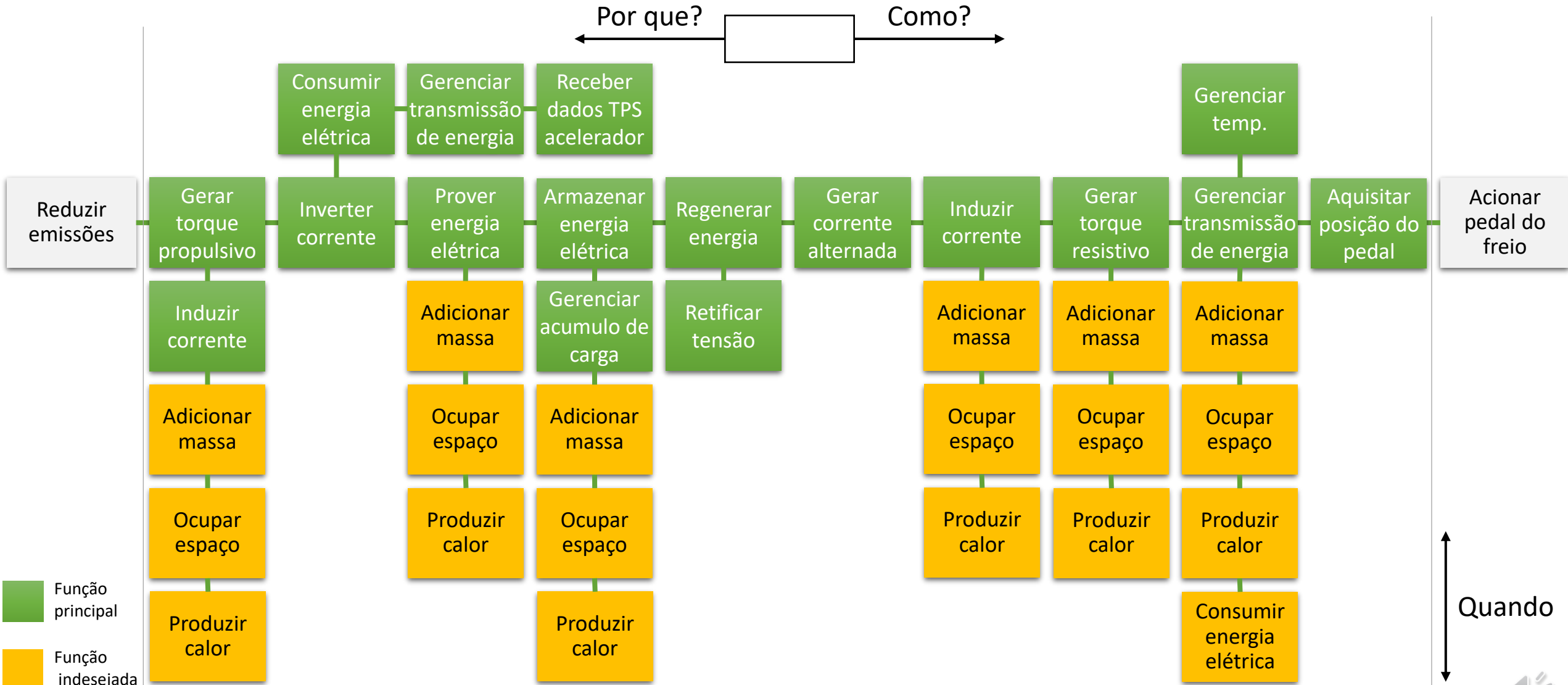
Quando



























Reduzir emissões

Acionar pedal do acelerador

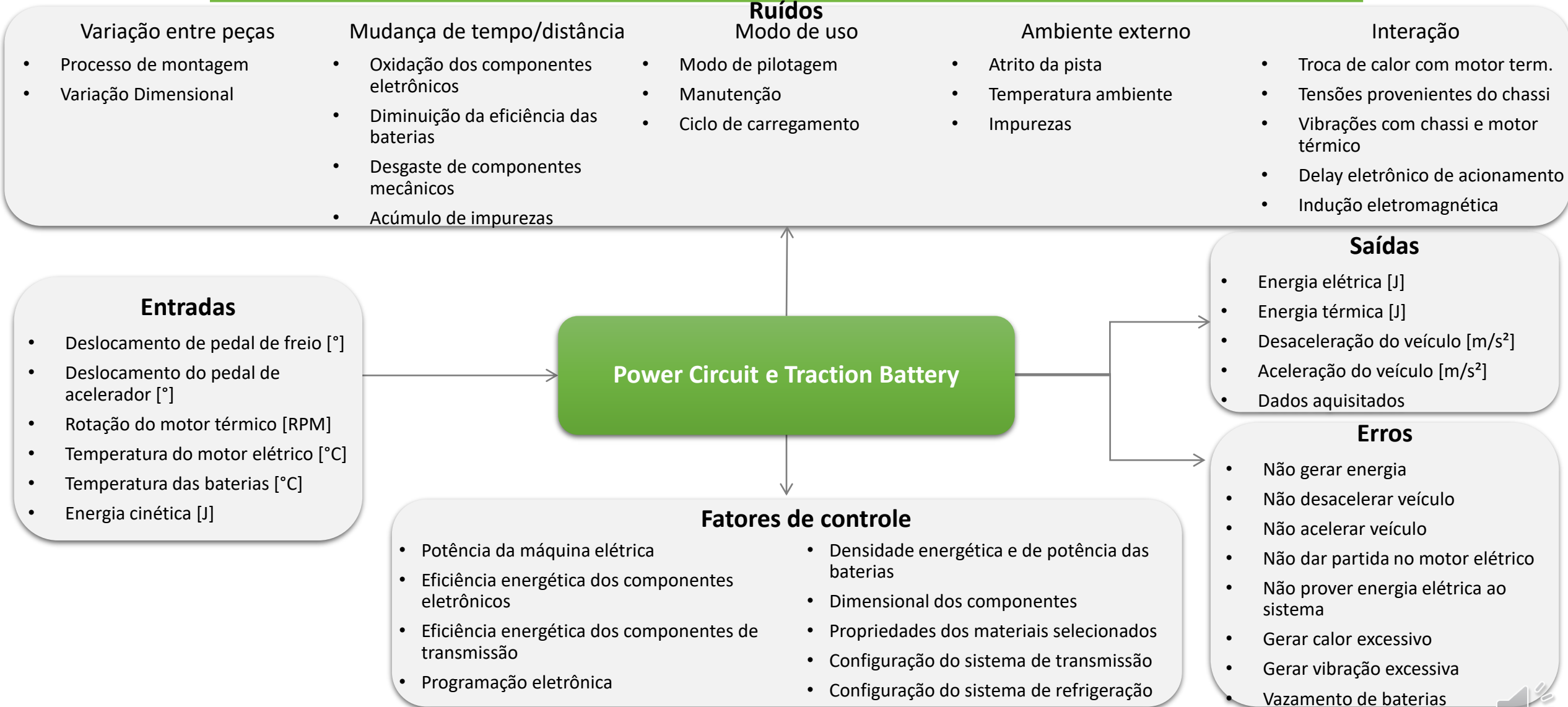




Componentes													
Descrição		E.C.U./Fueltech FT450 SFI	Bomba de combustível	Bico injetor combustível	Bomba de óleo	Bico injetor óleo	Reservatório de óleo	KTT CBA 2010	Eixo traseiro	Polias (elétrico)	Correia (elétrico)	Mancais	Suporte polia
Massa	kg	5,4	0,2	0,09	0,2	0,1	0,3	23	4	2	0,2	0,5	0,3
Dimensões básicas	mm	140x30x80	110x40x90	77,5x15,2x15,2	100x50x50	500x200x50	190,5x101x152	230x340x300	1040xØ 50xØ 50	Ø 100	2642x8x13	100x25x100	Ø 100
Fornecedores		Fueltech	Mikuni	Bosch	Nakata	BOSCH	ReserPlastic	KTT	Mega Kart	Vounder	Vounder	ZON	Techspeed
Custo	R\$	2600	73	360	1000	120	60	9000	450	50	45	400	200
Componentes													
Descrição		TPS	Bobina de Ignição	Sensor de Temperatura	Sensor de Exaustão	Sensor Map	Conversor DC-DC	Encoder	Super Capacitor	Bateria	HCP 300H	BLDC 5kW	Kit completo
Massa	kg	1,5	1,5	0.026	0.185	0.025	0.1	0.15	0,1	14,5	2,2	11	3.6
Dimensões básicas	mm	40x56x35	50x100x50	30x60x30	50x150x50	60x50x60	46x20x22	58x30x58	Ø 16x25	265x155x145	192x77x146	206x125x206	-
Fornecedores		Delphi	RP3 Shop	MTE-Thomson	MTE-Thomson	MTE-Thomson	Filipeflop	Autonics	MAXWELL	EEMB	Golden Motor	DMKE	KTT
Custo	R\$	40	60	40	150	100	15	120	70	150	2000 ~ 3000	2500	2500





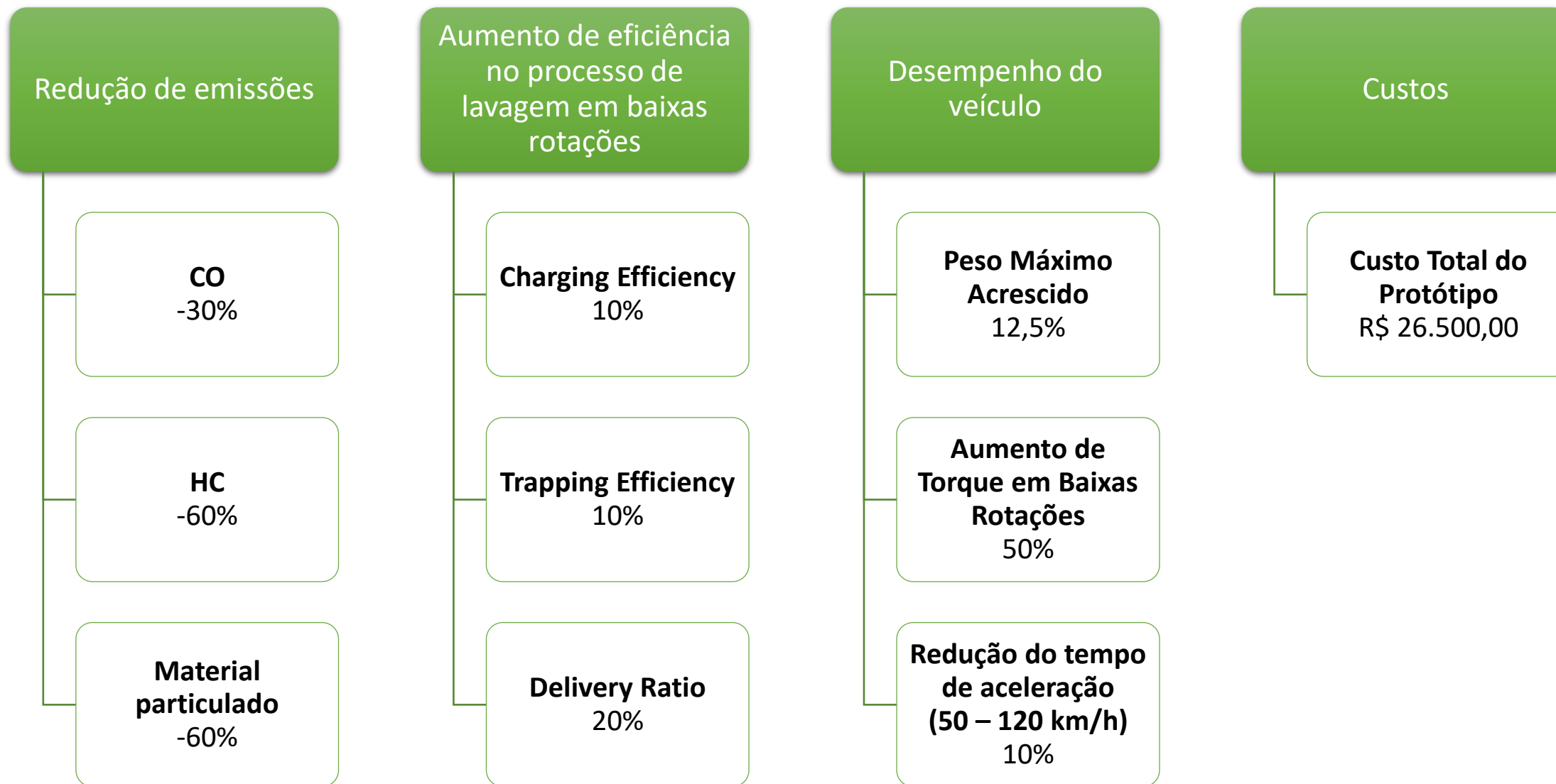


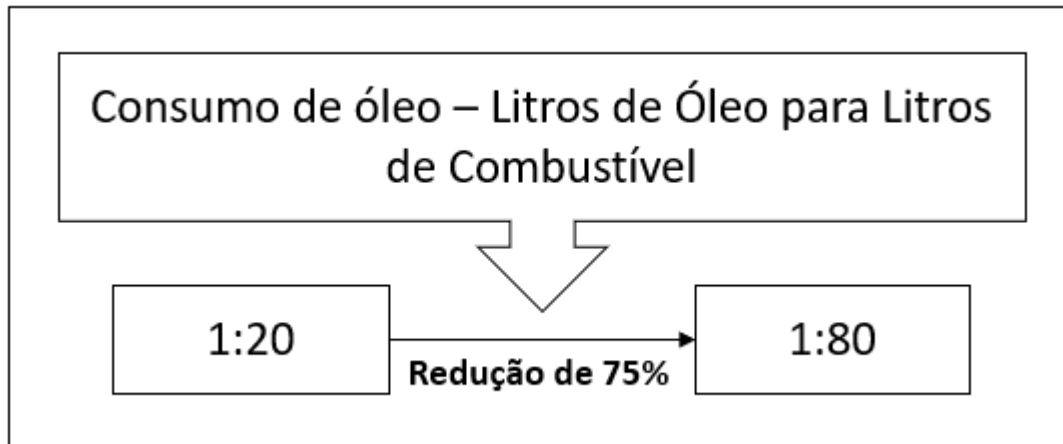




Nível de criticidade	Argumento	Item	Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Potencial causa de falha	Prevenções de controle de projeto atual (cálculo)	Deteção de controles de projeto atual	Ações recomendadas	Responsável
1	Caso ocorra a falha, o motor não liga e sistemas essenciais podem falhar	ECU	Receber dados	Sinal de comando não é enviado	Veículo não acelera	Excesso de tensão	Componentes possuem especificações conformes	Cheiro de queimado	Reprogramação ECU	Líder do protótipo
			Controlar injeção	Sinal de sensor não é recebido	Falhas na marcha lenta	Mal contato elétrico	Testes de corrente	Teste com protótipo (desenvolvimento)	Verificação do chicote elétrico	Programador
			Emitir dados	Sinal não é reconhecido	Dificuldades na partida	Erro de programação	Teste de tensão	Scanner	Recalibração do sensor	Calibrador
			Gravar dados	Falta de canal	Dados faltantes	ECU incompatível com o projeto	Manual de ECU	Teste de protótipo	Troca de ECU	Usuário
3	Caso ocorra a falha, o motor não terá uma combustão correta, podendo acarretar em shut-down completo	Válvula injetora de combustível	Receber dados	Dados não recebidos	Válvula não abre	Mal contato elétrico	Correta especificação da válvula	Falha na partida	Reprogramação ECU	Lider protótipo
			Injetar combustível	Combustível não injetado	Veículo não funciona	Tensão inferior à necessária	Testes de vazão em bancada	Teste com protótipo (desenvolvimento)	Substituição da válvula	Calibrador
			Proporcionar correta estanqueidade	Falta de pressão de combustível	Falha na ignição	Combustível de má qualidade		Scanner	Mudança de combustível	Usuário
				Entupimento da válvula	Redução do desempenho	Falha na calibração		Teste do protótipo	Recalibração	
2	Caso ocorra a falha, o motor não será lubrificado corretamente, podendo acarretar em danos	Válvula injetora de óleo	Receber dados	Dados não recebidos	Válvula não abre	Mal contato elétrico	Correta especificação da válvula	Teste com protótipo (desenvolvimento)	Reprogramação ECU	Lider protótipo
			Injetar óleo	Óleo não injetado	Alteração na pressão de óleo	Tensão inferior à necessária	Testes de vazão em bancada	Scanner	Substituição da válvula	Calibrador
			Proporcionar correta	Entupimento da	Aumento da temperatura	Falha na calibração		Teste do protótipo	Recalibração	Usuário

Referência Bibliográfica	Modelo de Referência	Modelo Proposto	Análise	Valor
<p>Emissions and fuel economy for a hybrid vehicle</p> <p>Imdat Taymaz*, Merthan Benli</p> <p><i>Department of Mechanical Engineering, University of Sakarya, 54187 Adapazari, Turkey</i></p>	<p>Motor 4 Tempos Convencional Não-Híbrido</p>	<p>4 Tempos Convencional Híbrido</p>	<p>Redução de Emissão de CO2 em Veículo Urbano</p>	<p>30%</p>
<p><b>Smoking Gentlemen—How Formula One Has Controlled CO<sub>2</sub> Emissions</b></p> <p>by  Paulo Reis Mourao </p> <p><i>Department of Economics &amp; NIPE, University of Minho, 4700 Braga, Portugal</i></p>	<p>Motor 4 Tempos de Alta Performance Não-Híbrido</p>	<p>Motor 4 Tempos de Alta Performance Híbrido</p>	<p>Redução na Emissão de CO2 em um Veículo de Competição tipo Fórmula</p>	<p>35%</p>
<p><b>DEVELOPMENT OF A HYBRID ELECTRIC RACING CAR</b></p> <p>Stephen Lambert*, Dr. Steven Maggs**, Dr. Paul Faithfull***, Adrian Vinsome****</p>	<p>Motor 4 Tempos de Alta Performance Não-Híbrido</p>	<p>Motor 4 Tempos de Alta Performance Híbrido na Configuração Paralelo Pós Transmissão</p>	<p>Redução no Tempo de Aceleração de 0-60 mph em um Veículo de Competição</p>	<p>8.7%</p>
<p><b>The Hybridization of a Formula Race Car</b></p> <p>Keith W. Benson, Douglas A. Fraser, Sarah L. Hatridge, Curt A. Monaco, Raymond J. Ring, Charles R. Sullivan, Philip C. Taber</p> <p><i>Thayer School of Engineering, Dartmouth College Hanover, NH, USA</i></p>	<p>Energia Consumida</p>	<p>Energia Recuperada</p>	<p>Eficiencia na Recuperação de Energia Elétrica no Ciclo de</p>	<p>47%</p>



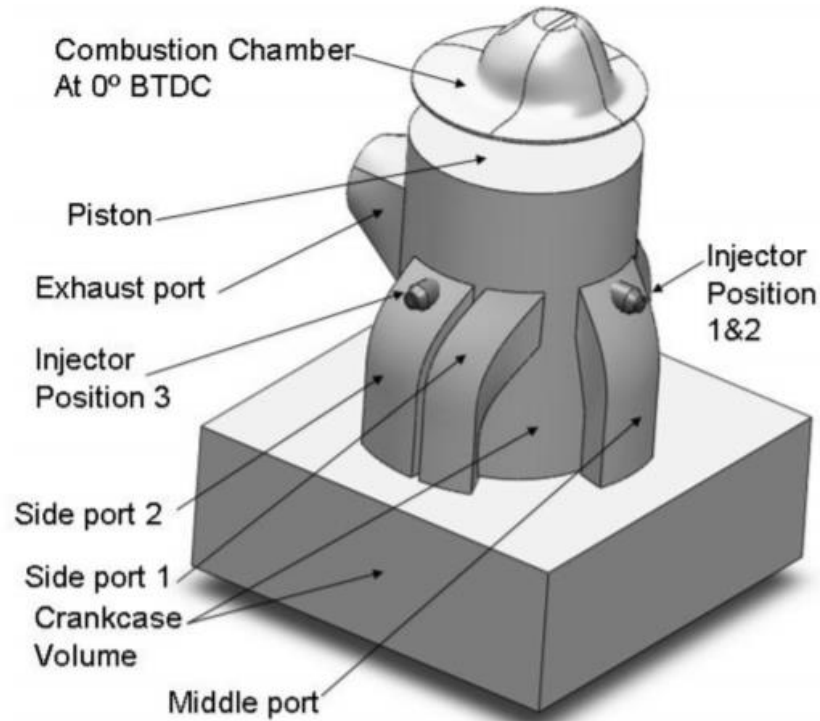


- Hidrocarbonetos não “queimados”
- CO
- Material Particulado

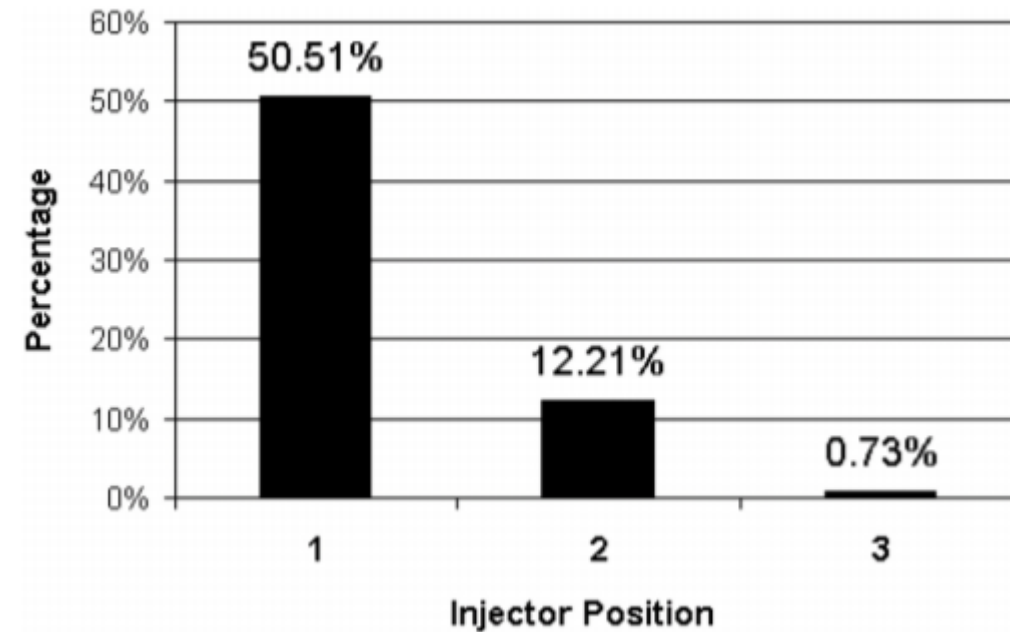


Fonte: <https://www.motosport.com/blog/smoke-signs-exhaust-smoke-color>

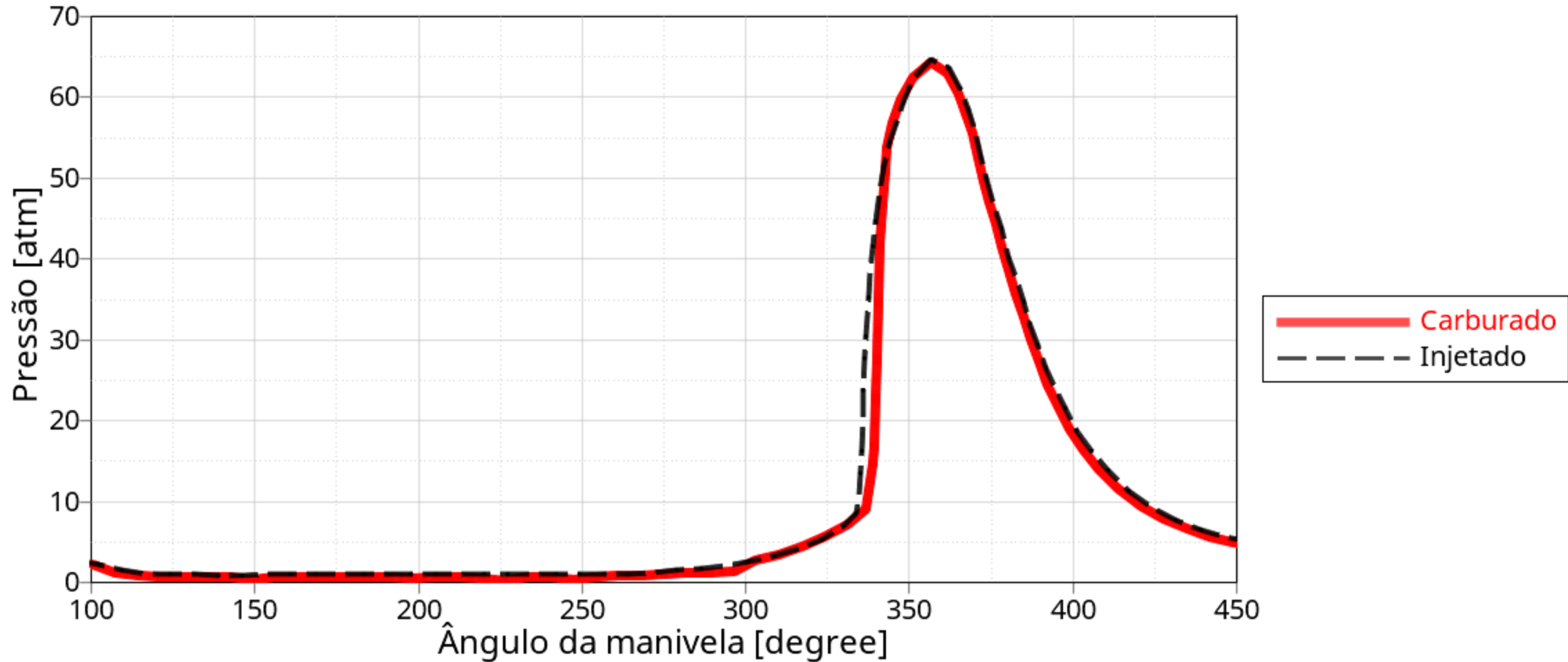




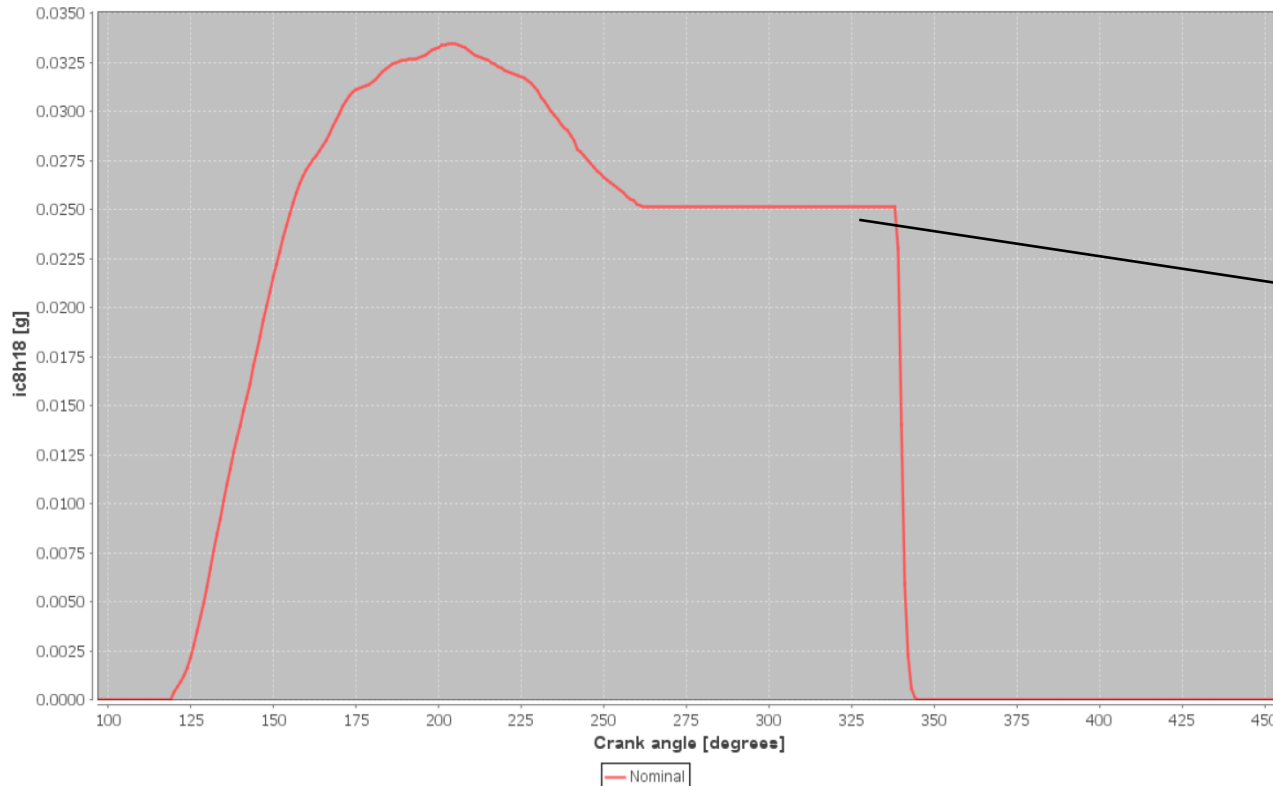
Porcentagem de combustível “short-circuited” para o pórtico de exaustão



Critério utilizado para simulação CFD

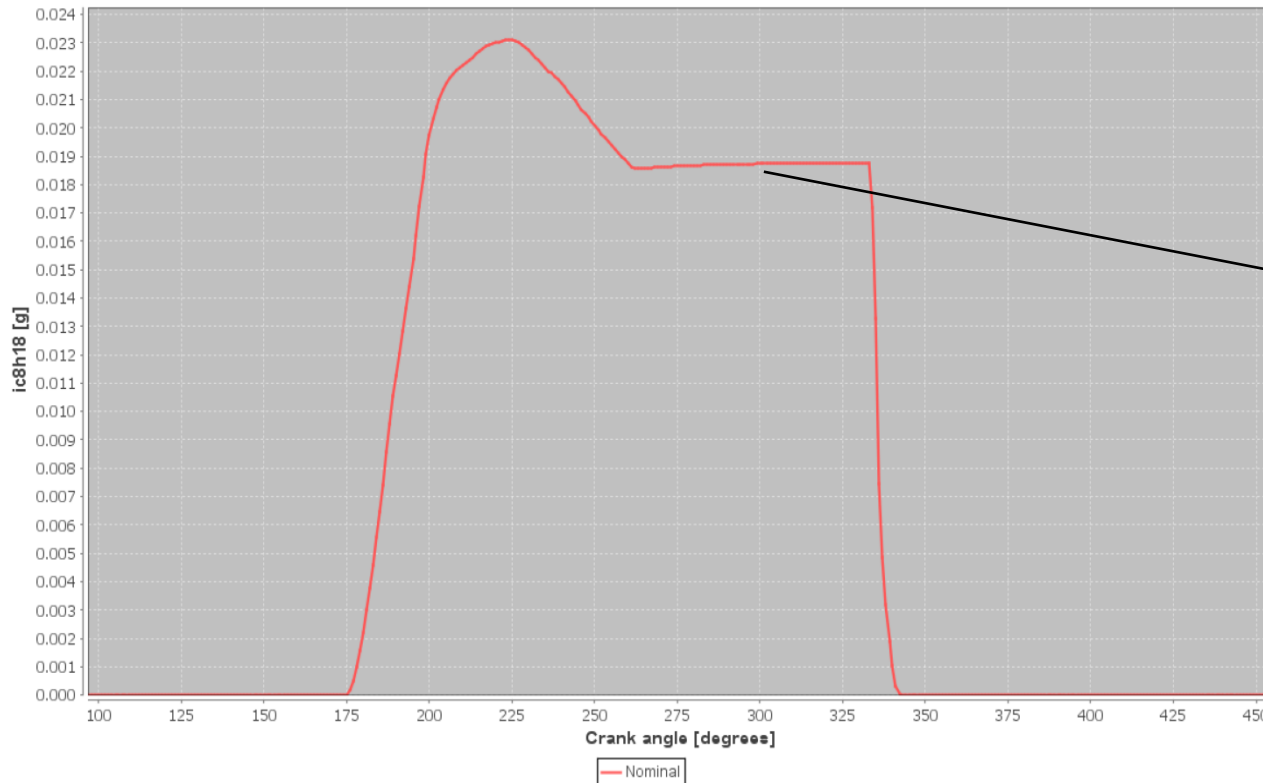


## Alimentação por Carburador



- 0.05775 g de IC8H18 foram admitidas.
- 0.025 g de IC8H18 ficaram no cilindro para combustão.
- Houve perda de 0.03275 g de IC8H18 no processo de lavagem durante um ciclo com o motor operando à 2000 RPM.

## Alimentação por Injetor



- 0.0255 g de IC8H18 foram injetados.
- 0.019 g de IC8H18 ficaram no cilindro para combustão.
- Houve perda de 0.0065 g de IC8H18 no processo de lavagem durante um ciclo com o motor operando à 2000 RPM.





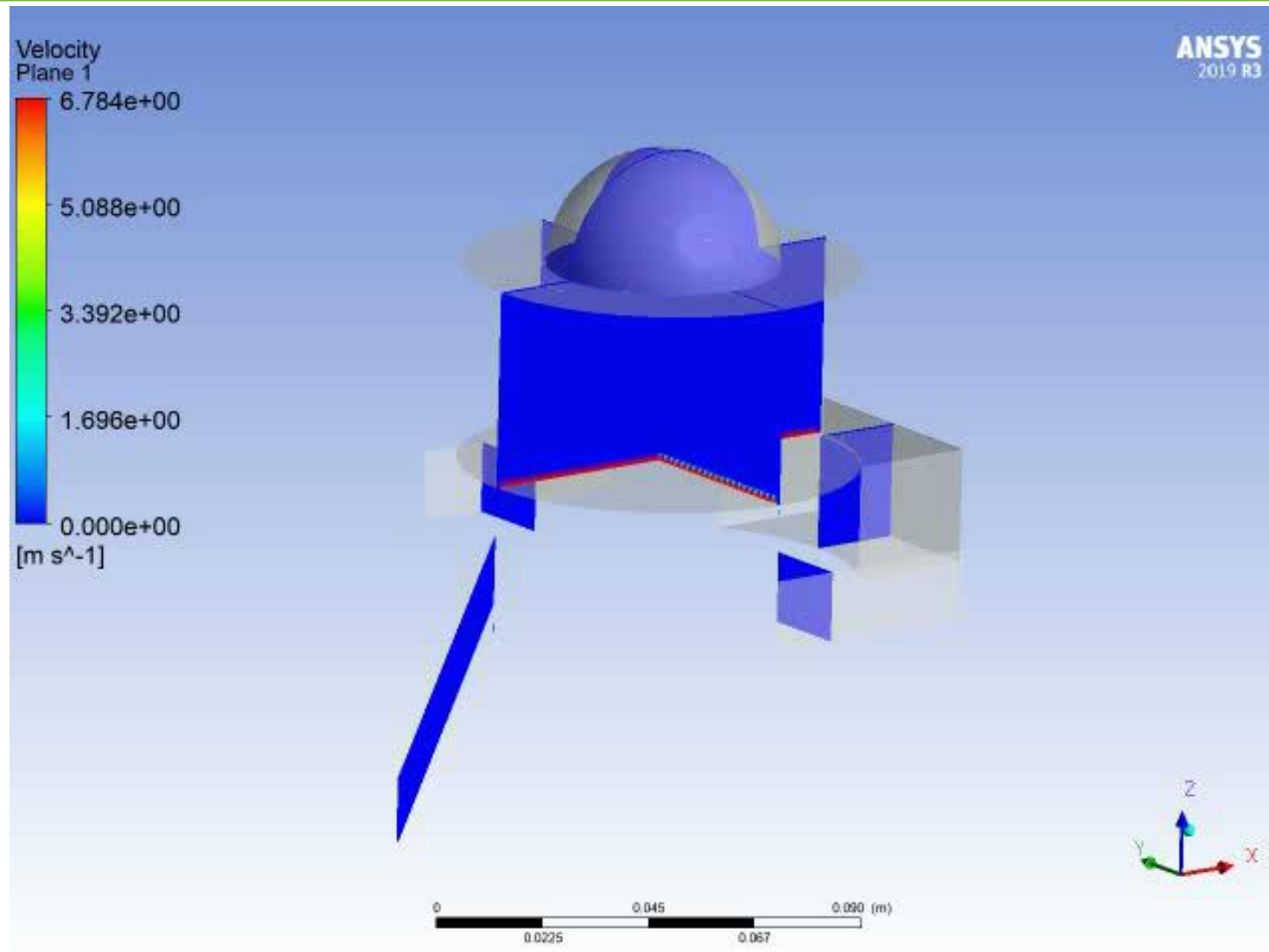
## Cálculos de melhoria de emissão por ciclo

$$\left( \frac{0,03275 - 0,0065}{0,03275} \right) \cdot 100 \% = \mathbf{80 \% \textit{ de redução de emissão de HC!}}$$

$$\left( \frac{0,024 - 0,00575}{0,024} \right) \cdot 100 \% = \mathbf{76 \% \textit{ de redução de emissão de CO!}}$$

$$\left( \frac{0.0575 - 0.045}{0.045} \right) \cdot 100 \% = \mathbf{28 \% \textit{ de aumento de emissão de CO2!}}$$







**Injetor de combustível**

MM – IWP 115  
R\$ 105,00  
350 cc/min



**Bomba de combustível**

Delphi – FE10120  
R\$ 154,90  
10 l/min  
4 Bar



**Injetor de óleo**

MM – IWM 523 00  
R\$ 120,00  
600 cc/min



**Bomba de óleo**

NorthStar – 268306  
R\$ 650,00  
11 l/min  
4 Bar



## Motor elétrico

Rotomax – 150cc  
R\$ 4.000,00 (2 uni.)  
9.800 W  
51.8 V / 5.2 A  
2530 g



## Supercapacitor

Maxwell – BCAP0050 P300  
R\$ 3.300,00 (144 unidades)  
50 F  
3.15 V  
10 mΩ

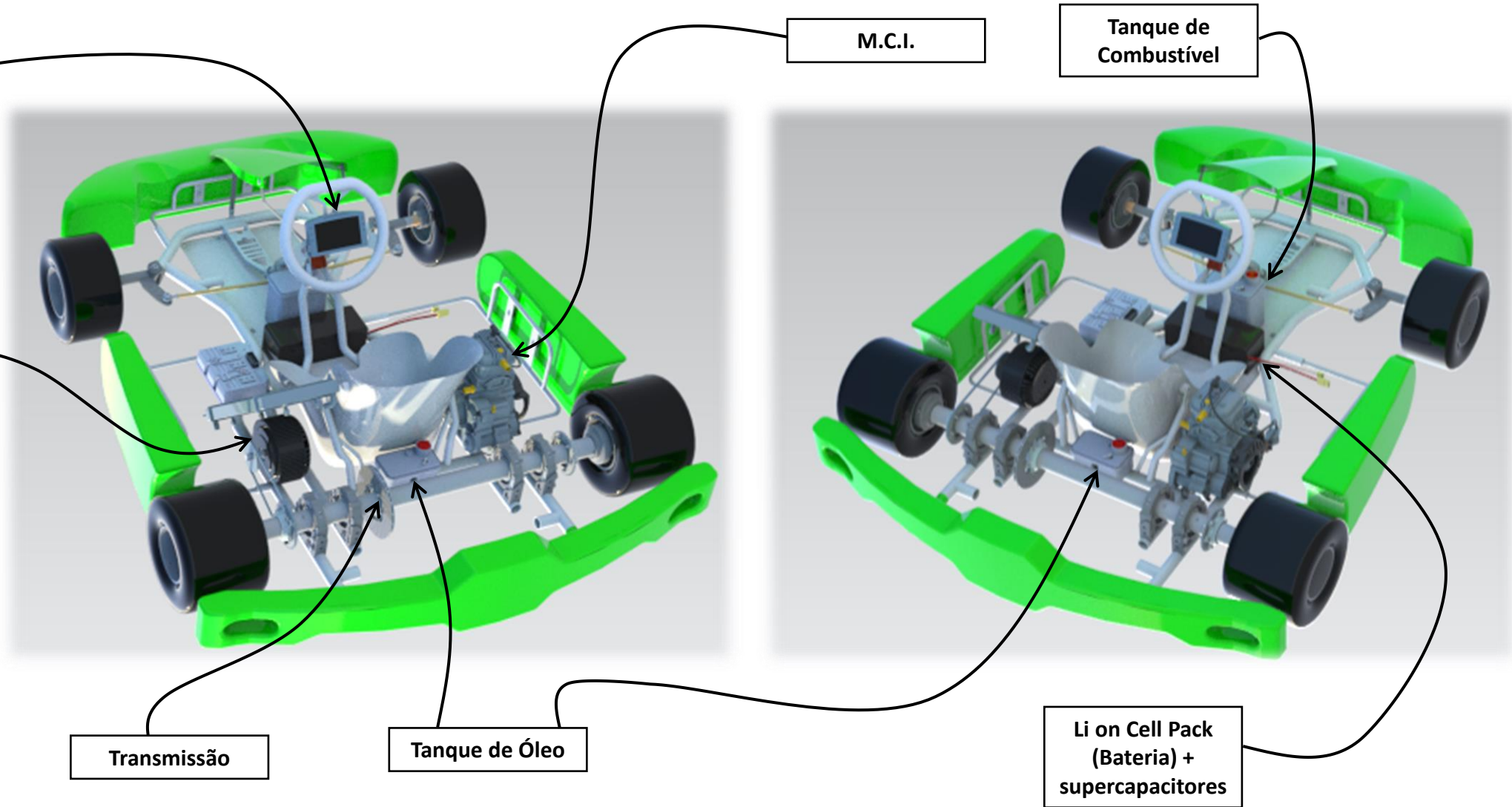


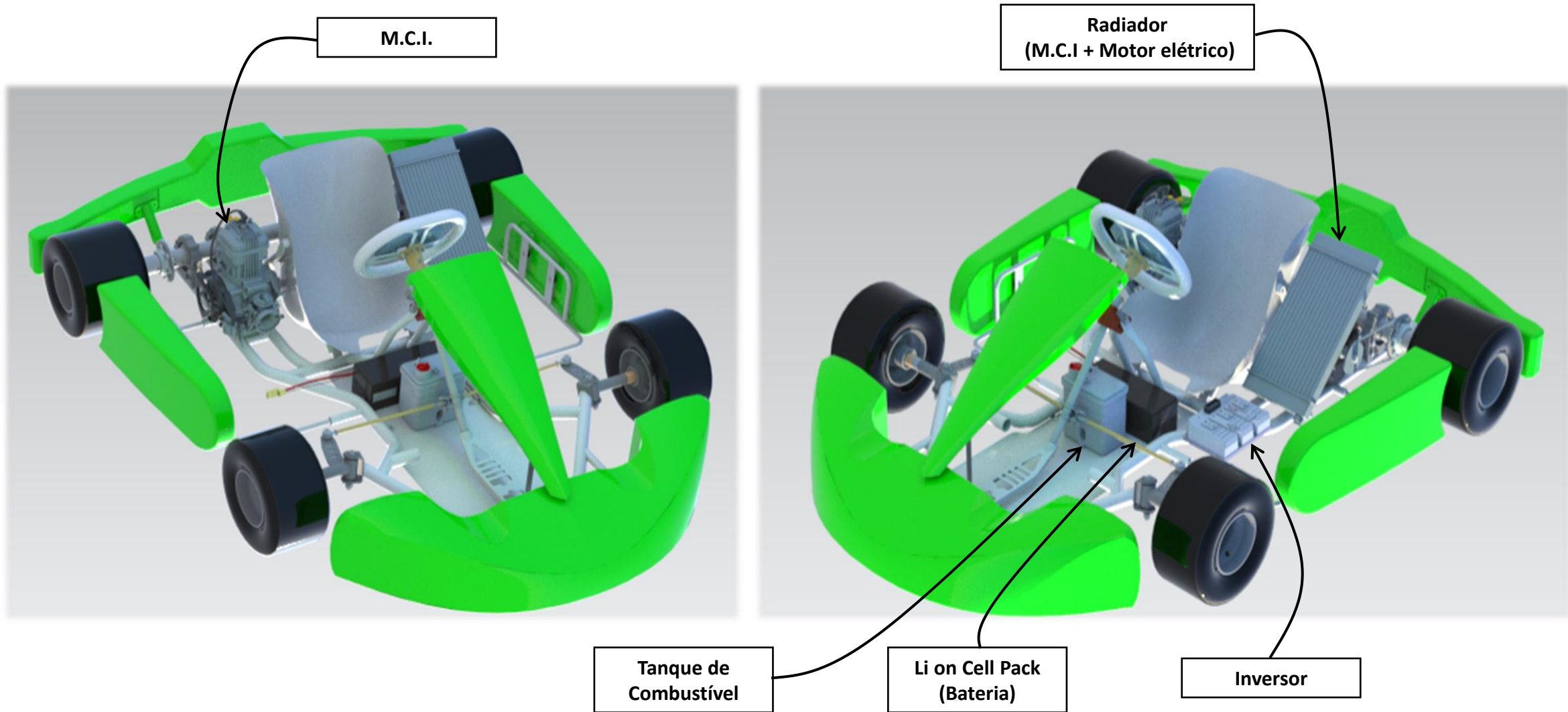
## Inversor

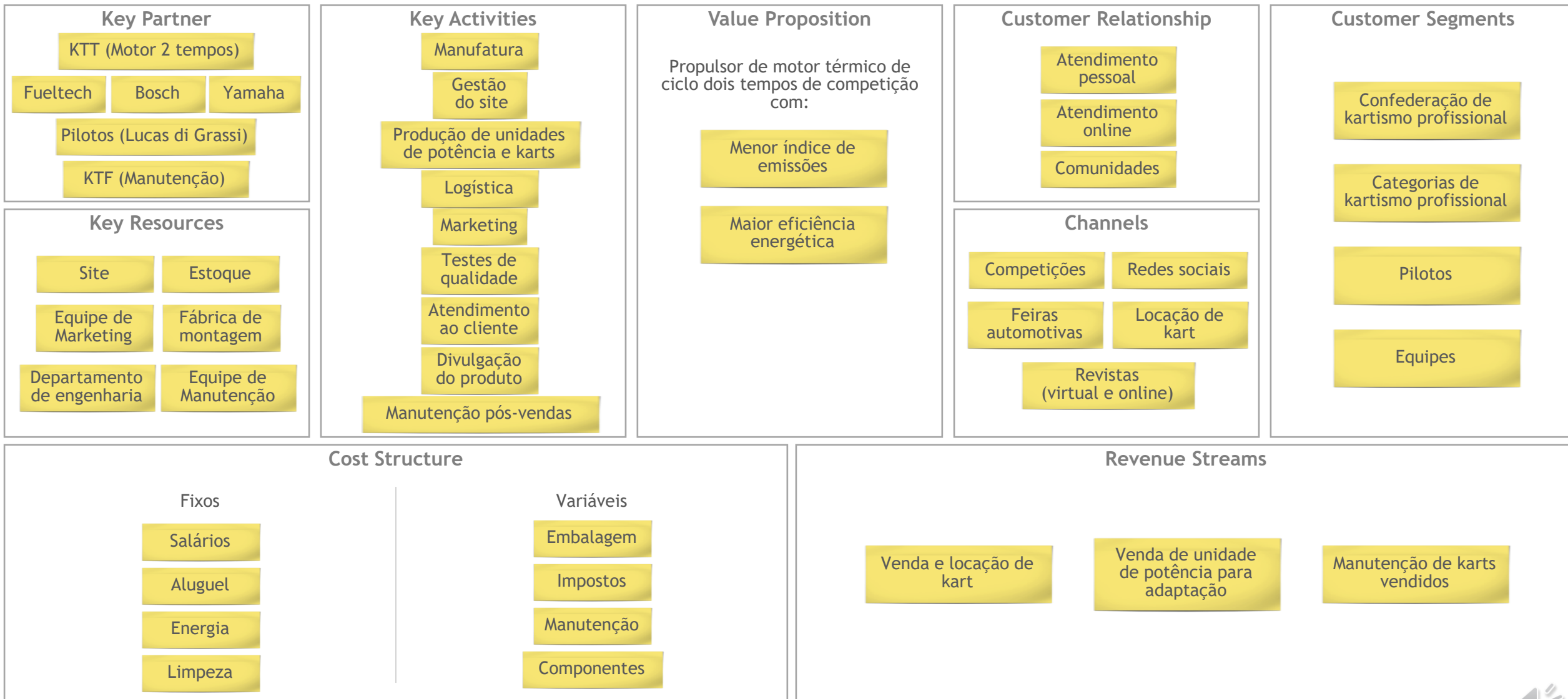
Golden Motor – VEC500  
R\$ 3.200,00  
48 V / 200 A  
10.000 W

<b>Tecnologias</b>	<b>Valor</b>
Motor a Combustão	R\$ 8000,00
Transfer Port Injection + Telemetria	R\$ 4000,00
Motor Elétrico	R\$ 4000,00
Inversor	R\$ 3200,00
Conversor DC-DC	R\$ 120,00
Rede CAN	R\$ 150,00
Polias Correia Mancais e Rolamentos	R\$ 300,00
Adaptações Chassis	R\$ 200,00
Adaptações Sist. Refrigeração	R\$ 200,00
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>R\$ 20.170,00</b>











*OBRIGADO!*

