

Motores Térmicos

8º Semestre

4º ano

Aula 1 - Breve Histórico dos Motores de Combustão Interna

Christian Huygens (1629-1695)

Veículo a vapor de Nicolas-Joseph Cugnot (1769)

Etienne Lenoir (1822-1900)

Alphonse Beau de Rochas (1815-1893)

Otto(1832 -1891) e Langen(1833-1895)

Siegfried Marcus (1831-1898)

Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach

Karl Friedrich Benz (1844 –1929)

Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913)

Introdução

- O automóvel é um **sistema de engenharia complexo e integrado**, concebido para converter energia em movimento de forma controlada e segura.
- A sua evolução resulta da convergência de várias áreas científicas:
 - Engenharia Mecânica
 - Termodinâmica e Sistemas Energéticos
 - Electrónica e Sistemas de Controlo
 - Ciência e Engenharia de Materiais
 - Inteligência Artificial e Sistemas Inteligentes



Christian Huygens (1629-1695)

A procura por um sistema de tração que dispensasse o uso de animais ou da força humana inspirou muitos inventores a desenvolver soluções criativas. No século XVII, o físico holandês Christian Huygens já havia concebido um motor de combustão interna, muito antes do advento da era do vapor, ao idealizar um mecanismo que utilizava a explosão de pólvora em um cilindro para elevar um peso.

Christian Huygens (1629- 1695



Etienne Lenoir (1822-1900)

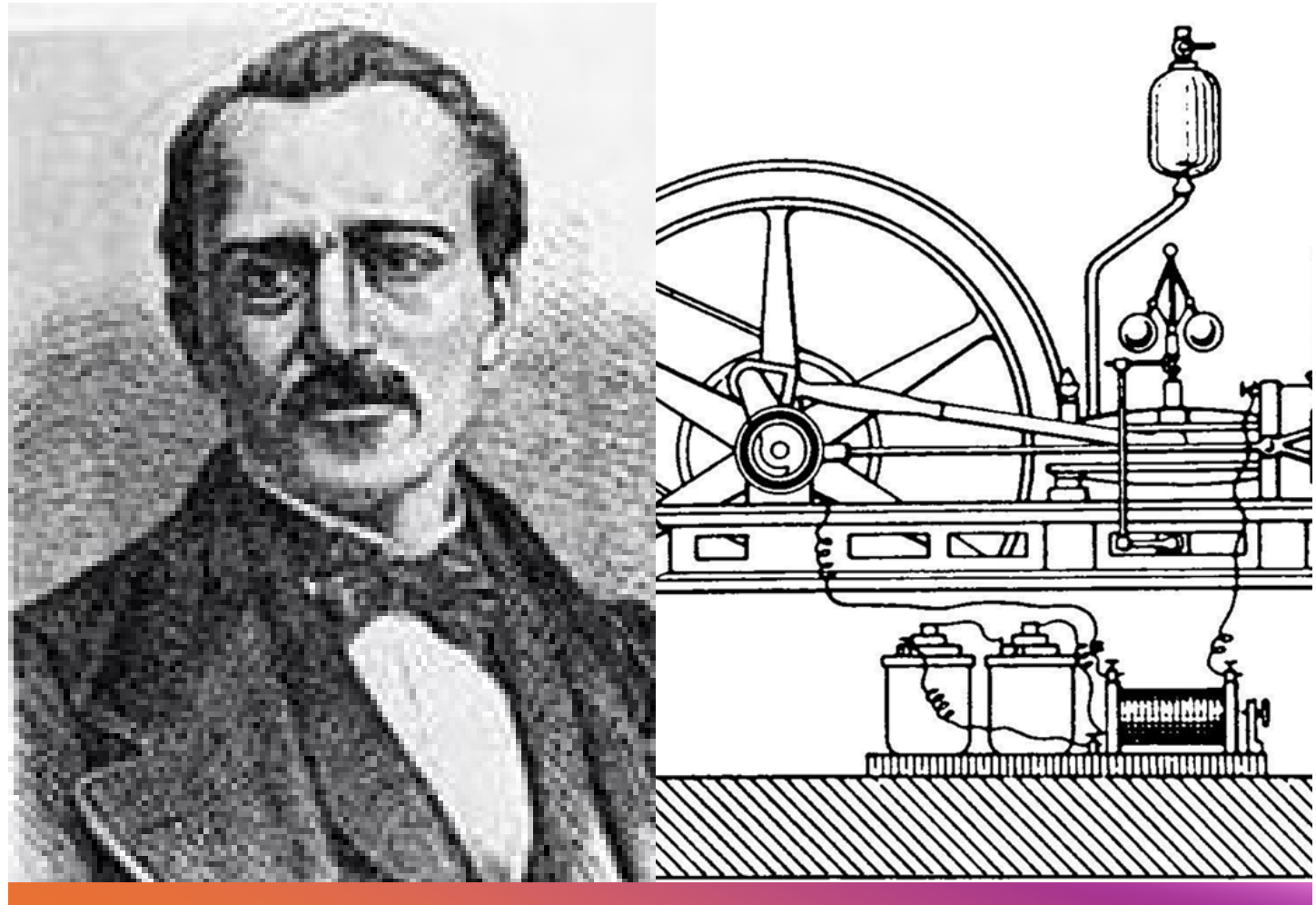
No início do século XIX, a crescente extracção de gás de carvão para iluminação e aquecimento levou à investigação das propriedades explosivas do gás quando combinado com o ar. Engenheiros começaram a experimentar o uso do gás em motores a vapor, que eram a tecnologia mais utilizada na época. Em 1859, o francês Etienne Lenoir conseguiu converter um motor a vapor em um motor de dupla acção, possibilitando que a combustão ocorresse alternadamente em ambos os lados do pistão.

A Era do Vapor (Século XVIII)

- ▶ **A Era do Vapor (Século XVIII)**
- ▶ **1769 – Veículo a vapor de Nicolas-Joseph Cugnot**
- ▶
 - Primeiro veículo autopropulsionado documentado
 - Desenvolvido para transporte de artilharia militar
 - Velocidade média aproximada: 3–4 km/h
- ▶ **Características técnicas:**
 - Motor a vapor de combustão externa
 - Transmissão mecânica directa à roda dianteira
 - Elevado peso estrutural
- ▶ **Limitações principais:**
 - Baixa eficiência térmica
 - Autonomia reduzida
 - Necessidade frequente de reabastecimento de água e combustível
 - Problemas de estabilidade e controlo



Etienne Lenoir (1822- 1900)

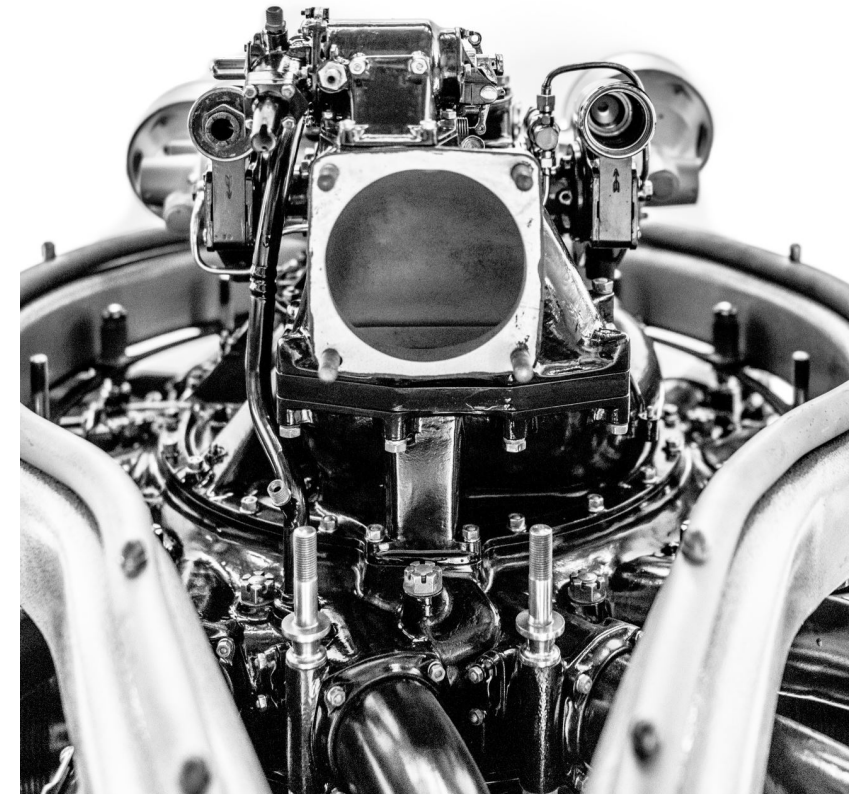


Etienne Lenoir (1822- 1900)

Uma característica distintiva deste motor era a ocorrência de combustão em ambos os lados do pistão, sendo controlada por válvulas de admissão e escape. Durante a primeira metade do ciclo, uma mistura de gás e ar era introduzida antes da ignição, o que gerava pressão e impulsionava o pistão. No ciclo seguinte, os gases de exaustão eram liberados enquanto uma nova combustão acontecia do lado oposto. Entre 1860 e 1865, foram fabricados 5.000 motores com potência de até 6 HP e eficiência em torno de 5%.

Alphonse Beau de Rochas (1815-1893)

- Na França, em 1862, Beau de Rochas (1815-1893), listou as condições sob as quais, um melhor desempenho do motor poderia ser obtido:
- - Menor relação superfície/volume para o cilindro do pistão (cilindro com um diâmetro da mesma ordem de grandeza que seu comprimento);
- - Processo de expansão o mais rápido possível;
- - Máxima expansão possível;
- - Máxima pressão possível no começo do processo de expansão dos gases dentro do cilindro.
- As duas primeiras condições visavam reduzir as perdas de calor ao mínimo, conservando a exergia nos gases de combustão. A terceira e quarta visavam obter o máximo de potência possível.



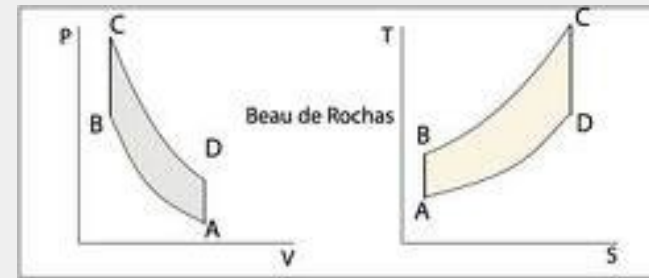
Alphonse Beau de Rochas (1815-1893)

Beau de Rochas também indicou o método de operação desejável num motor de combustão interna:

- 1.- Admissão durante o deslocamento do pistão “para fora”;
- 2.- Compressão durante o movimento do pistão “para dentro”;
- 3.- Ignição da carga de combustível e ar no ponto morto superior do pistão, seguida por expansão durante o deslocamento seguinte do pistão, para fora;
- 4.- Exaustão durante a corrida seguinte do pistão, para dentro;

Este processo é o que é utilizado até hoje.

Beau de Rochas patenteou o principio do motor de 4 tempos, em 1862, mas não o desenvolveu comercialmente.



Alphonse Beau de Rochas (1815-1893)

Otto(1832 -1891) e Langen(1833-1895)

Uma das inovações significativas nos motores a gás foi desenvolvida por *Nicolaus Otto* e *Eugen Langen* em 1867. Este motor estabelecia uma conexão com o eixo motriz por meio de uma cremalheira e uma roda livre, o que permitia que a mistura de gás fosse introduzida na parte inferior do cilindro. A explosão resultante empurrava o pistão para cima, enquanto sua descida acionava a cremalheira, fazendo o volante girar. Um dispositivo com duas chamas assegurava a ignição, reacendendo após cada explosão. Apesar de sua complexidade mecânica, o motor se mostrava confiável e bastante popular na sua época.

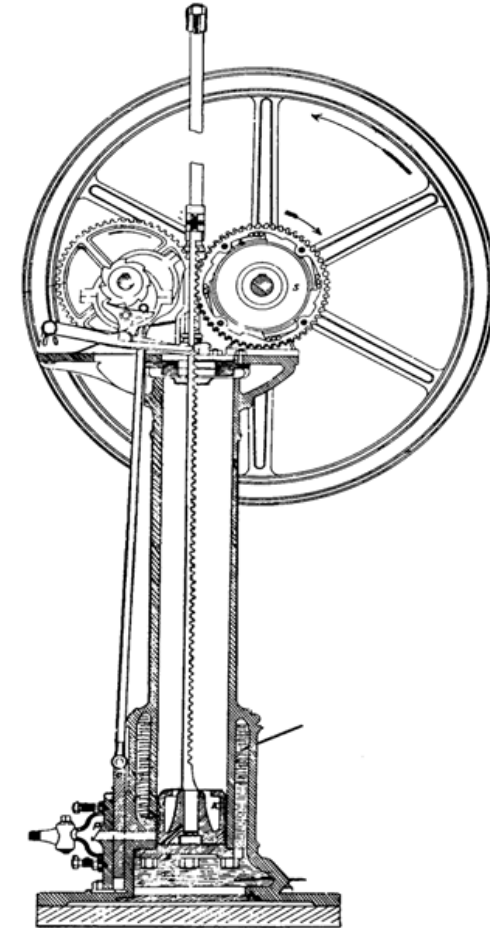
Otto(1832 -1891) e Langen(1833-1895)



Nicolaus Otto
(1832 -1891)



Eugen Langen
(1833-1895)



Otto(1832 -1891) e Langen(1833-1895)

Este motor foi apresentado na Exposição Industrial de Paris, em 1867.

O conceito deste motor era o de “pistão livre”, sendo este pistão impulsionado pela explosão dos gases no cilindro, o pistão estava ligado a um volante através de uma cremalheira e uma engrenagem. No retorno do pistão era produzido trabalho mecânico.

O movimento do volante produzia por sua vez a abertura e fecho de uma válvula de admissão e a ignição.

Também neste caso não havia compressão dos gases antes da combustão. Uns 10000 motores deste tipo foram construídos, e dominaram o mercado até a introdução do motor Otto de quatro tempos. A eficiência era de 11%.

Siegfried Marcus (1831-1898)

Siegfried Marcus foi um engenheiro e inventor notável, nascido em 1831 e ativo em Viena. Ele acumulou diversas patentes, incluindo um detonador usado pelas forças armadas austríacas. Algumas fontes o creditam como inventor do primeiro automóvel com motor de dois tempos, criado em 1864. Seu segundo carro, desenvolvido em 1875, tinha um design mais avançado. Esse modelo sobreviveu escondido em uma parede falsa durante a ocupação nazista devido a ordens de destruição relacionadas a Marcus, que era judeu.

Siegfried Marcus (1831-1898)



Siegfried Marcus
(1831-1898)



1864

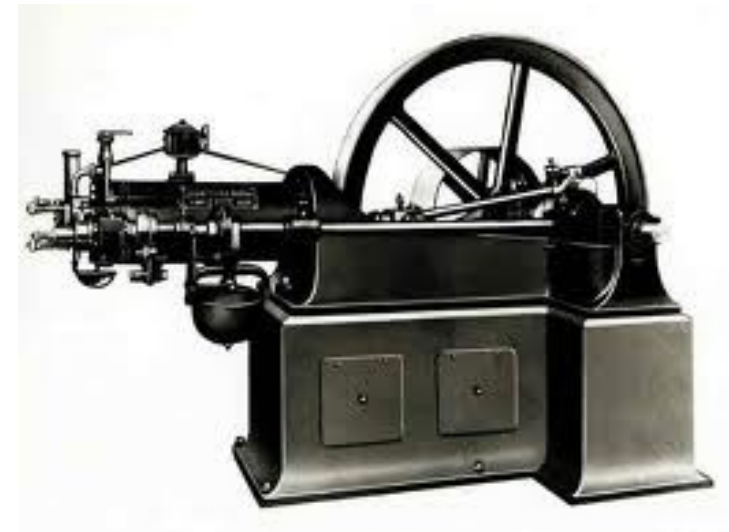


1875

Nikolaus Otto 1832-1891

Embora a ideia do motor de 4 tempos tenha sido patenteada por Alphonse Beau de Rochas em 1862, a primeira implementação prática foi realizada pelo alemão *Nicolaus Otto*, que obteve uma patente em 1863 com o apoio de seu sócio *Eugen Langen*. Em 1867, seu motor de dois tempos foi premiado na Feira Mundial de Paris. Otto, que começou como caixeiro viajante, se interessou pelo motor de Lenoir e, após pesquisas em sua oficina, desenvolveu o princípio do motor de quatro tempos, conhecido como *ciclo Otto*, produzindo o primeiro motor bem-sucedido em 1876, chamado de *motor silencioso*. Ele teve sucesso em sua empresa, empregando *Daimler* e *Maybach*, que mais tarde fundaram sua própria fábrica.

Nikolaus Otto 1832- 1891



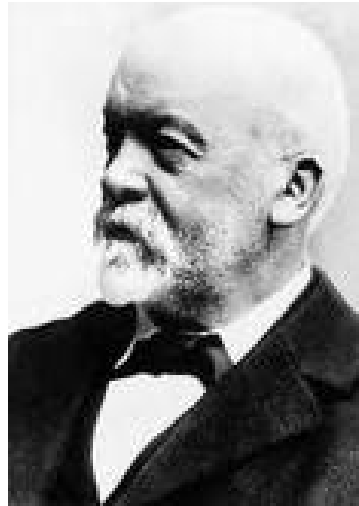
Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach

O motor de combustão interna de alta velocidade desenvolvido por *Gottlieb Daimler* transformou a indústria automotiva. Após trabalhar na fábrica de *Otto* com *Wilhelm Maybach*, eles decidiram criar sua própria empresa. O motor monocilíndrico de quatro tempos que criaram em 1883 operava a 600 rotações por minuto (rpm), superando o motor de *Otto*, que chegava a 130 rpm, e gerava muito mais potência com o mesmo peso, utilizando ignição a tubo quente.

Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach



Wilhelm Maybach
(1846-1929)



Gottlieb Daimler
(1834 –1900)





Reitwagem: carro de cavalgar

A criação do carburador que utilizava gasolina como combustível é creditada a Daimler e Maybach. O primeiro veículo a usar esse combustível foi a *Reitwagen*, a primeira motocicleta do mundo. A escolha de um veículo de duas rodas foi prática, pois não requer diferencial e possui direção simples. Com um motor de 264 cm^3 e 0,5 hp a 700 rpm, ele podia funcionar com gás ou gasolina. *Maybach* testou o veículo pela primeira vez em novembro de 1885, percorrendo 3 km de Cannstatt a Unter sem problemas.

Reitwagem: carro de cavalgar

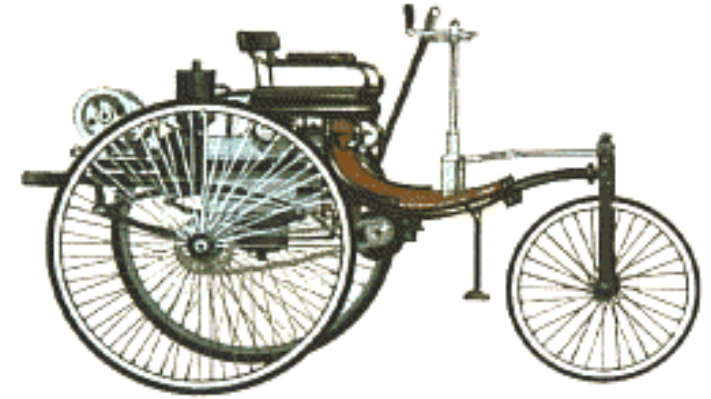
É também devido ao pioneirismo de Daimler e Maybach a criação do carburador que usava gasolina como combustível. O primeiro veículo a utilizar este combustível também foi a primeira motocicleta do mundo, que levou o nome de **Reitwagen**, *carro de cavalgar*. O facto de escolherem um veículo de duas rodas se deu por razões práticas, pois ele não necessita de diferencial e tinha uma direcção simples. O seu motor, de 264 cm³ e 0,5 hp a 700 rpm, podia usar gás ou gasolina. Este veículo foi testado pela primeira vez em Novembro de 1885 por *Maybach*, que percorreu 3 km de estrada que ia de Cannstatt até Unter, sem ocorrer nenhum problema.

Reitwagem: carro de cavalgar



Karl Friedrich Benz (1844 –1929)

A criação do primeiro automóvel é creditada a *Karl Benz*, que recebeu a patente em 29 de janeiro de 1886. Em 3 de julho do mesmo ano, ele apresentou seu triciclo, que incorporava elementos de bicicletas e tinha um motor a quatro tempos refrigerado a água. Com potência de apenas 1/2 kW (3/4 de CV), o veículo alcançava 15 km/h nas ruas de Mannheim. Essa inovação, junto com a colaboração de *Gottlieb Daimler*, deu origem à renomada marca Mercedes-Benz, que permanece relevante até hoje.

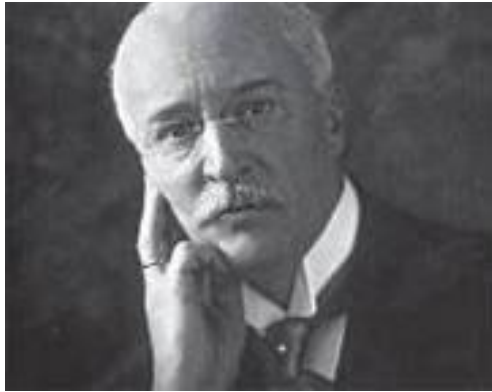


Karl Friedrich Benz (1844 –1929)

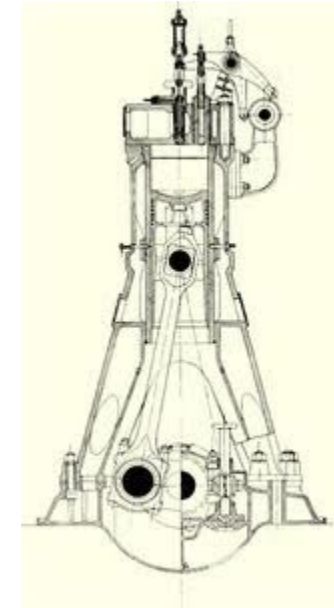
Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913)

Outro motor que se destacou no século XIX foi o criado por *Rudolf Diesel* em 1892. Esse motor, amplamente utilizado no transporte público, de carga e marítimo, alcançou um desempenho inédito em motores de combustão interna. Ele opera pelo princípio da auto-ignição, onde a compressão do ar atinge um nível que provoca a ignição do combustível. O engenheiro *Diesel* comprovou termodinamicamente a eficiência desse motor, demonstrando seu desempenho antes da construção.

Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913)



Rudolf Diesel
(1858-1913)





Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913)

- # Em 1898, Diesel demonstrou sua invenção na Feira Mundial em Paris, usando óleo de amendoim como combustível! A sua intenção foi a de oferecer um meio a pequenas indústrias, agricultores e pessoas comuns de competirem com o monopólio das grandes indústrias, que controlavam toda a geração de energia naquela época! Sua ideia era o uso de fontes naturais de combustível, como biomassa.
- # Em 1913, Diesel desapareceu do navio numa viagem à Inglaterra. Não se sabe se foi suicídio, acidente ou homicídio, uma vez que ele se opunha fortemente ao uso de seus motores com fins bélicos pela Alemanha.

Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913)

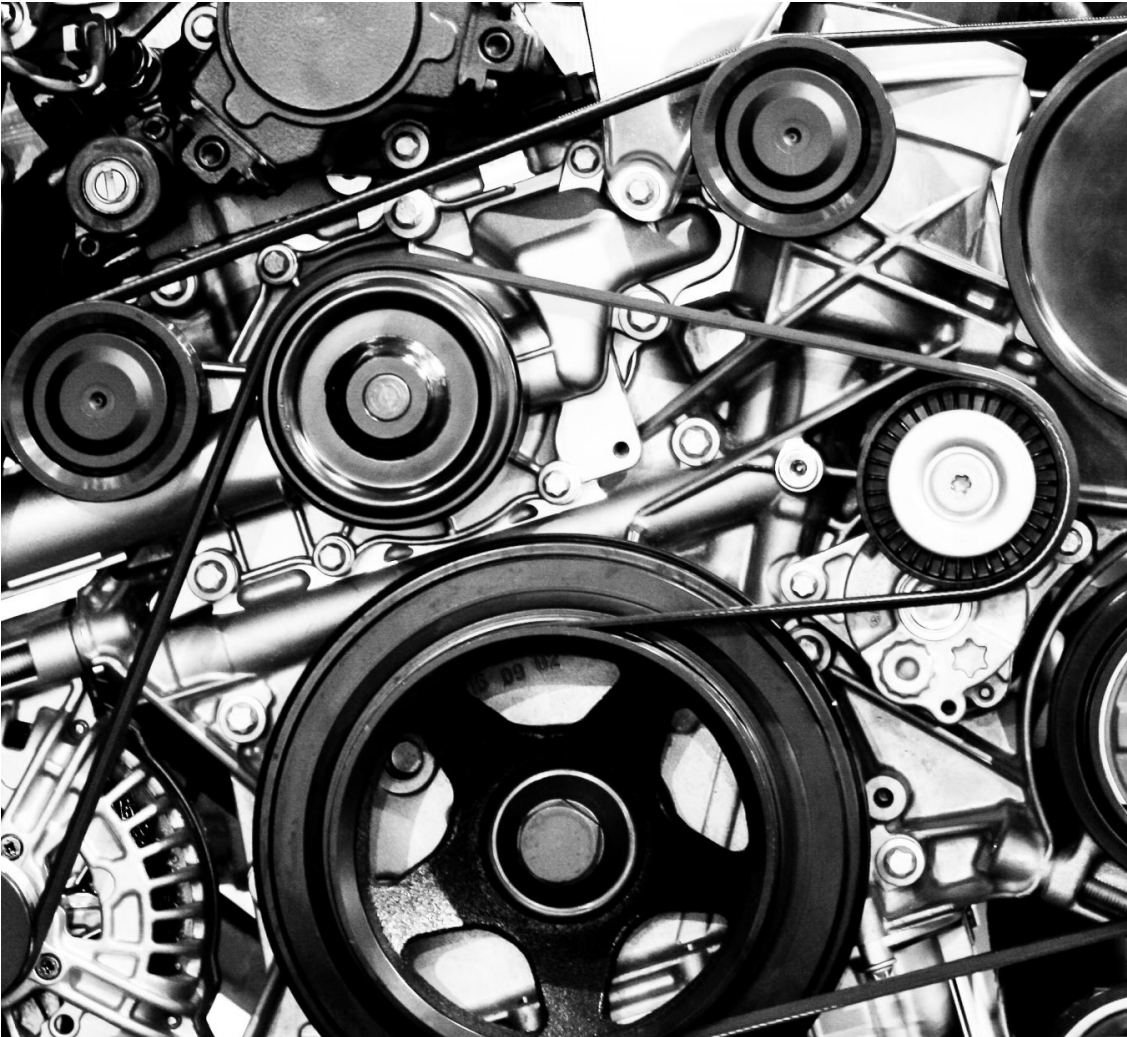
- # Como resultado do trabalho e visão de Diesel, motores de ignição por compressão foram alimentados com óleos combustíveis até 1920!
- # O petróleo foi descoberto na Pensilvânia em 1859, tendo sido utilizado principalmente para a produção de querosene de iluminação. Porém, já na década de 1920, os fabricantes do motor diesel fizeram alterações de modo a utilizar os resíduos baratos e de baixa viscosidade do petróleo ao invés de biocombustíveis. A indústria do petróleo estava crescendo e se estabelecendo no mercado!

Produção em Massa (Início do Século XX)

- 1908 – Ford Model T
 - Produção em série por Henry Ford
 - Introdução da linha de montagem (1913)
 - Redução de custos e popularização global



Avanços Tecnológicos (1930–1970)



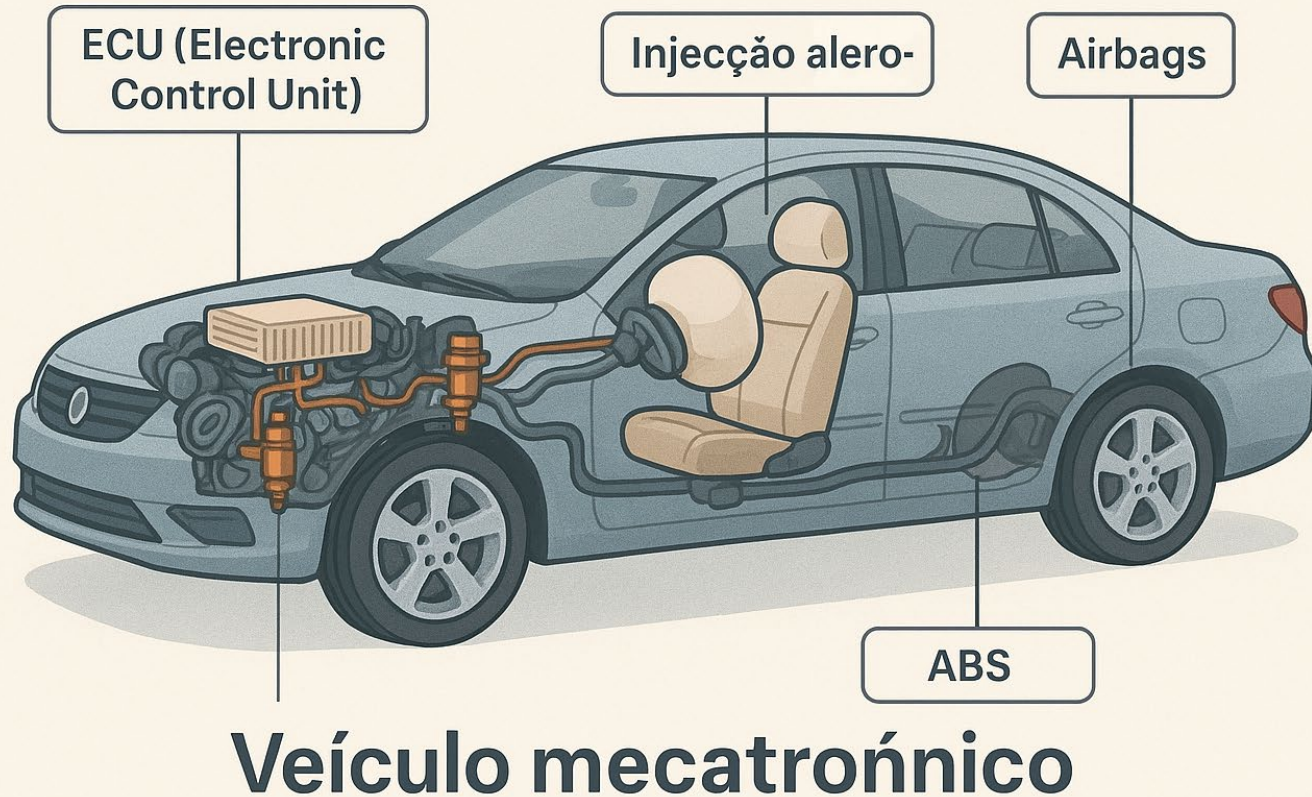
- ▶ Motores Diesel
- ▶ Melhorias aerodinâmicas
- ▶ Travões hidráulicos
- ▶ Suspensão independente
- ▶ Segurança passiva

Crise do Petróleo e Eficiência Energética (1970s)



- ▶ Crise petrolífera de 1973
- ▶ Motores mais eficientes
- ▶ Introdução da electrónica automóvel
- ▶ Ascensão de fabricantes japoneses (ex: Toyota)

Era Electrónica (1980–2000)



Era Electrónica (1980–2000)

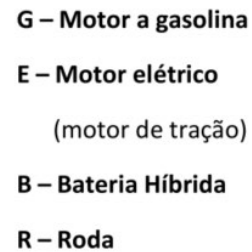
ECU (Electronic Control Unit)

Injecção electrónica

Sistema ABS

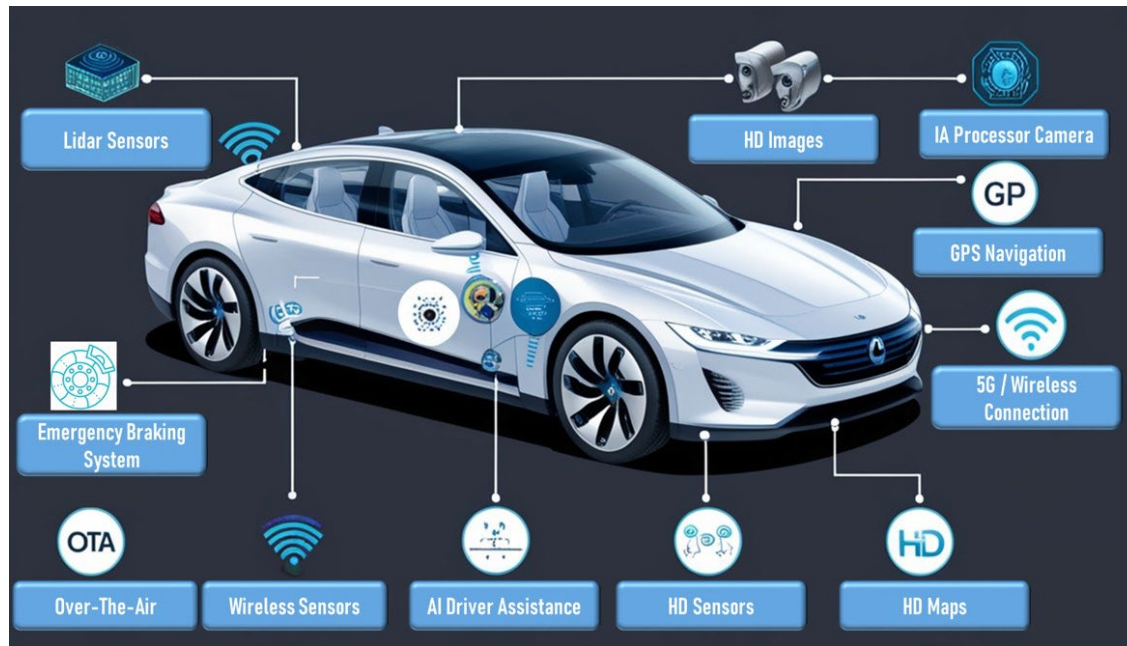
Airbags

Veículo mecatrónico



- 35

Automóvel Autónomo (Século XXI)



1. Percepção do Ambiente

Sensores **LIDAR**

Radar e câmaras HD

Fusão sensorial

2. Processamento e Decisão

Inteligência Artificial

Redes neurais profundas (Deep Learning)

Planeamento e controlo em tempo real

3. Conectividade e Integração

Comunicação **V2X** (V2V, V2I)

GPS e mapas HD

Actualizações OTA (Over-the-Air)

 **Exemplo**

Waymo – Nível 4 de automação (SAE)

Evolução da Condução Autónoma – Implementação Real

Expansão Progressiva da Operação Autónoma

2015 – Austin

Primeiros testes públicos com veículos autónomos.

2017 – Phoenix (East Valley)

Início de serviço comercial com nível 4 de automação.

2022 – San Francisco

Operação em ambiente urbano complexo e denso.

Conclusão:

Transição de fase experimental para operação comercial em larga escala.



Tendências Futuras



- ▶ Hidrogénio
- ▶ Condução autónoma nível 5
- ▶ Mobilidade como serviço
- ▶ Sustentabilidade total
- ▶ Integração com Smart Cities