

# CARACTERÍSTICAS DA CAMADA ENDURECIDA POR TÊMPERA SUPERFICIAL DE JUNTAS HOMOCINÉTICAS NAS CONDIÇÕES NOVA, USADA E RECONDICIONADA

Marcelo Martins <sup>1</sup>

Fernando José Gonçalves Fernandes <sup>1</sup>

Ingeborg Kühn Arroyo <sup>2</sup>

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais <sup>1</sup>

Departamento de Engenharia Mecânica <sup>2</sup>

88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: [macopala@portadig.com.br](mailto:macopala@portadig.com.br)

## Resumo

Com o objetivo de avaliar as camadas endurecidas por têmpera superficial em juntas homocinéticas, recorreu-se a diversas técnicas experimentais. O estudo partiu de peças existentes no mercado, sendo que uma peça era nova, outra recondicionada e outra usada, e limitou-se apenas aos detalhes do componente sino, de maneira que se pudesse comparar as possíveis diferenças existentes nos mesmos. Conclui-se que o uso de juntas homocinéticas recondicionadas não é recomendado, considerando-se variações de dureza no alojamento das esferas, falta de controle no processo de retificação, profundidade de têmpera variável de canal para canal e custo de aquisição.

**Palavras-chave:** juntas homocinéticas, recondicionamento, martensita revenida.

## 1. INTRODUÇÃO

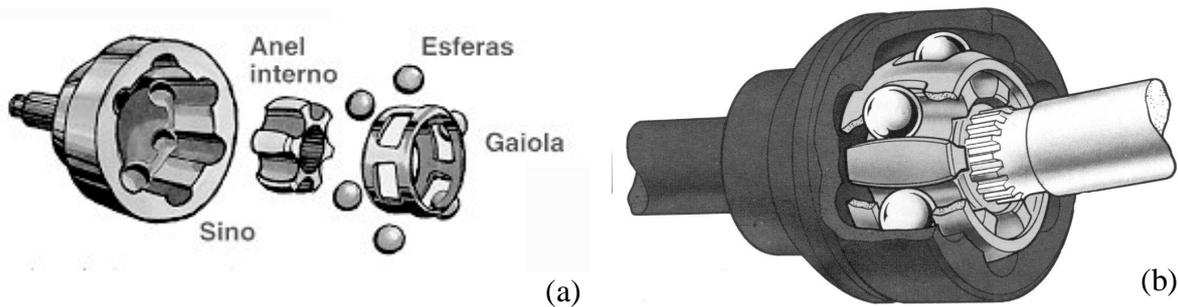
O uso de juntas homocinéticas no automóvel é fundamental por proporcionar ao mesmo suavidade nos movimentos de tração e direção, velocidades sem flutuações nos eixos primários e secundários, adaptando-se a movimentos em vários ângulos.

As juntas homocinéticas (Figura 1) são compostas por uma ponta de eixo, também chamada sino, que é ligada ao cubo da roda. No seu interior existem seis canais ou pistas, de seção semicircular, onde são encaixadas seis esferas de aço. Através de um anel chamado "gaiola", essas esferas tem controlada sua posição longitudinal nos canais. Acoplado a estes componentes, está um anel interno que possui seis canais similares aos do sino, porém usinados na sua superfície externa. Este anel fica ligado ao eixo motriz (ATH-Albarus, 1998 / O Livro do Automóvel, 1981).

Este conjunto garante uma restrição de movimento das esferas ao longo dos canais, de modo que os centros destes sempre estejam em um plano bissetor (médio) do ângulo que formam os eixos motriz e móvel, o que é essencial para que a transmissão se efetue a velocidade constante (*idem*).

O movimento relativo das esferas nas pistas somado aos esforços atuantes, gera um desgaste apreciável nas pistas (do sino e do anel interno) bem como nas esferas. Este desgaste pode ser minimizado através do uso de materiais com características apropriadas para esta finalidade. O aço é o material por excelência para a manufatura destes componentes (Kühn,

1989) e a têmpera e o revenido (superficial, no caso das pistas) são os tratamentos térmicos adequados para conferir elevada resistência ao desgaste.



**Figura 1.** Representação de juntas homocinéticas (a) decomposta em seus diversos partes e (b) montada entre o cubo da roda e o eixo de transmissão.

Apesar de serem produtos de tecnologia sofisticada, itens de segurança sem os quais o carro não anda, as juntas homocinéticas sofrem de um problema crônico: o recondicionamento. Esse mal se abate sobre dezenas de tipos de autopeças, suportado pelo apelo do custo de aquisição e pelo desconhecimento dos proprietários de automóveis sobre esses produtos. O recondicionamento normalmente consiste no reaproveitamento de peças usadas que são reprocessadas. Em alguns casos, o reprocessamento é realizado por meio de técnicas adequadas, contudo esta não é a norma. Especificamente no caso das juntas homocinéticas, é comum verificar-se o enchimento de solda como recurso básico para recuperar as regiões afetadas por excessivo desgaste.

Em conseqüência, observou-se a necessidade de comparar algumas características essenciais entre juntas homocinéticas nas condições nova, usada e recondicionada, de modo a verificar o grau de confiabilidade exibido pelo produto reaproveitado. Para tal, selecionou-se o componente sino como objeto de estudo.

As juntas homocinéticas utilizadas neste trabalho foram manufaturadas por dois fabricantes distintos: Albarus (nova) e Volkswagen (recondicionada e usada). A junta recondicionada foi reprocessada por empresa desconhecida.

## 2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Visando verificar o grau de precisão dimensional, quantificar a perda de material e de propriedades devido ao desgaste, bem como caracterizar as regiões submetidas ao reprocessamento do componente sino, em especial de seus canais, foram realizados os seguintes ensaios

- análise da composição química via espectroscopia ótica,
- macrografia, conforme a norma NBR 6217,
- medição de dureza da camada endurecida por têmpera,
- medição da espessura desta camada via microscopia ótica,
- análise microestrutural via microscopia ótica e microscopia eletrônica de varredura.

Para a medição de dureza foi utilizado um durômetro Vickers da WPM - Heckert.

A medição da espessura da camada endurecida por têmpera foi realizada em um microscópio de medição através de projeção episcópica. As amostras foram colocadas sobre uma mesa cujo deslocamento era controlado por micrômetro analógico com resolução de 0,001 mm.

Para as análises micrográficas foram utilizados os microscópios Carl Zeiss - Neophot 30 (óptico) e Philips XL 30 (eletrônico). A preparação das amostras para metalografia seguiu o procedimento padrão. Foi usado Nital a 2% para o ataque químico.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES



Figura 2. Juntas homocinéticas estudadas.

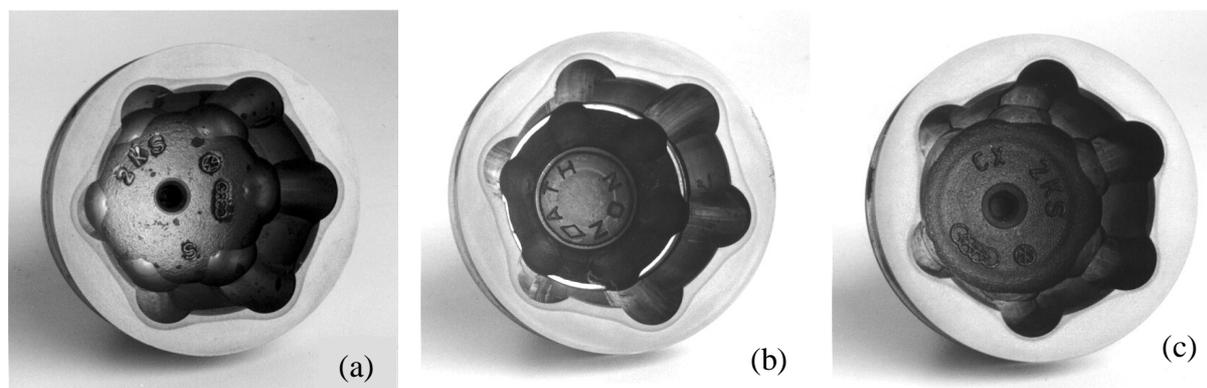


Figura 3. Interior dos sinos das juntas homocinéticas analisadas: (a) nova, (b) recondicionada e (c) usada.

Tabela 1. Composição química do material do sino de juntas homocinéticas nas condições nova, recondicionada e usada.

elemento	Junta (%)			elemento	Junta (%)		
	nova	recond.	usada		nova	recond.	usada
C	0,525	0,547	0,524	Co	0,020	0,024	0,0221
Si	0,243	0,270	0,214	Cu	0,126	0,125	0,126
Mn	0,864	0,923	0,751	Nb	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P	0,021	0,023	0,012	Ti	0,002	0,003	0,002
S	0,025	0,036	0,029	V	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cr	0,143	0,108	0,117	W	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Mo	0,010	0,008	0,041	Sn	< 0,005	0,013	< 0,005
Ni	0,114	0,054	0,089	Fe	97,83	97,77	97,99
Al	0,012	0,038	0,019				

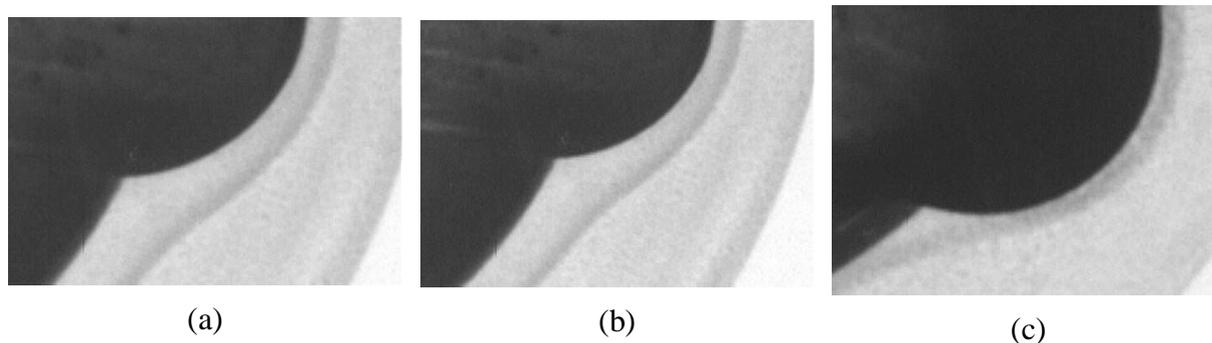
A Figura 2 apresenta as três juntas homocinéticas estudadas neste trabalho. Na Figura 3, o componente sino é mostrado em maiores detalhes. Note-se que, com uma simples inspeção visual, não é possível distinguir uma junta nova de uma recondicionada.

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química para os três tipos de sino: novo, recondicionado e usado. Estes resultados indicam que o material é um aço comum ao carbono, classificável como ABNT 1050.

A espessura da camada endurecida por têmpera superficial pode ser vista na Tabela 2 e na Figura 4.

**Tabela 2.** Espessura da camada temperada superficialmente nos canais dos sinos de juntas homocinéticas.

<b>junta</b>	<b>espessura da camada temperada por canal (mm)</b>					
<b>nova</b>	1,68	1,68	1,70	1,66	1,66	1,69
<b>recondicionada</b>	1,85	1,77	1,77	1,89	2,00	2,01
<b>usada</b>	1,25	1,27	1,28	1,28	1,28	1,29



**Figura 4.** Detalhe da camada endurecida por têmpera superficial dos canais dos sinos de juntas homocinéticas (a) nova, (b) recondicionada e (c) usada.

Dos dados contidos na Tabela 2, pode-se constatar que a espessura da camada endurecida é maior no caso da junta recondicionada e menor na junta usada (inclusive detectável na fotografia da Figura 4 (c)). Nota-se ainda uma variação significativa de espessura entre os diversos canais da junta recondicionada.

Para o caso da junta usada esta menor espessura era esperada, uma vez que o desgaste proveniente do uso do componente leva à perda de material.

Quando o desgaste é excessivo, como o verificado na junta usada, o recondicionamento geralmente consiste no preenchimento dos canais com solda seguido de alívio de tensões, posterior retífica a fim de que o componente readquirir suas dimensões e, finalmente, têmpera superficial e revenido. A análise metalográfica mostrou que este não foi o procedimento adotado no recondicionamento da junta analisada neste trabalho. Neste caso, o recondicionamento consistiu em simples retífica para remoção das crateras causadas pelo desgaste seguida de têmpera e revenido.

Os resultados contidos na Tabela 2 indicam que o processo de retífica dos canais bem como o tratamento posterior de têmpera não foram convenientemente executados. Alguns problemas podem decorrer destes procedimentos: a heterogeneidade observada na espessura da camada temperada é indicativo de tolerâncias dimensionais não respeitadas, o que pode ocasionar um maior desgaste de todo o conjunto (Das, 1996).

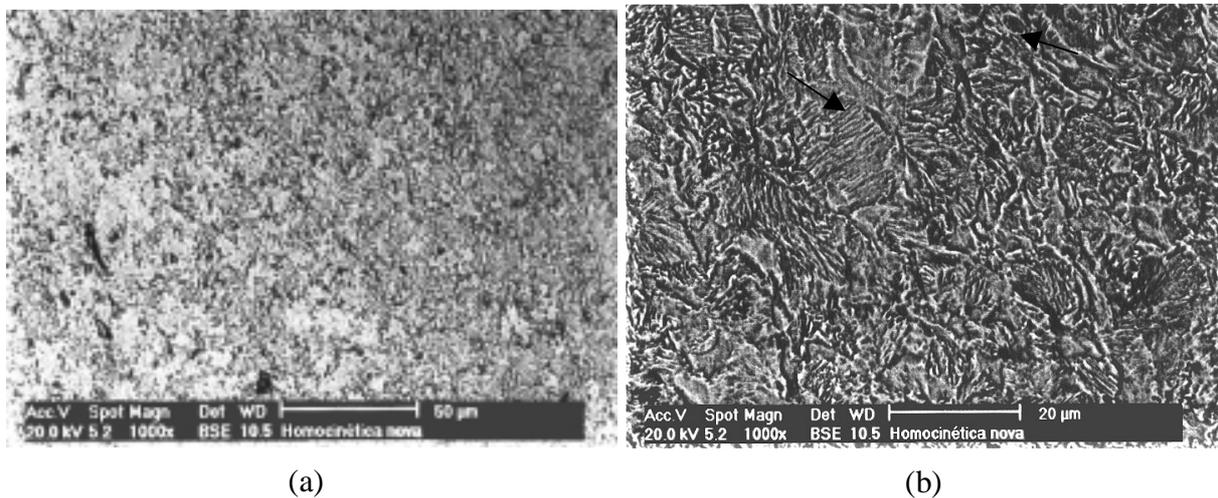
A Tabela 3 apresenta a dureza da camada endurecida por têmpera superficial para as três condições em análise. As Figuras 5 a 7 mostram microfotografias das três condições de estudo.

Comparando-se os dados da Tabela 2 com as microestruturas mostradas nas Figuras 5 a 7, pode-se constatar que o revenido foi realizado a aproximadamente 350° C (Kühn & Horn-Vieira, 1996 / Honeycombe, 1981), tanto no caso da junta nova como no da recondicionada. O

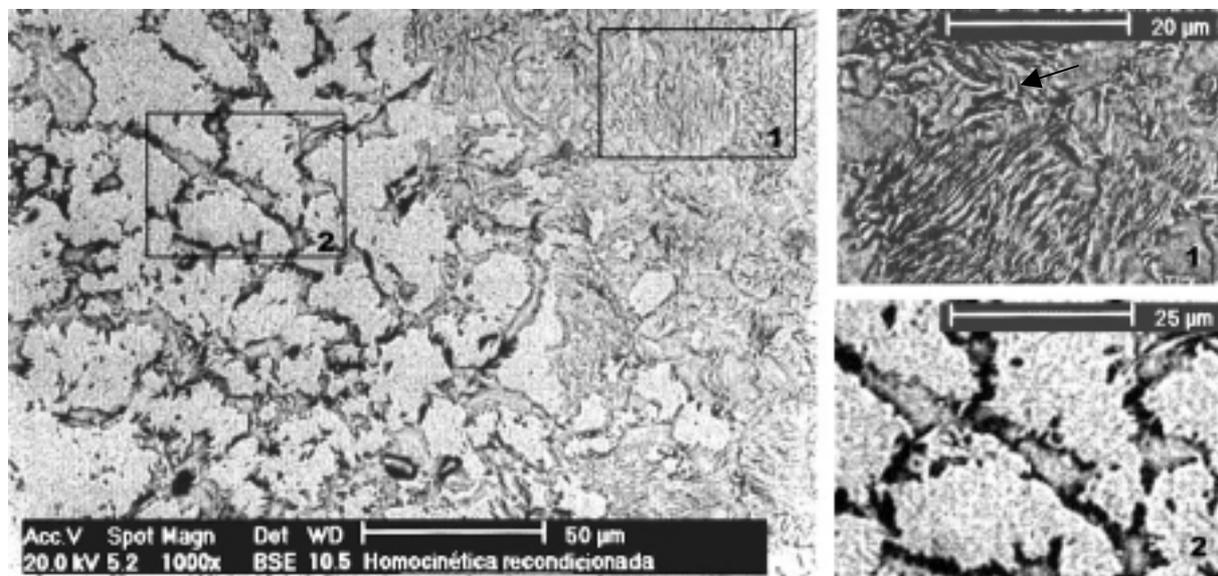
aspecto da martensita remanescente na junta usada indica uma temperatura de revenido de cerca de 300° C (*idem*). O valor mais baixo de dureza neste caso deve-se a heterogeneidade microestrutural, uma vez que o desgaste provocou a perda de parte da camada endurecida.

**Tabela 3.** Dureza das regiões martensíticas dos canais de sinos de juntas homocinéticas.

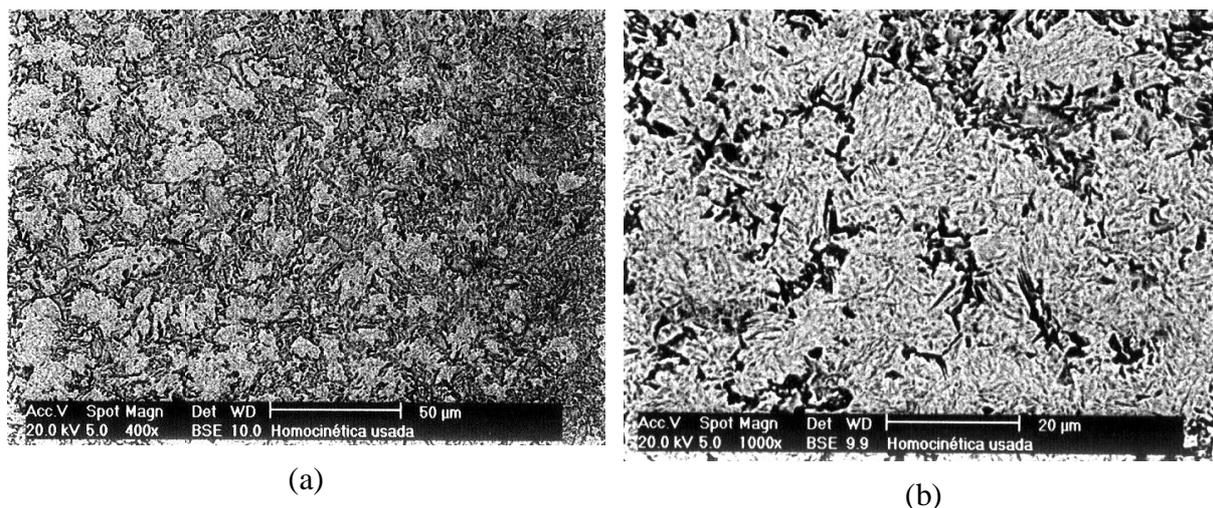
<i>junta</i>	<i>nova</i>	<i>recondicionada</i>	<i>usada</i>
dureza HV (kgf/mm <sup>2</sup> )	675	675	494



**Figura 5.** Microestrutura da camada endurecida por têmpera superficial da junta homocinética nova. (a) estrutura martensítica bastante homogênea e (b) ampliação indicando que a temperatura de revenido foi de cerca de 350° C.



**Figura 6.** Microestrutura da camada endurecida por têmpera superficial da junta homocinética recondicionada, vendo-se em detalhe as regiões (1) inteiramente martensítica e (2) de granulação grosseira, típica de revenido em temperatura elevada.



**Figura 7.** Microestrutura da camada endurecida por têmpera superficial da junta homocinética usada. (a) estrutura heterogênea, predominantemente martensítica e (b) ampliação para melhor caracterização da martensita.

A microestrutura martensítica encontrada nos três casos é caracterizada pela presença de cementita em bastonetes preponderantemente com uma distribuição de Widmanstätten. Note-se na Figura 5(b) a presença de colônias de partículas em forma de ripas, orientadas paralelamente, evidenciando o crescimento de cementita ao longo de contornos de maclas. Observe-se ainda (Figuras 5 e 6) regiões de cementita esferoidizada, o que indica a sua nucleação junto aos contornos de grão. Não foi observada a ocorrência de carboneto-ε.

É ainda interessante comparar-se as microestruturas das juntas nova e recondicionada. Enquanto a primeira apresenta-se homogênea, a segunda mostra uma microestrutura bastante heterogênea: algumas regiões apresentam martensita revenida a cerca de 350° C, enquanto outras mostram ferrita equiaxial contendo cementita esferoidizada. Esta morfologia (Honeycombe, 1981), característica de revenido em temperaturas elevadas (provavelmente em torno de 600° a 700° C), apresenta baixa resistência ao desgaste (Hornbogen, 1969), incompatível com aquela requerida pelo componente.

Ressalte-se que a microestrutura apresentada pelas regiões adjacentes aos canais era perlito-ferrítica.

#### 4. CONCLUSÕES

Os estudos realizados permitem concluir que:

- o desgaste provocado pelo uso leva a deterioração da camada endurecida por têmpera; a perda de material faz com que o componente fique fora de suas tolerâncias dimensionais, levando ao seu funcionamento inadequado;
- o recondicionamento processado via retificação dos canais deteriorados pelo uso e posterior têmpera e revenido, se não efetuado corretamente, pode levar a heterogeneidade dimensional e microestrutural, conforme observado no caso estudado;
- a heterogeneidade dimensional leva a solicitações mistas que podem comprometer o desempenho e a vida útil do componente;
- a heterogeneidade microestrutural leva a uma resistência ao desgaste menor que a desejada, ocasionando uma menor vida útil do componente;
- o desgaste acentuado, como o da junta estudada neste trabalho, não permite que o componente seja reaproveitado via retífica e tratamento térmico - exige o preenchimento das regiões afetadas (canais) com solda a fim de compensar-se a perda de material. Este

procedimento, embora usual, não é recomendado uma vez que tende a reduzir a resistência ao desgaste das partes recondicionadas (DeGarmo et al., 1997);

- o custo de uma junta recondicionada varia entre 30 a 70% do preço de uma junta nova. A analisada neste trabalho custou 70% do valor da junta nova. Cabe lembrar que o tempo de instalação e o valor da mão-de-obra são os mesmos para a junta nova ou para a recondicionada. Sendo assim, seu uso não é aconselhado pelos autores deste trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS

- \_\_\_\_\_ "ATH-Albarus", 1998. Albarus, São Paulo, Brazil, 56 p.
- Das, A. K., 1996. "Metallurgy of Failure Analysis". McGraw-Hill Publishing Co., New York, USA, 354 p.
- DeGarmo, E. P., Black, J. T. & Kohser, R. A., 1997. "Materials and Processes in Manufacturing". Prentice Hall Publishers, Upper Saddle River, USA, 1259 p.
- Honeycombe, R. W. K., 1981. "Steels - Microstructure and Properties". Edward Arnolds Publishers, London, England, 348 p.
- Hornbogen, E., 1969, "Verfestigungsmechanismen in Stählen", Proceedings of the Symposium Die Verfestigung von Stahl, Zürich, Swiss, pp. 1-16.
- Kühn, I. & Horn-Vieira, M. L., 1996. "Caracterização da Martensita Revenida em Temperatura Variável e seu Efeito sobre a Camada Nitretada por Plasma em Aço AISI 4140", Proceedings of the VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Valdivia, Chile, pp. 331-334.
- Kühn, I., 1989. "SM: Programa para a Seleção de Materiais de Construção Mecânica", Proceedings of the X Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM 89, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 327-330.
- \_\_\_\_\_ "O Livro do Automóvel", 1981. Editora Ambar, Lisboa, Portugal, 123 p.