



BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA COM  
HABILITAÇÃO EM INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL

## A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA

### ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DA TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA DE VEÍCULOS DE PASSEIO COM RELAÇÃO AO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL

Maria da Conceição dos Santos<sup>1</sup>

Gessica Carvalho Souza<sup>2</sup>

Rafael Marzo Neto<sup>3</sup>

Leonardo Serfert Jr<sup>4</sup>

Dr. Júlio Cesar Chaves Câmara<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Autora Bacharelado em Engenharia Mecânica – FATEC

<sup>2</sup> Coautora Bacharel em Engenharia Mecânica - FATEC

<sup>3</sup> Engenheiro Mecânico da Ford (Referência)

<sup>4</sup> Engenheiro Mecânico da Ford (Referência)

<sup>5</sup> Engenheiro Mecânico, Mestre em Mecatrônica, Doutor em Modelagem Computacional, Coordenador do Curso de Engenharia Automotiva do SENAI CIMATEC – SALVADOR – BA (Referência).

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico primeiramente esse trabalho a Deus, por durante toda minha vida, continua sendo um Pastor incansável apascentando suas ovelhas e a Ele cabe, em termos de supremacia, a realização desse trabalho.

Ao estimável Mentor da Ford Eduardo Ribeiro de Freitas, pelas palavras de encorajamento, seus ensinamentos, paciência, dedicação e o rigor com que conduziu durante toda trajetória desse trabalho, influenciando no desenvolvimento de minha vida intelectual com uma tinta indelével.

Aos mentores da Ford, Leonardo Serfert Jr, Rafael Marzo Neto, que contribuíram para realização deste estudo.

Ao Advogado Átila Ramos Tavares, Especialista em Direito Tributário e Finanças Públicas, Assessor Legislativo na Câmara dos Deputados Federais, Membro da ABA (Associação Brasileira de Advogados), pela disposição em ajudar.

Ao Dr. Júlio César Chaves Câmara, Coordenador do Curso de Engenharia Automotiva do SENAI CIMATEC, Salvador-BA, por ajudar no desenvolvimento desse trabalho.

Nosso muito obrigado ao Prof. Márcio da Silva Felipe (Engenheiro Mecânico), pelo apoio durante toda jornada e defensor do trabalho como um leão em defesa de seu território.

“Somos gigantes pela própria natureza, como nossa pátria amada Brasil”  
(Extraído do hino nacional brasileiro).

In memoriam de Manoel Francisco dos Santos.

## **RESUMO**

Em um veículo de passeio a eficiência energética é um fator de suma importância para o mercado global, ou seja, a necessidade de se realizar o mesmo ou até mais com uma quantidade menor de recursos energéticos. A transmissão é um sistema que atua diretamente no consumo de combustível de um veículo. O presente trabalho tem como objetivo apresentar a evolução da transmissão automática em veículos de passeio no que tange à eficiência energética por meio de comparativos, análises de dados e revisão bibliográfica, resultando num extenso conhecimento das transmissões automotivas, com ênfase nas transmissões automática vs manual e destrinchando seus componentes e funções.

**Palavras-Chave:** Eficiência energética, Transmissão automática, Transmissão manual.

## **ABSTRACT**

In a passenger vehicle energy efficiency is a factor of paramount importance for the global market. The need to lower energy consumption yet achieve same or better performance levels. The transmission is a system that acts directly on the fuel consumption of a vehicle. The present work has the objective of presenting the evolution of the automatic transmission in passenger cars with regard to energy efficiency, through comparisons, data analysis and bibliographic review, resulting in extensive knowledge of automotive transmissions, with emphasis on automatic vs. manual transmissions, and extruding its components and functions.

**Keywords:** Energy efficiency, Automatic transmission. Manual transmission.

## 1. INTRODUÇÃO

Na Idade Média surgiram os primeiros registros referentes aos sistemas de transmissão, visto que ainda não existiam sistemas mecânicos, era necessário usar a força humana ou animal. Grandes rodas com pinos montados de maneira harmoniosa são os primeiros modelos de transmissão. Seu torque era gerado pela força animal ou humana, gerando assim o princípio das transmissões de multiplicar o torque gerado pela fonte de energia (LECHENER; NAUHEIMER, 1999).

A função principal da transmissão é converter da forma mais eficiente possível o torque fornecido pelo motor em força trativa nas rodas, de forma a movimentar o veículo com velocidades diferentes (SERVIÇO NACIONAL DE APREDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI, 2002).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“Transmissão é um conjunto de componentes interligados entre si, capazes de modificar o torque e a rotação do motor permitindo, assim a movimentação do veículo.” (SENAI, 2016, p.9).

Segundo o jornalista Fernando Moraes do site da QUATRORODAS<sup>6</sup>, o engenheiro mecânico brasileiro José Braz Araripe teria inventado o câmbio hidramático junto com Fernando Lemos, também brasileiro. Desenvolveram uma transmissão automática com fluido hidráulico e logo após a conclusão do projeto, o engenheiro Araripe teria viajado à Detroit (EUA) para apresentar o projeto à General Motors em 1932.

A GM comprou o projeto dos brasileiros e os veículos com o sistema somente chegaram às ruas em 1939, quando a montadora apresentou uma tecnologia denominada “Hydra-Matec” na linha 1940 dos modelos Oldsmobile. Por

---

<sup>6</sup> QUATRORODAS é um site especializado em carros. Onde encontramos guias de compras, testes e análises detalhados de vários modelos de carros e suas respectivas montadoras.

esse motivo, durante muito tempo, inclusive no Brasil, os veículos com câmbio automático eram conhecidos como hidramáticos. Algumas publicações americanas ignoram a história que os brasileiros inventaram o sistema (QUATRO RODAS 2018).

### **3. Tipos de Transmissões**

As transmissões de veículos de passeio são classificadas nos principais grupos seguintes:

- Transmissões Manuais (MT);
- Transmissões Automatizadas (AMT);
- Continuously Variable Transmission (CVT);
- Transmissão Automática Convencional (AT);
- Transmissão de Dupla Embreagem (DCT).

Fonte: (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

#### **3.1 Transmissões manuais (MT)**

Transmissão manual pode ser definida com um câmbio manual em conjunto de engrenagens ligadas entre si no qual cada dente funciona como alavanca, fazendo com que haja alternância de função e presentes nas melhores e maiores modificando a velocidade ou a tomada de torque (SENAI, 2016).

Na transmissão manual a troca de marcha é feita manualmente, onde o condutor do automóvel escolhe a marcha mais apropriada para o deslocamento do mesmo através da alavanca de câmbio usando o mecanismo de seleção e engate, da marcha apropriada, com o uso simultâneo da alavanca e o acionamento da embreagem (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

No Brasil a caixa de transmissão manual está presente na maioria dos automóveis, por ser simples e ter baixo custo, ela se torna opção de muitos consumidores (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

### **3.2 Transmissões automatizadas (AMT)**

O sistema de transmissão de um veículo é uma das diversas variáveis que são levadas em consideração na hora de comprar um carro. Em busca de maior conforto e custos mais acessíveis, levou o consumidor a comprar veículos automatizados que dispensa o uso do pedal de embreagem, diferente do câmbio manual (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

No sistema automatizado, os componentes do câmbio e da embreagem são idênticos à transmissão manual. No entanto, as marchas são trocadas em uma alavanca, apesar de ter embreagem, esta não é acionada por um pedal e sim por um sistema eletro-hidráulico que desacopla o motor da transmissão (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

O tipo automatizado mais utilizado é o câmbio Duologic produzido com tecnologia Magneti Marielli, foi desenvolvida pela FPT (Fiat Powertrain Technologies), onde uma central eletrônica de transmissão (TCU- Transmission Central Unit) é gerenciada junto com a central eletrônica do motor, determinando qual marcha o veículo irá utilizar dependendo da velocidade e da pressão do pedal do acelerador. No entanto, suas trocas de marchas são mais lentas, o que pode gerar um incômodo ao condutor, porém essa transmissão consegue manter a mesma economia que a transmissão manual. No Brasil foi lançada na segunda geração do Fiat Stilo, em 2008 (FIAT, 2007).

### **3.4 Transmissões Mecânicas Continuamente Variáveis (CVT) Continuously Variable Transmission**

O princípio do CVT é simples pelo fato de que não utiliza marcha e nem possui engrenagens, ou seja, cria relações de marchas virtualmente infinitas. Diferentemente das transmissões tradicionais, o seu funcionamento é através de um sistema de duas polias que possuem diâmetros variáveis e são interligadas por uma correia metálica que tem alta resistência. As polias são divididas no meio, conforme as suas necessidades essa se afastam e se aproximam. Nesse movimento o diâmetro de atuação da correia aumenta ou diminui alterando assim a transmissão de uma polia para outra (Engenheiro Mecânico da Ford Leonardo Serfert, 2019).

### **3.5 Transmissões automáticas com diversas compatibilidades de marcha**

As transmissões automáticas convencionais (AT) e transmissões de embreagem dupla (DCT) são exemplos de transmissões automáticas com diversas compatibilidades de marchas. Durante a sua troca de marcha ou redução não ocorre interrupção de torque, perda de velocidade ou de potência do veículo, diferentemente do sistema de transmissão manual (MT) e automatizado (AMT) (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

### **3.6 Transmissões automáticas (AT)**

Em uma transmissão automática o conjunto de transferência da rotação e torque motriz até as rodas são mantidas, porém o sistema utilizado para transmitir o torque à rotação provenientes do motor, bem como o layout interno da caixa de mudança possui suas diferenças em comparação com a caixa mecânica e a mecânica automatizada (SENAI, 2002).

### **3.7 Transmissões com dupla embreagem (DCT)**

A principal característica das transmissões automáticas convencionais é a facilidade de manuseio, tanto para o veículo em movimento e durante a troca de marchas. E isso só é possível por existir o conversor de torque, que permite a troca de marchas sem a interrupção do torque (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

No seu funcionamento as embreagens trabalham de forma independente, onde uma controla as marchas ímpares (primeira, terceira, quinta e reverso), e a outras os pares (segunda, quarta e sexta). A DCT possui dois eixos de transmissão, pois quando uma marcha está engatada a próxima estará pré-selecionada, melhorando assim a rapidez de troca e sua perda de potência é mínima. Já na transmissão manual usa a mesma embreagem para todas as marchas. Diferentemente da transmissão automática, ela não requer o uso do conversor de torque pois usa um sistema de embreagem “úmida”, onde os componentes da embreagem são banhados por um fluido lubrificante, reduzindo assim o calor e limitando a produção de calor (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

Entre outras vantagens, a DCT permite uma economia de combustível quando existem situações em que o veículo está ligado, mas permanece parado. Semelhante ao “ponto morto”, ele desconecta o fluxo de potência do motor para a transmissão quando as suas embreagens não são acionadas (Engenheiro Mecânico da Ford Rafael Marzo, 2019).

## **4. Calibrações das Transmissões**

É um procedimento que serve para garantir que o funcionamento da transmissão seja conforme o projeto, ou seja, identificar se a transmissão está conforme a referência padrão. Os resultados são obtidos por meio de comparações entre critérios de aceitação. Mais do que isso, os resultados são comparados às premissas do programa de desenvolvimento do veículo: por exemplo, se uma das premissas do programa é desenvolver um veículo que seja líder em eficiência energética no seu segmento, então este atributo será priorizado em detrimento de

performance e assim por diante. Então não basta só calibrar a caixa de câmbio, é necessário avaliar os resultados. Pois através do processo de calibração, pode-se ajustar o software ao hardware. Onde software são instruções para ser interpretada por um computador com a finalidade de executar tarefas específicas e hardware toda parte física do veículo (Coordenador do Curso de Engenharia Automotiva do SENAI CIMATEC Dr. Júlio Câmara, 2019).

## **5. CONSUMO ENERGÉTICO**

Quando nos referimos à eficiência de um motor a combustível veicular, o consumo energético é responsável por fatores determinantes como a utilização dos recursos naturais e diminuição dos poluentes assim como pela questão do custo do combustível (Economista da Ford Eduardo Freitas, 2019).

O fator da eficiência energética de veículos automotores é um dos principais temas da indústria brasileira e mundial pelas questões ambientais onde cada dia os governantes têm aprovado leis de emissões rígidas ou pela questão do consumidor pelo elevado custo de combustível. Esses fatores estão se tornando cada vez mais determinantes na hora da escolha de um automóvel (Economista da Ford Eduardo Freitas, 2019).

## **6. COMO SÃO REALIZADAS AS MEDIÇÕES DE CONSUMO ENERGÉTICO**

As medições de consumo energético são realizadas por intermédio de simulações por ciclos padronizados que descrevem uma amostra do desempenho do carro nas cidades e estradas. Também temos as medições oficiais regulamentadas que são realizadas através do dinamômetro de chassis (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011).

A medição no Brasil é baseada nas normas NBR 6601 e NBR 7024, e o padrão utilizado para esses testes é FTP (Federal Test Procedure 75) definido pela Agência de Proteção do Meio-Ambiente dos Estados Unidos (EPA). A finalidade deste teste é verificar a emissão de poluentes gasosos como também o consumo

energético dos veículos, tal mensuração é efetuada através da divisão de ciclos que simulam o comportamento do automóvel tanto na cidade como na estrada (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011).

## **7. METODOLOGIA**

Para a realização desse estudo, a metodologia está embasada numa abordagem qualitativa, pois se trata de um tema muito complexo, pretendendo esclarecer sobre os tipos de transmissões disponíveis no mercado atual, por meio de análises, comparação de dados e pesquisas bibliográficas.

## 8. COMPARATIVOS ENTRE AS TRANSMISSÕES AUTOMÁTICAS E OUTROS SISTEMAS. DANDO ÊNFASE AUTOMÁTICA VS MANUAL

Mediante levantamento de todos os dados adquiridos no decorrer do desenvolvimento da pesquisa, criou-se um filtro onde selecionamos as informações mais relevantes.

TABELA 1 - PRINCIPAIS DIFERENÇAS DE CADA SISTEMA

EMBREAGEM
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Manual:</b> acionada por pedal.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Automatizada:</b> acionada por atuadores hidráulicos, presente em alguns modelos, a dupla embreagem.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Automático:</b> o conversor de torque substitui a embreagem.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>CVT:</b> conversor de torque (não contém embreagem)</li></ul>
NÚMEROS DE MARCHAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Manual:</b> geralmente cinco.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Automatizado:</b> normalmente cinco.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Automático:</b> cinco ou mais.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>CVT:</b> não são fixas as relações de transmissão.</li></ul>
TIPO DE ENGRENAGEM
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Manual:</b> engrenagens com dentes helicoidais.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Automatizado:</b> engrenagens com dentes helicoidais.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Automático:</b> engrenagens planetárias.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>CVT:</b> duas polias de diâmetro variável substituem as engrenagens.</li></ul>

## 8.1 Comparativo dos Carros de Passeios com Sistemas Manual e Automático, Diversificando Marca e Modelo com Relação ao Consumo Energético.

TABELA 2 - CHEVROLET ONIX 1.4 LT

<b>MANUAL DE SEIS MARCHAS</b>
<b>ETANOL</b> (CIDADE/ ESTRADA) 8,5 KM/L / 10,3 KM/L.
<b>GASOLINA</b> (CIDADE/ ESTRADA) 12,4 KM/L / 14,9 KM/L.
<b>AUTOMÁTICO DE SEIS MARCHAS</b>
<b>ETANOL</b> (CIDADE/ ESTRADA) 7,9 KM/L / 9,7 KM/L.
<b>GASOLINA</b> (CIDADE/ ESTRADA) 11,6 KM/L / 14,0 KM/L

Fonte: INMETRO

<b>COMPARATIVO CHEVROLET ONIX 1.4 LT</b>
<b>ETANOL</b> (CIDADE/ ESTRADA) 93% / 94%
<b>GASOLINA</b> (CIDADE/ ESTRADA) 94% / 94%

Fonte: AUTORA, 2019.

TABELA 3 - FORD KA SE 1.5 12V HATCHBACK

<b>MANUAL DE CINCO MARCHAS</b>
<b>ETANOL</b> (CIDADE/ ESTRADA) 8,4 KM/L / 10,3 KM/L.
<b>GASOLINA</b> (CIDADE/ ESTRADA) 12,5 KM/L / 15,0 KM/L.
<b>AUTOMÁTICO DE SEIS MARCHAS</b>
<b>ETANOL</b> (CIDADE/ ESTRADA) 7,8 KM/L / 10,1 KM/L.
<b>GASOLINA</b> (CIDADE/ ESTRADA) 11,0 KM/L / 14,2 KM/L

Fonte: INMETRO

<b>COMPARATIVO FORD KA SE 1.5 12V HATCHBACK</b>
<b>ETANOL</b> (CIDADE/ ESTRADA) 93% / 98%
<b>GASOLINA</b> (CIDADE/ ESTRADA) 88% / 95%

Fonte: AUTORA, 2019.

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mas em vista de todos os fatos observados, as transmissões manuais e automatizadas têm seus pontos fortes. Podem até perder espaço no mercado, mas dificilmente serão extintas. Por particularidades fortes de cada sistema.

O câmbio manual ainda tem forte indicação para rodovias e estradas rurais. Por ter maior esportividade, alguns condutores não abrem mão.

Há alguns anos, o distanciamento do câmbio manual ao sistema automático no que se refere ao consumo era significativo. Mas com os avanços tecnológicos o sistema automático ganhou fortes aliados. E essa junção que está se renovando constantemente, resulta em sistemas automáticos cada vez mais eficientes, o que leva ao seguinte questionamento: A evolução tecnológica permitirá que os níveis de eficiência de ambos os sistemas (manual e automático) sejam iguais no futuro próximo?

## REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** ABNT, 2002

**CÂMARA, Júlio César Chaves.** Engenheiro Mecânico, Mestre em Mecatrônica, Doutor em Modelagem Computacional, Coordenador do Curso de Engenharia Automotiva do SENAI CIMATEC – Salvador – BA, 2019.

**FIAT, Fabrica Italiana Automobili Torino.** 2007

**FREITAS, Eduardo Ribeiro.** Ford Motor Company, Brasil, 2019.

**INMETRO,** 2019.

**JÚNIOR, Leonardo Serfert.** Engenheiro mecânico, Ford Motor Company, Camaçari – Bahia - Brasil, 2019.

**LECHENER, Lechner; NAUHEIMER, Harald.** Automotive Transmissions: Fundamentais, Slection, Design and Application, 1999.

**NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC – Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos,** 2011.

**NETO, Rafael Marzo.** Engenheiro mecânico, Ford Motor Company, Camaçari – Bahia - Brasil, 2019.

**QUATRORODAS, Site.** Título: Você sabia? Brasileiro teria inventado o câmbio automático, subtítulo: Biografia diz que tio-avô do escritor Paulo Coelho vendeu projeto à GM nos anos 30 por US\$ 10 mil, 2018, disponível em: <https://quattrorodas.abril.com.br/noticias/voce-sabia-brasileiro-t>, acessado em: 23/06/2019.

**SENAITEC - SERVIÇO NACIONAL DE APREDIZAGEM INDUSTRIAL,** Mecânica, Veículos Leves, Sistema de Transmissão Automática 2, Conde José Vicente de Azevedo, SP, 2002.

**TRANSMISSÃO MECÂNICA VEÍCULOS LEVES, SENAI editora,** REF 053825, SP, 2016.