

Eurico Fernando de Miranda (2)  
Ronaldo Claret Ribeiro da Silva (3)

Nos países desenvolvidos é cada vez maior a utilização do aço inoxidável no setor automobilístico, devido à sua beleza e resistência à corrosão. O consumo chega a 10 Kg / veículo.

No Brasil, o uso do aço inoxidável começa a ter impulso neste setor com a introdução do conversor catalítico cerâmico no sistema de exaustão dos automóveis. Assim, é exigido o tubo primário e envoltório dos catalizadores em aço inoxidável, uma vez que o desempenho de todo o sistema pode ser comprometido caso o catalizador seja contaminado com produtos de oxidação e corrosão.

Neste trabalho são apresentadas as principais características do aço inoxidável utilizado no sistema de exaustão e também exemplos de outras aplicações do aço inoxidável em automóveis.

- 
- 1) Contribuição Técnica ao 1º Seminário Sobre Chapas Metálicas para Indústria Automobilística .
  - 2) Engº Metalúrgico. Assistente Técnico da Divisão de Mercado da ACESITA .
  - 3) Membro da ABM. Engº Mecânico, MSc. Pesquisador Sênior da Divisão de Metalurgia da ACESITA.

## 1. INTRODUÇÃO

O aço inoxidável é sinônimo de durabilidade e beleza. A sua crescente utilização na indústria automobilística mundial tem sido ativada pela existência de consumidores cada vez mais exigentes e leis cada vez mais severas com relação a segurança e o meio ambiente.

Em países do primeiro mundo, como o Japão, o consumo do aço inox na indústria automobilística evoluiu de 0,5 kg/carro em 1973 para 10,0 kg/carro em 1989 (1), sendo usado nas mais variadas aplicações, acabamentos superficiais e tipos de aço.

No Brasil a sua aplicação estava restrita a limpadores de parabrisa e frisos. Atualmente, com o advento do catalizador no sistema de exaustão para os carros nacionais, o aço inox passou a ser usado no tubo primário e no encapsulamento do catalizador. A expectativa de consumo passa a ser de 5 kg/carro em 1992.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento do aço inox para indústria automobilística, potencialidades de mercado e tendências nacionais.

## 2. TIPOS DE AÇO INOXIDÁVEL E APLICAÇÕES TÍPICAS

Os aços inoxidáveis são ligas ferro-cromo contendo um teor mínimo de 10,5% de cromo. A adição deste elemento confere aos aços inoxidáveis a sua mais importante característica que é a resistência à corrosão. Outros elementos podem estar presentes em sua composição química com funções as mais diversas, melhorando as propriedades mecânicas e físicas, e também a sua resistência à corrosão e ao calor.

Os aços inoxidáveis podem ser classificados em três famílias principais:

### - Martensíticos:

Contém de 11 a 18% de cromo e elevados teores de carbono, sendo endurecíveis por tratamento térmico. Os tipos mais usados são os ABNT 420 e 410. Embora sua principal aplicação seja cutelaria, é também utilizado para discos de freio de motocicletas.

- Ferríticos:

Contém de 10,5 a 27,0% de cromo e baixos teores de carbono. O tipo de aço ABNT 430 é o mais representativo desta família. O ABNT 409 é utilizado na indústria automobilística.

- Austeníticos:

Contém 15 a 30% de cromo, 3,5 a 37,0% de níquel e baixos teores de carbono. O principal tipo utilizado é o ABNT 304 com 18,0 a 20,0% de cromo e 8,0 a 10,5% de níquel. Por apresentarem propriedades mecânicas mais adequadas ao trabalho a frio, boa soldabilidade e resistência à corrosão nos mais diversos meios agressivos, eles tem uma grande diversidade de aplicações inclusive na indústria automobilística.

Nas tabelas 1 e 2 são apresentadas composição química e propriedades mecânicas de aços inoxidáveis utilizados pela indústria automobilística.

A diversidade de aplicações dos aços inoxidáveis é ilustrada pela figura 1. Cada aplicação requer aços com características determinadas, conforme apresentado na tabela 3.

Há uma predominância de utilização dos aços ferríticos em relação aos austeníticos, figura 2. Os aços ferríticos, representados principalmente pelos aços 409 e 410L empregados na confecção de peças do sistema de exaustão, são produtos atrativos devido ao seu custo, ~25% inferior ao dos austeníticos, menor coeficiente de expansão térmica e resistência à oxidação compatível com a temperatura de trabalho (figura 3).

No entanto, há aplicações nas quais se adotam necessariamente aços austeníticos devido às suas propriedades mecânicas. Um exemplo é o "efeito de mola" do aço 301, utilizado nas molas dos cintos de segurança.

### 3. O SISTEMA DE EXAUSTÃO

Para se atender às exigências do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução CONAMA nº 18 publicada no D.O.U em 17.06.86- que estabelece os valores máximos para emissão de gases de escapamento, tabela 4, os veículos nacionais, a partir de 1992 passaram a ser equipados com injeção eletrônica ou catalizador (figura 4). Para as exigências previstas a partir de 1997 serão necessários a injeção eletrônica e catalizador simultaneamente.

Para que se tenha um bom desempenho dos catalizadores é importante que não haja entupimento ou contaminação de seus alvéolos com produtos de corrosão. Daí a necessidade de se utilizar o aço inoxidável no tubo primário e nas conchas do catalizador. Como pode-se observar na figura 5, o coletor, o tubo primário e o próprio catalizador estão expostos aos gases em sua temperatura mais alta, e estão sujeitos a condições severas de trabalho do ponto de vista da sua localização física sob o carro e vibrações dos sistema.

ÍTENS	1992		1997
	V.L.N.D.A	V.L	V.L
CO	24,0 g/Km	12,0 g/Km	2,0 g/Km
HC	2,1 g/Km	1,2 g/Km	0,8 k/Km
NOx	3,0 %	2,5 %	0,5 %

- V.L.N.D.A - Veículos leves não derivadas de automóveis
- V.L - Veículos leves, com capacidade para transportar até 12 passageiros ou carga inferior a 2800kg

Tabela 4: Limites Máximos de Emissão de Gases Tóxicos

Vários tipos de aço inoxidável são utilizados no sistema de exaustão, tabela 3, sendo que no Brasil tem sido empregados os aços 304L e 409. O aço 304L é um produto com aplicações diversas há vários anos sendo fabricado pela Acesita e a sua utilização

nos sistemas de exaustão apenas acrescentou mais um item à sua lista de aplicação. No caso do 409, que é um aço com utilização praticamente restrita à indústria automobilística, houve a necessidade de desenvolvimento deste produto.

#### 4. O AÇO INOXIDÁVEL ABNT 409

O aço 409 é o aço mais utilizado em sistemas de exaustão. Trata-se de um aço ferrítico com 11%Cr e estabilizado com Ti. Este aço tem sido produzido pela Acesita desde 1984.

Um controle rigoroso da composição química é necessário para garantir a sua estabilização e qualidade superficial. Baixos níveis de intersticiais e adição de estabilizantes além da quantidade estequiométrica para combinar com todo C e N é a principal característica da composição química do aço 409.

A efetiva estabilização e os baixos teores de intersticiais também contribuem para conferir a este aço uma boa soldabilidade.

Uma outra característica é a sua excelente trabalhabilidade a frio, devido às suas propriedades mecânicas, as quais são dependentes, entre outras coisas, dos ciclos termo-mecânicos aos quais o aço é submetido durante os processos de laminação a quente e a frio. Na tabela 5 é apresentada a evolução obtida pela ACESITA nas propriedades do aço 409, com o objetivo de garantir a trabalhabilidade a frio dos tubos e chapas produzidas com este aço.

Tipo de Aço	Ano	LE (MPa)	LR (MPa)	Along.(%)	Dureza(HRB)
ABNT 409	-	205 mín.	380 mín.	20 mín.	80 máx.
409 Acesita	1990	302	496	30	77
	1991	260	425	36	70
	1992	239	401	37	68

Tabela 5: Propriedades Mecânicas do Aço 409 Produzido pela Acesita

## 5. TENDÊNCIAS FUTURAS

A utilização do aço inoxidável em todo o sistema de exaustão se dará no Brasil, na medida em que o consumidor exigir uma garantia de vida útil para o sistema.

A produção de motores mais eficientes, com maior temperatura dos gases na saída do motor, exigirá a substituição dos atuais coletores fabricados em ferro fundido por coletores fabricados em aço inoxidável. O aumento da temperatura dos gases provocará também a substituição do 409 no tubo primário por aços mais nobres como o 430LX.

A colméia do catalizador ora utilizado no Brasil, é de material cerâmico. Em outros países já se usa a colméia em aço inoxidável, reduzindo o seu tamanho, peso e aumentando sua durabilidade.

A exemplo do que aconteceu com o recente desenvolvimento do aço 409, os novos desafios serão vencidos com trabalho conjunto dos fabricantes de aço, fabricante de tubos e componentes e as montadoras.


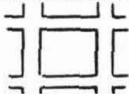
Tipo de Conversor	Metálico	Cerâmico
Material usado	20 Cr - 5 Al - Tr	2MgO.2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .5SiO <sub>2</sub>
Área (cm <sup>2</sup> )	38,8	26,9
Taxa de abertura(%)	90,3	75,0
Célula do conversor (formato)		

Tabela B: Comparação entre o Aço inox e a Cerâmica para Colméia dos Catalizadores<sup>(1)</sup>

## B. CONCLUSÕES

É irreversível a utilização do aço inoxidável na indústria automobilística. Em 1991 a Acesita forneceu ao setor 1538t do tipo de aço ABNT 409. Estima-se para 1992 um fornecimento na ordem de 2900t.

O tubo primário e o envoltório do catalizador em aço ABNT 409 podem ser considerados como os embriões de todo um desenvolvimento que certamente ocorrerá no setor automobilístico.

## BIBLIOGRAFIA

- 1- HISAMATSU, S. Current Status and Future Trends of Automotive Application of Stainless Steel. IN: INTERNATIONAL Conference on Stainless Steel. Chiba, ISIJ, Jun. 1991.
- 2- NIPPON STAINLESS STEEL CO. Materials for the Earth .S.n.d.
- 3- "Cadastro de clientes da ACESITA"
- 4- FUJIKAWA, H. et alii . Heat Resistant Steels for Exhaust Gas Cleaning System of Automobiles. The Sumitomo Search, n.39,p.87-96, Sep. 1989 .

Aço	Elemento ( % em peso )							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Outros
301	-	-	-	-	-	16.00	8.00	
	0.15	1.00	2.00	0.045	0.030	18.00	8.00	
304	-	-	-	-	-	18.00	8.00	
	0.08	0.75	2.00	0.045	0.030	20.00	10.00	
304L	-	-	-	-	-	18.00	8.00	
	0.03	0.75	2.00	0.045	0.030	20.00	12.00	
321	-	-	-	-	-	17.00	9.00	TI=5x(C+N)
	0.08	0.75	2.00	0.045	0.030	19.00	12.00	0.70
409	-	-	-	-	-	10.50	-	TI=6xC
	0.08	1.00	1.00	0.045	0.030	11.75	0.50	0.75
410L	-	-	-	-	-	11.50	-	
	0.03	1.00	1.00	0.040	0.030	13.50		
430	-	-	-	-	-	16.00	-	
	0.12	1.00	1.00	0.040	0.030	18.00	0.75	
430 LX	-	-	-	-	-	16.00	-	TI/Nb=0.10
	0.03	0.75	1.00	0.040	0.030	19.00		1.00
420	0.15	-	-	-	-	12.00	-	
	-	1.00	1.00	0.040	0.030	14.00	-	

Tabela 1 - Composição química de aços inoxidáveis



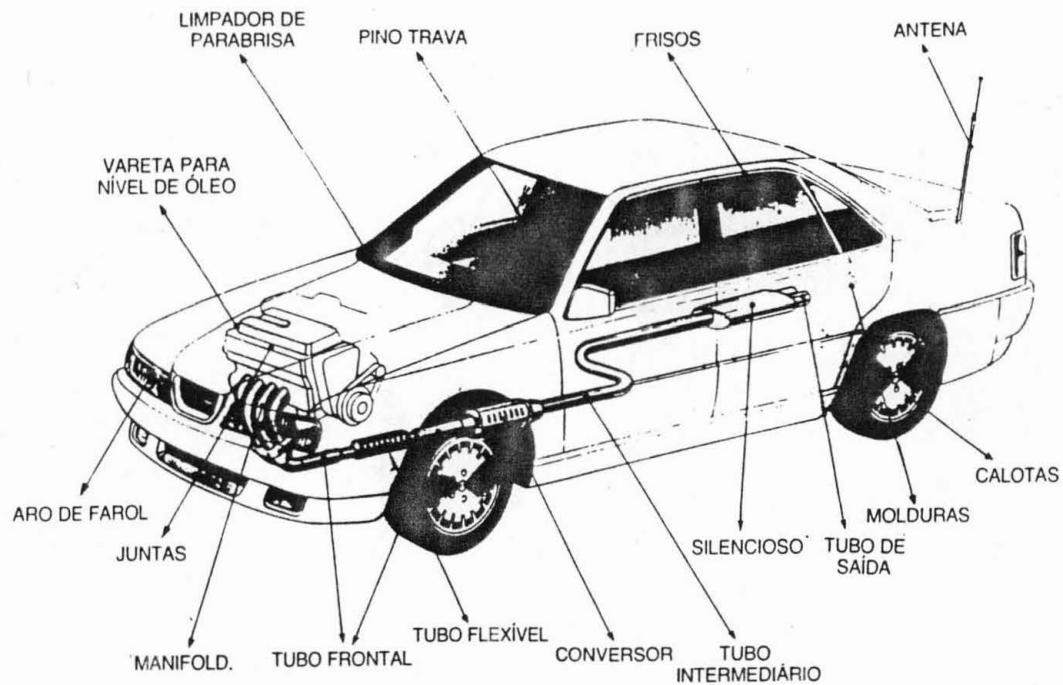
Aço	LE mim (MPa)	LR max (MPa)	Al mim (%)	Dur. max (HRB)
301A	505	205	40	92
301B	620	260	40	92
301C	860	515	25	25 *
301D	1035	760	18	32 *
301E	1205	930	10	37 *
301F	1275	965	7	41 *
304	515	205	40	92
304L	495	170	40	88
321	515	205	40	95
409	380	260	25	80
410L	370	200	22	
430	450	205	22	88
430LX	370	180	22	
420	655	345	20	92

**Tabela 2. Propriedades mecânicas de aços inoxidáveis.**  
 (\*) valores expressos em HRC, correspondem aos aços 301 encruados ( 1/4, 1/2, 3/4, e 4/4 duro )

PARTES DO CARRO	TIPOS DE AÇO	Kg/CARRO	PROPRIEDADES REQUERIDAS
Molduras/Frisos/Aros/ Argolas/Anéis	430LX(LC19CrNiTi) 430/304	2,00 <sup>m</sup> 3,00	Resistência à corrosão/ beleza
Calota	304/301/430	0,80	ídem anterior
Tubo de saída	430/304/410L/409/304L	0,50	ídem anterior
Limpadores	430LX	0,50	ídem anterior
Palhetas do limpador	301	0,30	ídem ant. (efeito mola)
Antena	304	0,10	ídem anterior
Silencioso	409/410L/321/304/304L	3,00	Resistência à corrosão int. e ext.(condensados)
Tubo central	409/410/321/304	4,00	Resistência à corrosão altas temperaturas e devida aos condensados
Conversor	409/410L/321/304L	2,00	Resistência à oxidação altas temperaturas
Colmeia	20Cr5AlTR	1,00	ídem anterior
Tubo flexível	304/305	-	ídem anterior/prop. mec.
Tubo frontal	409/410L/430LX/321/304	3,00	ídem anterior
Coletor	430LX/409/410L,321	5,00	Resistência à oxidação à corrosão e à fadiga
Junta motor	304/301	0,30	Resistência à corrosão e facilidade de montagem
Tanques de combustível	304/430	50,0	Resistência à corrosão
Discos freio para motos	420		ídem anterior

Tabela 3: Uso dos Diferentes Tipos de Aço Inox em Automóveis (1-4)

Figura 1 - Aplicações do aço inox em automóveis (2)



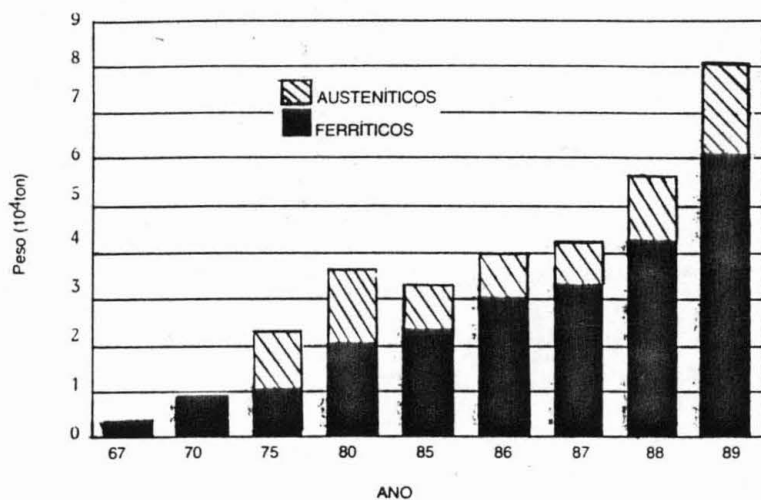


Figura 2 - Participação dos aços ferríticos na indústria automobilística (1)

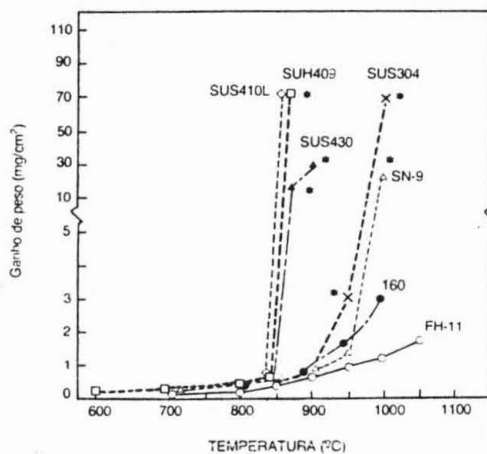


Figura 3 - Resistência à oxidação em aquecimento contínuo (3)



Figura 4 - Esquema de funcionamento do catalizador

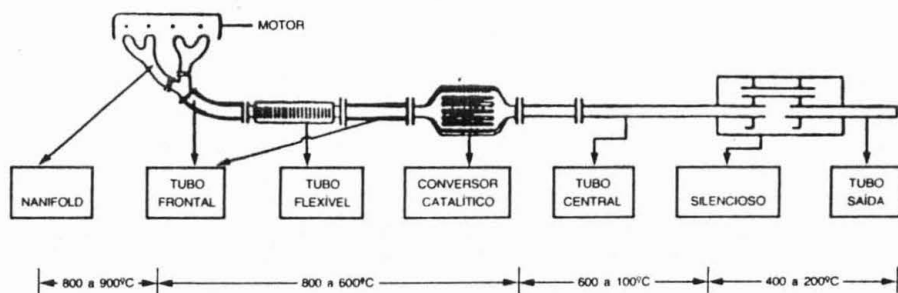


Figura 5 - Sistema de exaustão (1)

