

FACULDADE DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia Mecânica e
Gestão Industrial

PARECER

PROGRAMA PRODEP

Medida 4.3

Acção de Formação nº 4

RELATÓRIO FINAL

**" A utilização dos termoplásticos e compósitos na indústria
automóvel"**

por

Isabel Carvalho

Porto, 27 de Dezembro de 1993

O Supervisor

Porto e FEUP, 30 de Setembro de 1993

4

621(0473)/LEM1992/CARI
01 10 09

PARECER

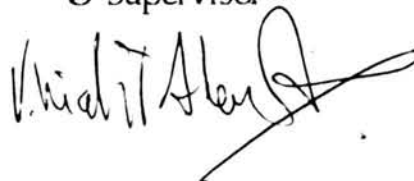
O aluno finalista do Curso de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial **ISABEL MARIA FERNANDES MESQUITA CARVALHO**, realizou no INEGI, no âmbito do programa PRODEP, medida 4.3/7/7/92/93, um estágio cujo trabalho se encontra descrito no relatório apresentado com o título **"A utilização dos termoplásticos e compósitos na indústria automóvel"**

Durante a execução do conjunto de tarefas que lhe foram atribuídas, o referido estagiário atingiu os objectivos que lhe foram propostos, mostrando ter conhecimentos adequados e empenho.

Face à qualidade do trabalho produzido cumpre-me informar que o estágio realizado se revestiu de grande interesse para a formação do aluno, como futuro engenheiro.

Porto, 27 de Dezembro de 1993

O Supervisor



PARECER

O aluno finalista do Curso de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial **ISABEL MARIA FERNANDES MESQUITA CARVALHO**, realizou no INEGI, no âmbito do programa PRODEP, medida 4.3/7/7/92/93, um estágio cujo trabalho se encontra descrito no relatório apresentado com o título **"A utilização dos termoplásticos e compósitos na indústria automóvel"**

Durante a execução do conjunto de tarefas que lhe foram atribuídas, o referido estagiário atingiu os objectivos que lhe foram propostos, mostrando ter conhecimentos adequados.

Face à qualidade do trabalho produzido cumpre-me informar que o estágio realizado se revestiu de grande interesse para esta instituição.

Porto, 27 de Dezembro de 1993



O Supervisor

INDICE

SUMÁRIO	1
1. OBJECTIVOS	2
2. INTRODUÇÃO	3
3. POLÍMEROS	4
3.1 INTRODUÇÃO	4
3.2 TERMOPLÁSTICOS E TERMOENDURECÍVEIS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL	4
3.2.1 PROPRIEDADES DOS TERMOPLÁSTICOS	5
3.2.1.1 RESISTÊNCIA MECÂNICA E RIGIDEZ	5
3.2.1.2 RESISTÊNCIA ÀS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS E RADIAÇÃO U.V.	6
3.2.1.3 ESTABILIDADE DIMENSIONAL	7
3.3 A IMPORTÂNCIA DO SMC	11
3.3.1 RECICLAGEM	13
3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS EM RELAÇÃO AO AÇO	14
3.5 O USO DOS POLÍMEROS EM DIVERSOS COMPONENTES DA CARROÇARIA AUTOMÓVEL	18
3.5.1 PAINEL DO GUARDA-LAMAS	18
3.5.2 PORTAS	20
3.5.3 TEJADILHO	20
3.5.4 "CAPOT"	21

4. PROCESSOS DE PRODUÇÃO	22
4.1 INTRODUÇÃO	22
4.2 "HAND LAY-UP"	22
4.3 "SPRAY-UP"	23
4.4 MOLDAÇÃO POR COMPRESSÃO DOS MATERIAIS TERMOENDURECÍVEIS	23
4.4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	23
4.4.2 VANTAGENS	24
4.5 MOLDAÇÃO POR TRANSFERÊNCIA	25
4.5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	25
4.5.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS	27
4.6 MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO	28
4.6.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	29
4.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DIFERENTES TIPOS DE PROCESSOS DE MOLDAÇÃO	30
5. ADESIVOS	32
6. REVESTIMENTOS	36
7. APLICAÇÕES	38
8. CONCLUSÃO	41
9. GLOSSÁRIO	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

SUMÁRIO

Neste trabalho é apresentado um estudo sobre a utilização dos termoplásticos e compósitos na indústria automóvel (carroçaria automóvel) e, sua comparação com o aço.

Apresentado o objectivo e uma breve introdução ao trabalho, é efectuado um estudo sobre os polímeros, em que se faz alusão aos mais utilizados na carroçaria automóvel, suas propriedades e suas vantagens e desvantagens em relação ao aço.

Seguidamente é feito um estudo sobre os processos de produção mais utilizados para o fabrico da carroçaria automóvel, sendo apresentada uma comparação entre os vários processos. É também efectuado um breve estudo sobre os adesivos e sobre os revestimentos.

A título informativo, são apresentadas tabelas de exemplos de aplicações dos polímeros em vários componentes da carroçaria automóvel.

1. OBJECTIVOS

Este trabalho tem como finalidade o estudo da utilização dos termoplásticos e compósitos na indústria automóvel segundo os aspectos a seguir mencionados:

- embutibilidade
- ligação adesiva
- resistência à interação com o ambiente:
 - temperatura
 - u.v.
 - humidade

Far-se-á a comparação com os materiais clássicos utilizados na indústria automóvel (chapa de aço).

Pretende-se, por outro lado, fazer o ponto da situação relativamente ao local e quantidade de polímeros utilizados na carroçaria de um automóvel.

2. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a indústria automóvel começou a interessar-se mais pelos polímeros do que se tinha interessado em épocas transactas.[1]

Uma década atrás a indústria automóvel já previa que era uma questão de tempo até os materiais polímeros/compósitos substituírem o aço na carroçaria dos automóveis, dado que apresentam desvantagens significativas em relação aos polímeros/compósitos, tais como:

- o aço é mais denso
- as ferramentas são caras
- estão sujeitos à corrosão[2]

As novas tecnologias e a necessidade de aperfeiçoamento dos veículos e as suas operações de montagem, além da competição existente entre os fabricantes de automóveis, foram as causas das grandes mudanças dentro da indústria automóvel a nível mundial.[3]

A reacção da indústria a estas mudanças foi a de tentar encontrar alternativas aos metais para aperfeiçoamento do processo de produção da carroçaria automóvel. Os produtores dos materiais alternativos, como sejam, os polímeros (incluindo os compósitos) esforçaram-se por implementar o uso dos seus produtos, projectando a sua imagem como sendo uns materiais modernos de elevada tecnologia, os quais oferecem técnica e economicamente vantagens para a produção automóvel.[3]

No futuro o uso dos materiais polímeros/compósitos tenderá a aumentar devido à sua elevada durabilidade, baixo peso, resistência à corrosão, capacidade de ligação, performance e redução da manufacturação para etapas secundárias.[4]

3. POLÍMEROS

3.1 INTRODUÇÃO

Os materiais poliméricos estão divididos em duas classes principais:

- termoendurecíveis
- termoplásticos

Esta divisão é feita baseada na sua capacidade para fluir após a primeira aplicação de calor e pressão.

Os termoendurecíveis sofrem uma mudança estrutural quando submetidos a algumas combinações de temperatura e pressão. Depois do estabelecimento inicial, eles tornam-se incapazes de se deformarem plasticamente através do fornecimento de temperatura adicional e pressão, e devem ser moldados por corte ou métodos de maquinagem.

O processamento dos materiais termoplásticos também requer a aplicação de calor e pressão, mas contrariamente aos anteriores, eles podem ser remoldados.[4]

3.2 TERMOPLÁSTICOS E TERMOENDURECÍVEIS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Existe uma grande variedade de termoplásticos e termoendurecíveis utilizados na indústria automóvel. No entanto, serão apenas mencionados aqueles que apresentam maior interesse para a fabricação de componentes exteriores.

Os termoplásticos mais usados são:[1]

- SMC (2ª designação da A.E. de julho 88)
- Polipropileno (PP)
- Policloreto de Vinilo (PVC)
- Poliéster Termoplástico (TPO)
- Nylon

Em relação aos termoendurecíveis, aqueles que mais se destacam relativamente à utilização automóvel, são:[1]

- RIM
- RRIM

3.2.1 PROPRIEDADES DOS TERMOPLÁSTICOS

3.2.1.1 RESISTÊNCIA MECÂNICA E RIGIDEZ

A resistência mecânica e rigidez dos termoplásticos não é muito elevada se compararmos os seus valores com os valores obtidos para os metais. Os valores usuais da tensão de rotura para termoplásticos sem reforço variam normalmente entre 10 -100 MN/m², enquanto para o aço este valor é de pelo menos 200 MN/m². Quanto ao módulo de elasticidade do aço, este é de cerca de 200 GN/m², enquanto que para os termoplásticos este varia no intervalo 0.3 -3 GN/m².

No entanto, esta baixa rigidez e o baixo valor da tensão de rotura destes materiais é frequentemente compensada com um projecto adequado, calculando a rigidez necessária para a tensão pretendida e, projectando as formas de modo a conferirem elevada rigidez e elevadas taxas de produção.

Os termoplásticos compósitos (com incorporação de fibras) podem suportar tensões à volta, dos 200 MN/m² e apresentam valores para o módulo acima de 10 GN/m².

É de notar, no entanto, que os valores apresentados são valores obtidos para velocidade de ensaio relativamente rápida, dado que a tensão e rigidez dos polímeros depende marcadamente do tempo.

Com o aumento da temperatura os valores apresentados tendem a diminuir, podendo estes materiais deteriorarem-se se submetidos a elevadas temperaturas, durante um longo período de tempo.[5]

3.2.1.2 RESISTÊNCIA ÀS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS E RADIAÇÃO U.V.

A resistência às condições atmosféricas e o efeito das radiações ultravioletas (u.v.) depende do tipo de termoplástico, sua composição e, das condições de exposição.

O PVC tem uma boa resistência às radiações u.v., no entanto, o material sofre um enfraquecimento.

Muitos outros termoplásticos no seu estado natural têm uma rápida deterioração com uma exposição continuada às radiações u.v. contudo, a vida útil de muitos destes polímeros pode ser melhorada de um factor de 10 ou mais pela incorporação de absorvedores u.v. (dióxido de titânio, por ex.). A pintura pode também ser uma solução para este problema.[5]

3.2.1.3 ESTABILIDADE DIMENSIONAL

Os dois factores mais importantes que afectam a estabilidade dimensional ,são:

- variação da temperatura
- absorção de líquidos

Valores para estas e outras propriedades de diversos termoplásticos estão ilustradas na tabela seguinte.

	Tensile modulus (ASTM D638)	Short-term tensile strength (ASTM D638)	Density (ASTM D792)	Thermal expansion coefficient (ASTM D696)	Thermal conductivity (W/m °C)	Deflection temperature under load (ASTM D648)	Rockwell hardness (ASTM D785)
	(GN/m ²)	(MN/m ²)	(kg/m ³)	(× 10 ⁻⁶ /°C)	(W/m °C)	(°C)	
Acrylic	2.9	60-80	1180-1190	60-70	0.13-0.145	70-100	M90
ABS	2.0-3.0	25-50	1020-1070	70-100	0.13-0.20	105-120	R90-110
PTFE	0.3-0.6	20	2100-2200	100-120	0.19	260†	
Nylon 6 (dry)	3.0	60	1130-1140	80-100	0.17-0.21	60-70‡	
Nylon 66 (dry)	2.5-2.8	70	1140-1150	80-100	0.17-0.21	70-110	M80; R120
Polyacetal	2.8	60-70	1410-1420	90-110	0.17	110-125	M80-92; R115-120
Polycarbonate	2.4-3.1	60	1200-1250	40-70	0.14-0.16	135	M85; R120
LDPE	0.4-0.7	8-10	915-935	220	0.25	30‡	
HDPE	0.7-1.4	25-30	935-970	130	0.31-0.35	50‡	
Thermoplastic polyester	3.0	60	1300-1350	80-120	0.13	70‡	M70-85
Modified PPO	2.2-2.4	85	1060-1100	65-70	0.16-0.17	110-130	M80
Polypropylene	1.0-1.7	25-35	900-910	100-120	0.16	50-60‡	M70-75; R75-95
GP polystyrene	3.0	50	1040-1060	60-75	0.12-0.13	80-90	M70-80
Toughened polystyrene	2.0-2.8	30	1040-1060	70-80	0.12-0.13	75-80	M40-70
Polysulphone	2.5	70	1240	55	0.19	175	R120
Polyethersulphone	2.5	85	1370	55	0.13	200	M90
Unplasticized PVC	3.1-3.2	50	1380-1400	60-90	0.12-0.14	70-80	R115
Styrene-acrylonitrile	3.2	75	1060-1080	70-80	0.13	80-105	M85-90

† Maximum service temperature.

‡ See text.

TABELA 1 - Dados para termoplásticos não reforçados
(23°C, "short term") [5]

As tabelas abaixo representadas, fazem para vários materiais uma comparação entre diversas propriedades físicas e mecânicas.

	Physical and Mechanical Properties						Rating ^(b)
	Unit	Material Performance/Properties ^(a)				Aluminum Alloy ^(f)	
		Steel	Engineering Plastics	SMC ^(c)	RIM ^(d)		
Specific gravity (density)	g/cm ³	7.85	1.7-1.8	1.0-1.28	1.10	2.70	1
Tensile strength	MPa	320	70	16-19	54	290-300	2
Yield strength	MPa	160-180			150-170	2	
Flexural strength	MPa	n.a.	170	n.a.	100	n.a.	2
Elastic (Young's) modulus	MPa	210,000	11,000	410-600	1765	70,000	2
Strength density	10 ³ N-mm/ g/cm ³	41	42-72	20-27	49	74-100	1
Thermal expansion coefficient	1/K	12	20	60-130	100	24	2
Temperature stability (200°C)		(3)	(1)	(1)	(2)	(3)	2
Permeability	H/mm	200-300	(1)	(1)	(0)	(3)	2
Acoustics							
Insulation of airborne sound		(1)-(2)	(1)	(1)	(1)	(1)-(2)	
Damping of solid borne sound		(1)	(2)	(2)	(2)	(1)	
Loss factor		0.003	0.01	0.05	0.01	0.0001	1

n.a. = not applicable
 (a) Material performance. In absence of actual technical coefficients or value data, the following ranking system was used:
 3=very good, very high; 2=good, high; 1=poor, low; 0=not applicable, not available.
 (b) Rating: 3=very important; 2=important; 1=less important.
 (c) 30% glass SMC.
 (d) RRIM: low modulus resin and 15% milled glass.
 (e) TP=thermoplastic alloy PPO/PA.
 (f) Aluminum alloy 30-30 T4.

TABELA 2 [3]

Propriedades dos Compósitos

Material	Density ρ (Mg m ⁻³)	Young's modulus E (GPa)	Strength σ_y (MPa)	Fracture toughness K_{IC} (MPa m ^{1/2})	E/ρ	$E^{1/2}/\rho$	$E^{1/3}/\rho$	σ_y/ρ
<i>Composites</i>								
CFRP, 58% uniaxial C in epoxy	1.5	189	1050	32-45	126	9	3.8	700
GFRP, 50% uniaxial glass in polyester	2.0	48	1240	42-60	24	3.5	1.8	620
Kevlar-epoxy (KFRP), 60% uniaxial Kevlar in epoxy	1.4	76	1240	—	54	6.2	3.0	886
<i>Metals</i>								
High-strength steel	7.8	207	1000	100	27	1.8	0.76	128
Aluminium alloy	2.8	71	500	28	25	3.0	1.5	179

TABELA 3 Propriedades dos Compósitos

TABELA 4

Propriedades dos Polímeros

Polymer	Cost (UK£ (\$US) tonne ⁻¹)	Density (Mg m ⁻³)	Young's modulus (20°C 100 s) (GPa)	Tensile strength (MPa)	Fracture toughness (20°C) (MPa m ^{1/2})	Glass temperature T _g (K)	Softening temperature T _i (K)	Specific heat (J kg ⁻¹ K ⁻¹)	Thermal conductivity (W m ⁻¹ K ⁻¹)	Thermal expansion coefficient (MK ⁻¹)
<i>Thermoplastics</i>										
Polyethylene, PE (low density)	560 (780)	0.91-0.94	0.15-0.24	7-17	1-2	270	355	2250	0.35	160-190
Polyethylene, PE (high density)	510 (700)	0.95-0.98	0.55-1.0	20-37	2-5	300	390	2100	0.52	150-300
Polypropylene, PP	675 (950)	0.91	1.2-1.7	50-70	3.5	253	310	1900	0.2	100-300
Polytetrafluoroethylene, PTFE	—	2.2	0.35	17-28	—	—	395	1050	0.25	70-100
Polystyrene, PS	650 (910)	1.1	3.0-3.3	35-68	2	370	370	1350-1500	0.1-0.15	70-100
Polyvinyl chloride, PVC (unplasticised)	425 (595)	1.4	2.4-3.0	40-60	2.4	350	370	—	0.15	50-70
Polymethylmethacrylate, PMMA	1070 (1550)	1.2	3.3	80-90	1.6	378	400	1500	0.2	54-72
Nylons	2350 (3300)	1.15	2-3.5	60-110	3-5	340	350-420	1900	0.2-0.25	80-95
<i>Resins or thermosets</i>										
Epoxies	1150 (1600)	1.2-1.4	2.1-5.5	40-85	0.6-1.0	380	400-440	1700-2000	0.2-0.5	55-90
Polyesters	930 (1300)	1.1-1.4	1.3-4.5	45-85	0.5	340	420-440	1200-2400	0.2-0.24	50-100
Phenolformaldehyde	750 (1050)	1.27	8	35-55	—	—	370-550	1500-1700	0.12-0.24	26-60
<i>Elastomers (rubbers)</i>										
Polyisoprene	610 (850)	0.91	0.002-0.1	≈10	—	220	≈350	≈2500	≈0.15	≈600
Polybutadiene	610 (850)	1.5	0.004-0.1	—	—	171	≈350	≈2500	≈0.15	≈600
Polychloroprene	1460 (2050)	0.94	≈0.01	—	—	200	≈350	≈2500	≈0.15	≈600
<i>Natural polymers</i>										
Cellulose fibres	—	1.5	25-40	≈1000	—	—	—	—	—	—
Lignin	—	1.4	2.0	—	—	—	—	—	—	—
Protein	—	1.2-1.4	—	—	—	—	—	—	—	—

TABELA 5
Propriedades dos Metais

Propriedades dos Metais

Metal	Cost (UK£ (US\$) tonne ⁻¹)	Density (Mg m ⁻³)	Young's modulus (GPa)	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Ductility	Fracture toughness (MPa m ^{1/2})	Melting temperature (K)	Specific heat (J kg ⁻¹ K ⁻¹)	Thermal conductivity (W m ⁻¹ K ⁻¹)	Thermal expansion coefficient (MK ⁻¹)
Iron	100 (140)	7.9	211	50	200	0.3	80	1809	456	78	12
Mild steel	200-230 (260-300)	7.9	210	220	430	0.21	140	1765	482	60	12
High-carbon steel	150 (200)	7.8	210	350-1600	650-2000	0.1-0.2	20-50	1570	460	40	12
Low-alloy steels	180-250 (230-330)	7.8	203	290-1600	420-2000	0.1-0.2	50-170	1750	460	40	12
High-alloy steels	1100-1400 (1400-1800)	7.8	215	170-1600	460-1700	0.1-0.5	50-170	1680	500	12-30	10-18
Cast irons	120 (160)	7.4	152	50-400	10-800	0-0.18	6-20	1403			
Copper	1020 (1330)	8.9	130	75	220	0.5-0.9	>100	1356	385	397	17
Brasses	750-1060 (980-1380)	8.4	105	200	350	0.5	30-100	1190		121	20
Bronzes	1500 (2000)	8.4	120	200	350	0.5	30-100	1120		85	19
Nickel	3200 (4200)	8.9	214	60	300	0.4	>100	1728	450	89	13
Monels	3000 (3900)	8.9	185	340	680	0.5	>100	1600	420	22	14
Superalloys	5000 (6500)	7.9	214	800	1300	0.2	>100	1550	450	11	12
Aluminium	910 (1180)	2.7	71	25-125	70-135	0.1-0.5	45	933	917	240	24
1000 Series	910 (1180)	2.7	71	28-165	70-180	0.1-0.45	45	915			24
2000 Series	1100 (1430)	2.8	71	200-500	300-600	0.1-0.25	10-50	860		180	24
5000 Series	1000 (1300)	2.7	71	40-300	120-430	0.1-0.35	30-40	890		130	22
7000 Series	1100 (1430)	2.8	71	350-600	500-670	0.1-0.17	20-70	890		150	24
Casting alloys	1100 (1430)	2.7	71	65-350	130-400	0.01-0.15	5-30	860		140	20
Titanium	4630 (6020)	4.5	120	170	240	0.25		1940	530	22	9
Ti-6 Al 4 V	5780 (7510)	4.4	115	800-900	900-1000	0.1-0.2	50-80	1920	610	6	8
Zinc	330 (430)	7.1	105		120	0.4		693	390	120	31
Lead-tin solder	2000 (2600)	9.4	40					456			
Diecasting alloy	800 (1040)	6.7	105		280-330	0.07-0.15		650	420	110	27

3.3 A IMPORTÂNCIA DO SMC

A resina de poliéster reforçada com fibra de vidro é o tipo de plástico compósito mais antigo usado na indústria automóvel. As aplicações nos automóveis beneficiaram a partir dos compósitos tradicionais, em relação a determinados aspectos, como sejam:

- resistência elevada
- baixo peso
- resistência ao calor
- baixa expansão térmica

O SMC (sheet molding compound) conseguiu alcançar um lugar central com os recentes avanços tecnológicos assim como, tempos curtos de processamento, acabamento liso da superfície e flexibilidade no projecto. Estas qualidades ajudaram a conquistar um número significativo de aplicações em painéis da carroçaria automóvel.

Enquanto o aço predomina em muitas partes dos automóveis, ele encontrará uma forte competição por parte do SMC para itens como:

- "capot's"
- tampa das bagageiras

O que pode ajudar a consolidar as aplicações do SMC para os painéis da carroçaria dos carros de luxo.

As áreas mais fortes em desenvolvimento para o SMC são os painéis horizontais, devido à sua rigidez ainda não ser rivalizada pelos outros materiais polímeros.

Existem, contudo, outras oportunidades para o SMC como sejam, os painéis verticais (painéis laterais traseiros, por ex.) que requerem elevada resistência.[6]

Em 1990 a pickup Ford Ranger teve a primeira caixa de carga em compósito, feita em vinylester SMC, um projecto piloto da Ford e Rockwell Internacional Corp's. Devido ao material utilizado o produto ficou 30% mais leve do que teria ficado se tivesse sido utilizado aço.[6]

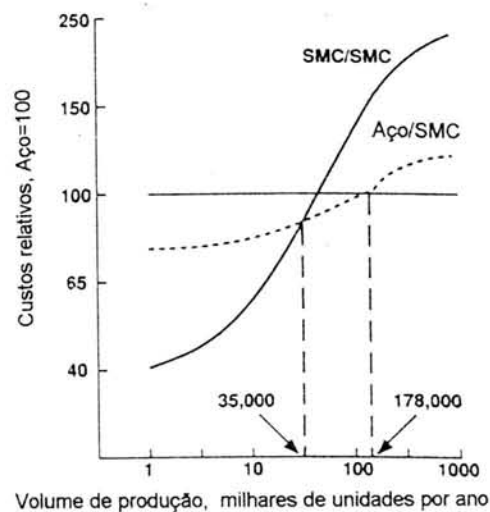


FIGURA 1 Custos relativos para o "capot" dos automóveis de passageiros nos E.U.A.[2]

A figura mostra que, para baixos volumes de produção o SMC torna-se mais económico do que o aço.

3.3.1 RECICLAGEM

Actualmente existe uma enorme preocupação em usar materiais que sejam recicláveis. Neste aspecto o SMC coloca-nos perante problemas adicionais.

Este material que é usado numa considerável percentagem das carroçarias de alguns modelos de automóveis, apresentam características dos materiais termoendurecíveis e, por isso, não podem ser fundidos e remoldados.

Podem contudo, ser granulados e usados em proporções adequadas como carga nos materiais termoplásticos virgens, para aplicações menos críticas ou, possivelmente como carga da camada do núcleo nas moldações "sandwich".[7]

Outras hipóteses estão também a ser estudadas como sejam, a técnica "pyrolysis" que é baseada na decomposição do material através dum temperatura extremamente elevada na ausência de oxigénio, e também a recuperação química, as quais são projectadas para recuperar os reforços.

Actualmente o processo "pyrolysis" está a ser estudado para o SMC, mas mais tarde será também estudado para o RIM (reaction injection molded). Para o SMC o processo envolve a decomposição térmica a 760°C dos químicos orgânicos na ausência de oxigénio. A partir do momento em que o processo atinge a temperatura desejada, e que é fornecida por um combustível, o sistema sustenta-se sozinho a partir da energia produzida por

o "pyrolysis". O SMC contém mais do que a energia química suficiente para sustentar o processo, e o excesso de gás e de petróleo podem ser recuperados.

Pode-se dar como exemplo do aproveitamento dos resíduos de SMC obtidos a partir do processo, o uso das fibras para novas elaborações de SMC e de outros polímeros compósitos tais como o RIM.[6]

Estas técnicas estão, sem sombra de dúvida, a receber uma atenção crescente devido ao aumento do uso de reforços em fibras de carbono e aramídicas, que são de elevado custo.[7]

3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS EM RELAÇÃO AO AÇO

O principal rival para o aço no mercado são os polímeros / compósitos, no entanto a sua substituição é um processo relativamente lento.

As vantagens mais divulgadas dos materiais poliméricos, são:

- baixo custo das ferramentas
- elevada resistência à corrosão
- baixo peso
- união das partes
- na produção de componentes, "capacidade" de produzir um número relativamente baixo de partes a preço razoável

Comparando com o aço, as áreas mais importantes que convém salientar, são:

- a sua grande facilidade de moldação
- melhor resistência às amolgações
- resistência ao impacto

Seguidamente são apresentadas as vantagens dos polímeros e dos aços.[2]

VANTAGENS DOS POLÍMEROS

- resistência à corrosão
- redução de peso
- união
- flexibilidade de projecto
- baixo custo das ferramentas
- resistência ao amolgamento

VANTAGENS DOS AÇOS

- custo do material
- reciclagem
- resistência ao calor
- resistência mecânica
- processos de fabricação mais aperfeiçoados

Existem no entanto algumas desvantagens que têm limitado o nível de sucesso destes materiais, como sejam:

- dificuldade em integrar uma parte em polímero numa carroçaria monobloco no que respeita à pintura
- as características de absorção de energia de algumas estruturas poliméricas não merecem a confiança desejada, devido ao elevado coeficiente de expansão térmica que apresentam
- a maioria dos métodos de produção para as partes em polímero, com excepção das técnicas de injeção, têm ainda que ser desenvolvidas para obedecer às especificações a baixos custos de produção

No que respeita à pintura, estão-se a desenvolver sistemas a baixas temperaturas, que nos irão permitir solucionar o problema referido no primeiro item, uma vez que nos irá permitir tratar as partes em aço e em polímero apenas numa linha de pintura.[3]

Uma previsão mostra que em 1994 apenas 13% das aplicações nos painéis das carroçarias estarão "prontas" para a conversão em polímero.

Várias questões acerca desta baixa percentagem de utilização de polímeros se podem colocar:

- porquê ?
- não tem os polímeros o seu valor ?
- será que os seus defensores foram demasiado optimistas ?

Apesar de já se ter visto que os polímeros apresentam vantagens bastante interessantes, deve-se notar que a aplicação de qualquer nova tecnologia demora sempre mais do que o esperado, talvez neste caso o atraso também se deva a um certo conservadorismo por parte da indústria automóvel. O elevadíssimo custo que o desenvolvimento de qualquer programa implica e, a sua extensão durante largos anos, além da grande sensibilidade por parte dos consumidores, isto é, a sua habituação aos automóveis em aço e a falta de crédito em relação às capacidades dos polímeros foram as razões para as ainda baixas percentagens de utilização de polímeros nos painéis das carroçarias dos automóveis.

Além das razões apontadas, existe ainda uma outra que muito contribui para que os polímeros não tivessem "evoluido" como se previa, e que é o facto de ao longo dos últimos 10 anos o aço ter-se tornado um competidor mais forte do que se esperava. Além das suas naturais vantagens, já vistas anteriormente, os problemas relacionados com a corrosão dos painéis foram largamente melhorados através duma dupla galvanização.

Isto tornou os fornecedores capazes de reduzir a corrosão admissível nos painéis e, a combinação com aços de alta resistência permitiu a redução da espessura destes em 10-25%, reduzindo deste modo o peso e o custo. Os preços das ferramentas também tiveram uma ligeira redução e, a eficiência da estampagem foi bastante melhorada.

Por outro lado, a redução da espessura dos painéis em aço tornou-os mais susceptíveis a amolgações e, a sua resistência é menor. Mesmo com uma melhoria dos custos das ferramentas, estas para os polímeros custam em média cerca de 1/3 do que custam para os aços.[2]

	Material usado nos automóveis de passageiros (mudança %)					
	Carros Alemães		Carros Japoneses		Carros Americanos	
	1975	1988	1977	1986	1977	1987
Aço	60	50	83	76,6	60	56
F.F.	15	10			15	16
Polímeros	7	13	3,5	7,3	5	7
Alumínio	2	7	2,6	3,9	4	5
Outros	16	20	10,9	12,2	16	16
Total	100	100	100	100	100	100

TABELA 6 [3]

3.5 O USO DOS POLÍMEROS EM DIVERSOS COMPONENTES DA CARROÇARIA AUTOMÓVEL

3.5.1 PAINEL DO GUARDA-LAMAS

É a área onde, actualmente, os polímeros têm uma maior penetração. Enquanto os aços têm tendência a ter uma vantagem económica, factores como a redução de peso, resistência à amolgação e a necessidade de flexibilidade no projecto são excedidas pelos polímeros.

Os guarda-lamas têm função estética, logo os fabricantes de automóveis podem mudar a aparência de um veículo mudando, simplesmente, os guarda-lamas e, a maneira mais económica de fazer esta mudança é usando polímeros. Tipicamente, são utilizadas 4 ou 5 ferramentas para produzir um guarda-lamas em aço, enquanto que utilizando polímeros consegue-se produzi-lo apenas com uma ferramenta, como se pode ver na figura 2.[2]

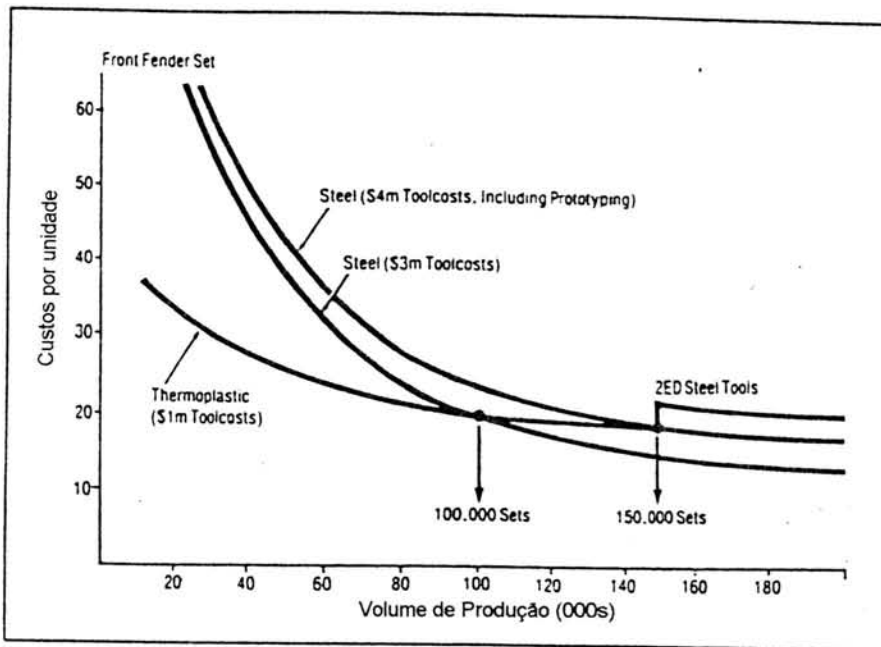


FIGURA 2 [8]

Alguns materiais poliméricos estão a rivalizar para aplicações em guarda-lamas. Todos são considerados possíveis e oferecem elevada resistência ao impacto. Eles vão desde a série dos termoplásticos moldáveis por injeção (IMTPs), como ligas de nylon / PP até aos poliuretanos como seja o RIM.[2]

3.5.2 PORTAS

As portas são uma área muito promissora para os polímeros e, apesar de nos colocar alguns problemas, elas encontram-se em grande desenvolvimento.

Como as portas são de execução bastante complexa, o uso de polímeros traria uma redução de custos bastante significativa em relação ao aço mas, por outro lado, as portas colocam aos polímeros alguns desafios, como sejam, um elevado requisito dimensional, que é mais fácil de obter usando aços, dado que tem um coeficiente de expansão térmica mais baixo, e uma elevada resistência a impactos laterais.[2]

3.5.3 TEJADILHO

Actualmente, já se fabricam veículos com o tejadilho em polímero (SMC), quando nestes o factor primordial a ter em conta é o peso.

Contudo, não tem havido um grande esforço para a substituição do aço por SMC (para este componente), devido ao tejadilho ser um componente de execução relativamente simples e, por isso, a diferença entre o custo das ferramentas para a produção do tejadilho em aço ou polímero não ser significativa.[2]

3.5.4 "CAPOT "

Estão também a receber uma grande atenção por parte dos construtores, com o SMC a demonstrar que pode ter sucesso em mais um componente da carroçaria automóvel.

Este material, o SMC, pode oferecer um acabamento tão bom ou melhor do que o aço para a denominada "classe A".

A diminuição de peso conseguida com o SMC em relação ao aço é da ordem dos 20% a 30% e, enquanto o aço retém parte das vantagens no custo para elevados volumes, os seus altos custos nas ferramentas, dão a possibilidade ao SMC de o ultrapassar nesta "corrida".[2]

A figura 3 ilustra os polímeros usados nos vários componentes da carroçaria automóvel.

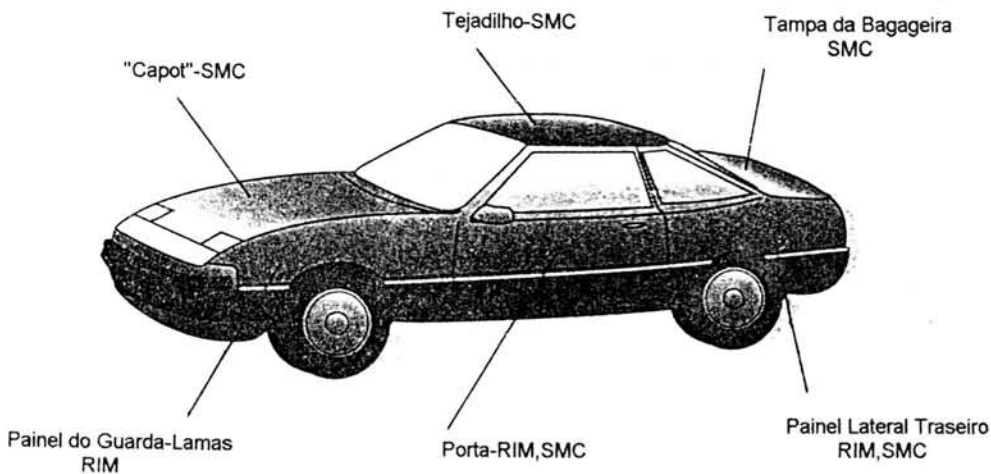


FIGURA 3 [2]

4. PROCESSOS DE PRODUÇÃO

4.1 INTRODUÇÃO

O "Hand Lay-Up", o "Spray-Up" e em particular a moldação por compressão do SMC, são os processos mais largamente usados para os polímeros reforçados, relativamente a aplicações automóveis. Recentemente processos como a moldação por injeção tiveram um grande crescimento.

A opinião generalizada é que o processo de moldação por injeção será o processo que mais se irá desenvolver, e tenderá a tirar o lugar à moldação por compressão, para os grandes componentes da carroçaria automóvel.[9]

4.2 " HAND LAY-UP "

Este é o método mais antigo e simples para a moldação de estruturas em resina de poliéster reforçada com fibras de vidro. Consiste na aplicação de camadas sucessivas de "gel-coat" e de reforço (manta).

Um factor muito importante a ter em atenção no que respeita à carroçaria automóvel, é que ela vai estar exposta às condições atmosféricas, logo a parte que vai ficar em contacto com o molde deve ter uma pequena espessura de resina sem reforço. Esta camada serve, não só para cobrir as fibras, como também para dar resistência às condições atmosféricas.[10]

4.3 " SPRAY-UP "

Este método que consiste na deposição simultânea de resina e fibras de vidro cortadas num molde aberto, por intermédio de uma pistola, permite uma redução dos ciclos de trabalho em relação ao processo anterior para o fabrico dos grandes painéis da carroçaria automóvel.[10]

4.4 MOLDAÇÃO POR COMPRESSÃO DOS MATERIAIS TERMOENDURECÍVEIS

4.4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Fundamentalmente o processo consiste na colocação de uma porção apropriada do material para a moldação (material em pó ou em placa), dentro de um molde metálico aquecido, sendo-lhe aplicado pressão. A resina do material flui com o calor, e toda a massa com a pressão toma a forma do molde.

A polimerização continua e, depois de um certo intervalo de tempo o molde é aberto e a moldação retirada no "estágio de cura".[11]

A sequência das operações de moldação por compressão está ilustrada na figura seguinte.

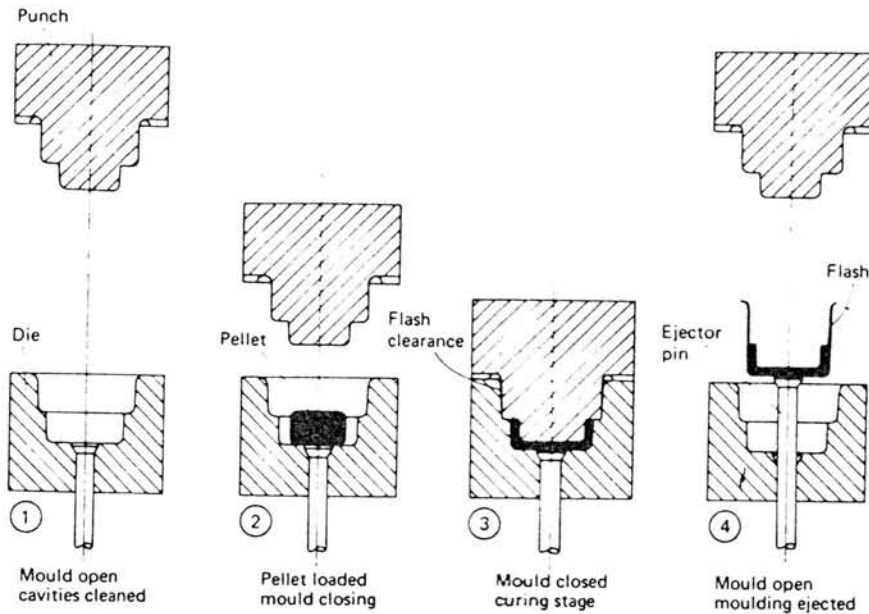


FIGURA 4 Sequência das operações no processo de moldação por compressão [11]

4.4.2 VANTAGENS

Este processo é um dos mais antigos para a produção em massa. É ainda bastante utilizado, apresentando as seguintes vantagens:[11]

- pequena quantidade de material desperdiçado (geralmente 2% a 5%) dependendo da quantidade e complexidade das partes
- os materiais (especialmente os reforçados com fibras) não têm orientação direccional e, por isso, as partes são homogêneas sendo as tensões internas reduzidas

-as propriedades mecânicas permanecem elevadas, porque existe pouca trituração no processo, e devido a isso o reforço não é quebrado

-o custo do equipamento, dado este ser menos complexo que o do processo de moldação por injeção, é menos dispendioso; também devido à simplicidade dos moldes, o custo das ferramentas é também mais baixo

-o custo dos acabamentos é reduzido, dado que a rebarba é facilmente removida ("Wheel-Abrating")

4.5 MOLDAÇÃO POR TRANSFERÊNCIA

4.5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A partir do momento em que a moldação dos materiais termoendurecíveis mostrou ser proveitosa, houve necessidade de desenvolvimento não só do material, mas também dos moldes e das máquinas, sendo cada um destes itens complementar dos outros.

A introdução da moldação por compressão para materiais termoendurecíveis foi a primeira etapa para a conversão destes materiais em produtos.

Independentemente do tipo de molde de compressão que é usado, a operação de moldação consiste fundamentalmente em comprimir (esmagar) o material entre duas placas aquecidas, as quais podem ter determinados feitios, por exemplo, pinos delicados para formar buracos ou quando a posição dos embutidos nas duas cavidades do molde é exigida, que podem ser uma limitação para o projecto.

Para conseguir satisfazer estas necessidades de projecto, é necessário proteger estes pinos ou embutidos da força directa (pressão directa) aplicada na moldação por compressão. Isto pode ser conseguido fechando o molde e usando-o como receptor para arrastar, devido ao calor, o material. Este flui e enche as cavidades sem a pressão directa ser aplicada nas partes delicadas.

Este procedimento é denominado moldação por transferência, compreendendo o fluir do material desde um recipiente aquecido através dum orifício ou canal de alimentação, para uma cavidade entre as placas aquecidas (molde).

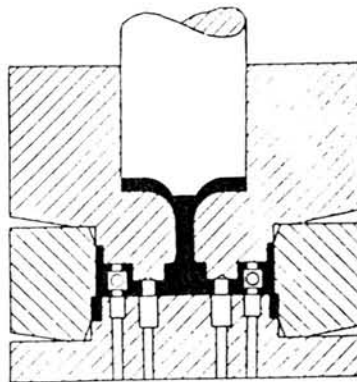


FIGURA 5 [11]

O processo de moldação por transferência, não teve um desenvolvimento rápido, foram necessários alguns anos depois da chegada (e afirmação) da moldação por compressão, para que ele se afirmasse como uma nova tecnologia de produção.[11]

4.5.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

O processo de moldação por transferência tem sido desenvolvido como uma necessidade, trazendo consigo algumas vantagens e desvantagens inerentes quando comparado com a moldação por compressão.[11]

VANTAGENS

-como as duas metades do molde são unidas antes da entrada do material, há menos rebarba, a condução é mais fácil e, os acabamentos são menos dispendiosos, além de haver um melhor controle da espessura das partes.

-cavidades complexas têm finas partes de metal no molde e, a moldação de embutidos delicados pode ser realizada com menor perigo da ocorrência de danos.

-é muitas vezes exigido que, devido à melhor transferência de calor inerente ao processo, as taxas de cura realizadas sejam rápidas.

DESVANTAGENS

-as propriedades são direccionais, dependendo do "feitio" criado pelo fluir do material e do tipo de fibras (reforços) incorporadas no material.

-devido ao modo de fluir do material, pode dar-se uma contração, conduzindo algumas vezes a uma distorção particularmente no serviço a altas temperaturas.

-é difícil realizar e manter as propriedades eléctricas de isolamento, que podem ser realizadas com a moldação por compressão.

-localizar o desgaste no molde, devido à acção de desgaste provocada pelo fluir do material, requer considerações especiais no projecto e manufacturação da ferramenta.

4.6 MOLDAÇÃO POR INJECCÃO

O processo de injeccão é um dos vários tipos de métodos para produzir componentes a partir de uma larga variedade de polímeros termoplásticos actualmente existentes.

Está cada vez a ser mais usado na indústria automóvel, não só para produzir componentes de tamanho médio, mas também para produção dos grandes componentes da carroçaria.

O processo apresenta vantagens como sejam, a capacidade para o projectista (de automóveis) substituir por polímero partes complexas em metal, reduzindo o peso do componente, poder produzir repetitivamente um componente no estado acabado apenas usando um ciclo de trabalho (uma máquina).[7]

4.6.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo consiste na injeção de um polímero termoplástico, geralmente na forma granulada, num molde fechado sob condições controladas de tempo e pressão.

Devido à moldação por injeção ser um processo para produções em massa, considerações como um longo tempo de vida, uma boa precisão dimensional e boa reproducibilidade são factores de grande importância e que determinam o projecto e o material para construção do molde, porque como facilmente se compreende os moldes para este tipo de construções são forçosamente bastante dispendiosos.[7]

4.7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DIFERENTES TIPOS DE PROCESSOS DE MOLDAÇÃO

MOLDAÇÃO POR COMPRESSÃO[11]

VANTAGENS	DESVANTAGENS
1. Relativamente simples para controlar	1. Trabalho intensivo com uma grande quantidade de material para manusear
2. Processo mais versátil para componentes complexos e para fabricar grandes quantidades	2. Perda de material devido à quantidade de rebarba
3. Elevada uniformidade nas propriedades de moldação (isotropia)	3. Operações secundárias para remoção da rebarba
4. Melhor método para moldações com uma relação área/espessura elevada	4. Reduzido controle da espessura e peso da peça
5. Pode moldar materiais reforçados	5. Não pode moldar à volta de embutidos delicados

MOLDAÇÃO POR TRANSFERÊNCIA [11]

VANTAGENS	DESVANTAGENS
1. Bom controle da espessura das peças	1. Necessária maior perícia para controlar o processo
2. Apropriado para incorporação de imbutidos delicados	2. Os moldes geralmente são mais caros e complexos
3. Tempos de cura pequenos	3. Não pode ser usada com uma tão grande variedade de compostos
4. Processo pode decorrer automaticamente	4. Elevado risco de distorção das propriedades mecânicas (anisotropia)
	5. Podem ocorrer perdas de material <i>no sistema de alimentação</i>

MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO [11]

VANTAGENS	DESVANTAGENS
1. O processo tem possibilidade para operar automaticamente	1. Máquinas e moldes são caras e complexas
2. Tempos de ciclo curtos favorecem uma redução no tempo de cura	2. Perdas de material nos canais de alimentação
3. Bom controle das dimensões e da espessura	3. Controle de tolerâncias mais apertado
4. Boa repetibilidade dimensional	
5. Pode moldar secções finas e com embutidos delicados	

5. ADESIVOS

Nos últimos anos tem havido mudanças significativas na indústria, nomeadamente na indústria automóvel, que levaram à necessidade de aperfeiçoamento dos adesivos estruturais usados, em relação a determinados requisitos, como sejam:

- elevada produtividade
- elevada qualidade da superfície
- facilidade na ligação aos substractos

A exigência para a elevada produtividade fez com que se desenvolvessem adesivos de cura rápida. Por outro lado a elevada qualidade de superfície pretendida veio criar a necessidade de superfícies lisas.

A acrescentar ao que atrás foi dito, está o facto de que estão a ser usados substractos mais finos (para diminuir o peso).

Devido à necessidade de melhorar as propriedades na superfície, foram adicionados ingredientes aos FRP (plásticos reforçados) para se reduzir a ondulação. O efeito na adesão foi muito negativo.

Para se resolver este problema foram desenvolvidos novos adesivos.[12]

A tabela abaixo representada mostra as várias fases por que passaram os adesivos.

Evolução dos Adesivos

	1981-1987
1981	Long Pot Life
Epoxy Adhesive	Primerless
	200°C Resistant
1982	Non-TDI Base
Urethane Adhesive	Non-sag
1985	No Surface
Epoxy Adhesive	Preparation
	High Peel
	Strength/
	Impact
	Resistance
	Faster Cure
1987	Fastest Cure
Epoxy Adhesive	No Surface
	Preparation
	Fully Automat-
	able

TABELA 7 Evolução dos adesivos [12]

Também o tempo de cura foi melhorado, como se pode ver pela figura. Passou-se de 2.5 min. para 1.5 min. (cura 93° C).

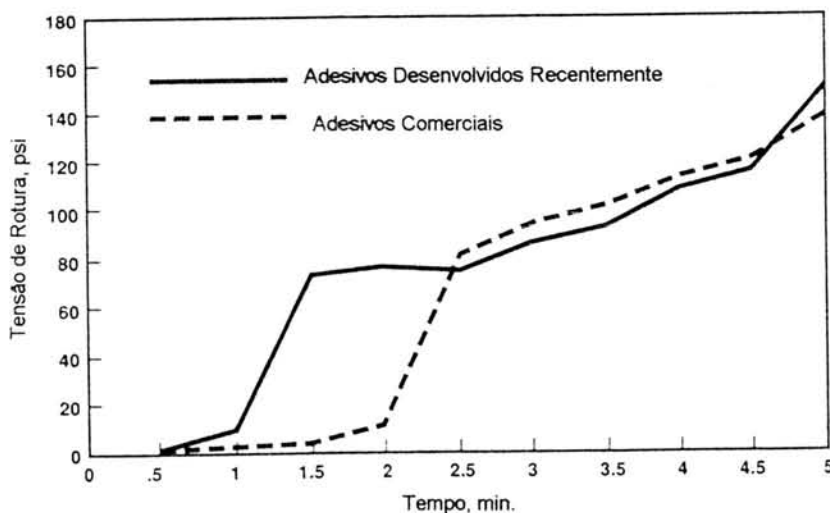


FIGURA 6 Tempo de cura / Tensão de ruptura [12]

Além de se ter conseguido diminuir o tempo de cura, conseguiu-se aumentar a temperatura de cura, como ilustra a figura seguinte.

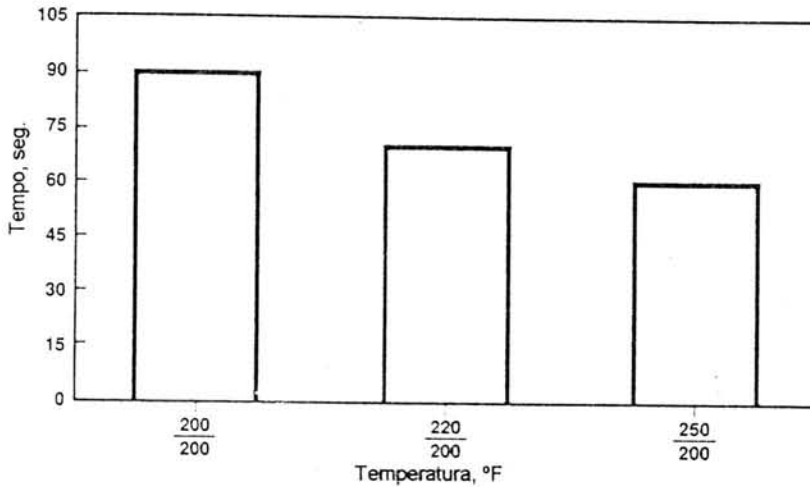


FIGURA 7 Tempo de cura / Temperatura [12]

A resistência ao ambiente com os novos adesivos é também excelente, como ilustra a figura abaixo representada.

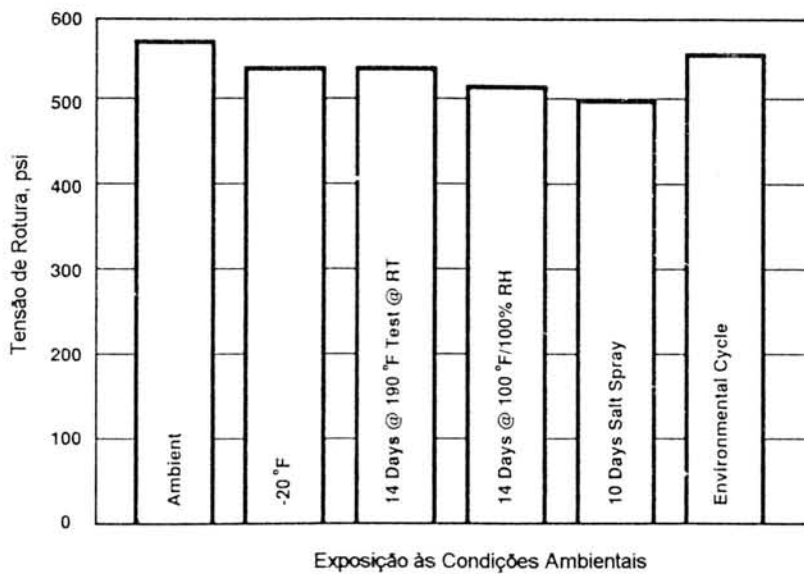


FIGURA 8 Efeito do Ambiente sobre o SMC [12]

Os significativos melhoramentos nos custos, qualidade e processos de manufacturação, associados aos polímeros reforçados, tem mostrado à indústria automóvel cada vez mais razões para a utilização de polímeros nos novos veículos.

A nova tecnologia dos adesivos tem-se tornado proveitosa para a elevada qualidade das linhas de montagem, com uma elevada taxa de produção e a baixos custos.[12]

6. REVESTIMENTOS

A tecnologia mais comum emprega um revestimento "flexível" nos polímeros flexíveis, e um revestimento "rígido" nos polímeros rígidos, proporcionando côr e protecção às condições atmosféricas.

Como já referido, para os revestimentos (químicos) de automóveis, os polímeros são, geralmente, divididos em duas classes:

- rígidos
- flexíveis

Alguns dos polímeros rígidos mais usados são:

- SMC (Sheet Molding Compound)
- plásticos reforçados com fibras de vidro
- ABS
- acetal copolímeros
- acetal homopolímeros
- espumas estruturais (policarbonatos)

Para os componentes exteriores usa-se o SMC, nylon, polipropileno, poliéster termoplásticos (TPO) e o policloreto de vinilo (PVC).

Os polímeros flexíveis tais como o RIM (reaction injection molded) e o RRIM (reinforced RIM), estão normalmente incluídos nos materiais poliuretanos.

Para ser considerado aceitável um acabamento exterior em polímero, a superfície tem que estar de acordo com a "classe A", isto é, livre de "remoinhos", sem se notar as fibras de vidro e outros defeitos.

Dois problemas típicos dos revestimentos, são:

- formação de bolhas

- falta de adesão

Estes problemas são, normalmente, devido à presença no revestimento de agentes libertados no molde.

Para se comprovar a aptidão dos revestimentos às condições de serviço, são submetidos a testes para verificação das seguintes características:[1]

- cura adequada

- adesão

- resistência à humidade

- resistência ao impacto

- resistência às condições atmosféricas

- exposição ao calor

7. APLICAÇÕES

Alguns exemplos das numerosas e variadas aplicações dos materiais poliméricos, usados em automóveis de passageiros europeus, estão ilustrados nas tabelas seguintes. Elas apresentam uma seleção dos modelos de 1988, processos de produção, partes, polímeros e tipos de reforços usados.[7]

Salienta-se que ocorreram, inevitavelmente, mudanças nos materiais usados e no desenho dos componentes, o que pode tornar esta informação menos exacta do que seria desejado.

<i>Model</i>	<i>Part</i>	<i>Weight (kg)</i>	<i>Process</i>					<i>Polymer</i>			<i>Reinforcement</i>		
			<i>WM</i>	<i>HLU</i>	<i>Various</i>	<i>Com</i>	<i>Inj</i>	<i>UP</i>	<i>PU</i>	<i>Mat-CS</i>	<i>Mat-C</i>	<i>SMC</i>	
Reliant Rialto	Body	72.00	•					•			•		
TVR	Body	150.00		•				•			•		
Lotus Esprit	Complete body	160.00			•			•				•	
Lotus Excel	Complete body	155.00			•			•				•	
Reliant Fox	Complete body	95.00	•					•				•	
BMW 3	Deck lid	9.50					•	•					•
Renault Alpine V6-GT	Floor	9.73					•	•					•
Reliant Scimitar	Underbody	32.00		•				•			•		

TABELA 8 Carroçarias Totais / Parciais [7]

Model	Part	Weight (kg)	Process				Polymer				Reinforcement			
			RIM	Com	Gmt		PU	UP	MF	SMC	Mat-CS	Mat-C	CS	BMC-CS
Rolls Royce	Airdam	4.00	•				•		•					
Fiat X1/9	Body-bumper trim	0.80	•				•		•					
Reliant Rialto	Bonnet (hand layup)	3.50						•						
Reliant Scimitar SS1	Boot (hand layup)	10.00						•						
Renault 25	Bottom line (injection)	0.23										•		
Alfa Sud Sprint	'B' pillar cover	0.30		•				•		•				PP-CS
Citroen BX	'C' pillar cover	1.00		•				•		•				
Audi 80 Coupe Quattro	'C' pillar grille (Inj)	0.10												PA-CS
Citroen BX, BX Break	'C' pillar grille	0.70		•						•				
Mercedes 190 (Injection)	'C' pillar grille	0.25												PC-CS
Porsche 928	'C' pillar grille	0.25		•				•		•				
Saab 900 (Injection)	'C' pillar grille													PA-CS
Volvo 300 Series (Injection)	'C' pillar grille	0.20												PA-CS
Audi Quattro	Deck lid	6.20		•				•		•				
Ford Escort	Door frame trim	2.00		•				•		•				
Opel Manta GTE	Door sill cover	1.45		•				•		•				
Renault Alpine V6-GT	Exterior door panel	2.94		•				•				•		
Renault Alpine V6-GT	Exterior rear body panel	5.61		•				•				•		
Citroen Visa	Floor side trim	1.50		•				•		•				
Volvo 480	Front end	3.00		•				•		•				
Porsche 928	Front part	3.50	•					•		•				
Renault Super 5 GT Turbo	Front wheel arch extension	0.57		•				•		•				
Renault Super 5 GT	Hatchback (inj/BMC/ roving)	0.00						•						•
Fiat Tipo	Hatchback (injection)	10.50						•						•
Renault Espace	Hatchback	13.00			•			•				•		
Renault Espace	Hood	6.10			•			•				•		
Volvo 480	Hood (2 pieces)	12.80		•				•		•				
Alfa Romeo 15	Lateral protection panels	4.00	•					•		•				
Renault Super 5	Lateral protection panels	5.00		•				•		•				
Renault Express	Rear door inner panels	3.00		•				•		•				
Porsche 928	Rear part	3.50	•					•		•				
Ford Escort Cabriolet	Rear quarter panels	1.00	•					•						•
Citroen CX	Rear wheel cover	1.00		•				•		•				
Renault Alpine V6-GT	Roof	8.43		•				•				•		
Volvo 480	Roof trim	0.40		•				•		•				
Saab 16 Valve Turbo	Saab 'Aerokit'	10.82	•					•		•				
Mercedes S-Class	Side panels	8.00	•					•		•				
Ford Fiesta XR2	Tailgate spoiler	1.17	•					•		•				
Renault Alpine V6-GT	Underbody and structural parts	39.46		•				•				•		
Ford Fiesta XR2	Wheelarch extension (F&R)	1.08	•					•		•				
Land Rover	Rear wheel arches	0.64	•					•		•				
Citroen BX, BX Break	Roof trim rails	0.50		•				•		•				
BL Maestro MG	Rear spat	1.90	•					•		•				

TABELA 9 Paineis da Carroçaria e Componentes [7]

Model	Part	Weight (kg)	Process			Polymer		Reinforcement	
			RIM	Com	Gmt	PU	UP	MF	SMC
Ford Cosworth	Front bumper	4.48	•			•		•	
Lotus Excel	Front bumper	4.00	•			•		•	
Renault 21 Turbo Sport	Front bumper	5.30	•			•		•	
Renault Espace	Front bumper	4.50		•			•		•
Alfa Romeo 75 (USA)	Front bumper beam	4.00		•			•		•
Audi 90	Front bumper beam	2.94		•			•		•
BMW 300 Series (E30)	Front bumper beam	4.80		•			•		•
BMW M3	Front bumper beam	5.60		•			•		•
Mercedes 190	Front bumper beam	3.00		•			•		•
Mercedes 'S' Class (USA)	Front bumper beam	8.60		•			•		•
Peugeot 505 (USA)	Front bumper beam	7.20		•			•		•
Renault 21 Break + US	Front bumper beam	6.00		•			•		•
BMW M3	Front bumper cover	-	•			•		•	
Alfa Romeo 164	Front bumper fascia	4.600	•			•		•	
Lancia Thema	Front bumper fascia	4.500	•			•		•	
Peugeot 205	Front bumper fascia	3.300		•			•		•
Porsche 924	Front bumper fascia	5.80		•			•		•
Reliant Scimitar SS1	Front bumper fascia	4.85				•		•	
Renault Alpine V6-GT	Front bumper fascia	5.60	•			•		•	
Renault Super 5	Front bumper fascia	5.50		•			•		•
Renault Alpine V6-GT	Front end fascia	2.75	•			•		•	
Porsche 944 Turbo	Front spoiler	4.50	•			•		•	
Renault 21 Turbo Sport	Front spoiler	2.00	•			•		•	
Renault 21 Turbo Sport	Side protective panel	1.30	•			•		•	
Lotus Esprit (Fed) Turbo	Rear bumper	4.50	•			•		•	
Renault Espace	Rear bumper	3.00		•			•		•
Alfa Romeo 75 (USA)	Rear bumper beam	4.00		•			•		•
Audi 90	Rear bumper beam	2.55		•			•		•
Audi 5000 (US)	Rear bumper beam	5.10		•			•		•
BMW 500 Series	Rear bumper beam	5.30		•			•		•
BMW M3	Rear bumper beam	6.30		•			•		•
Mercedes 190	Rear bumper beam	2.90		•			•		•
Mercedes 'S' Class (Europe)	Rear bumper beam	3.60		•			•		•
Peugeot 505 (US)	Rear bumper beam	7.40		•			•		•
Renault Alpine V6-GT	Rear bumper beam	3.35		•			•		•
BMW M3	Rear bumper cover	9.50	•			•		•	
Alfa Romeo 164	Rear bumper fascia	5.20	•			•		•	
Alfa Romeo 75	Rear bumper fascia	5.20	•			•		•	
Lancia Thema	Rear bumper fascia	5.10	•			•		•	
Lotus Excel	Rear bumper fascia	4.00	•			•		•	
Peugeot 205	Rear bumper fascia	2.90		•			•		•
Porsche 924	Rear bumper fascia	5.30		•			•		•
Reliant Scimitar SS1	Rear bumper fascia	3.30	•			•		•	
Renault 25	Rear bumper fascia	6.90		•			•		•
Renault Alpine V6-GT	Rear bumper fascia	5.30	•			•		•	
Renault Super 5	Rear bumper fascia	4.50		•			•		•
Renault Super 5 GT Turbo	Rear bumper fascia	7.60		•			•		•

Legenda

Processes

Com = Compression moulding
 RTM = Resin transfer moulding
 HLU = Hand layup (wet)
 RIM = Resin injection moulding
 GMT = Stampable thermoplastics
 IM/BMC = Injection bulk moulding compound
 Inj = injection moulding

Thermosets

PU = Polyurethane
 UP = Unsaturated polyester

Thermoplastics

ABS = Acrylonitrile-Butadiene-Styrene
 PA = Polyamide
 PBT = Polybutylterphthalate
 PC = Polycarbonate
 PE = Polyethylene
 PPO = Modified polyphenylene oxide
 POM = Polyacetal
 PSU = Polysulfone
 SAN = Styrene-Acrylonitrile
 PP = Polypropylene

Glass reinforcement

BMC-CS = Bulk moulding compound
 CS = Chopped strands
 Mat-CS = Chopped strand mat
 Mat-Cont = Continuous strand mat
 SMC = Sheet moulding compound
 MF = Milled fibres
 WR = Woven roving

TABELA 10 Pára-Choques [7]

8. CONCLUSÃO

Dos estudos efectuados, uma conclusão que se pode tirar é que, apesar dos polímeros não terem penetrado no mercado tão rápido quanto se esperava, em relação aos painéis da carroçaria automóvel, a investigação está longe de ter chegado ao fim. Tem havido e continuará a haver um enorme desenvolvimento, não só ao nível da tecnologia dos materiais, mas também nos processos de produção.

Baseado em análises efectuadas, tendo em conta as condições correntes do mercado, prevê-se um grande aumento no consumo dos polímeros nos diversos componentes da carroçaria automóvel.

Em relação, por exemplo, aos guarda-lamas espera-se que seja o componente em que o consumo de polímeros vai ter um maior incremento, apesar de se prever que este crescimento seja mais significativo nas séries de luxo.

Para o "capot" e tampa da bagageira as previsões não são tão optimistas, já que se espera que o seu crescimento seja mais gradual, além de mais restritivo. As portas, devido à sua complexidade, talvez sejam os componentes que ainda vão requerer mais trabalho, tanto em relação ao material como ao processo de produção.

Para que os polímeros alcancem o consumo previsto, não basta que as suas propriedades sejam melhoradas, é também necessário reduzir o seu custo.

9. GLOSSÁRIO

Body in White - carcaça da carroçaria antes da pintura

Body Panel - taipal; painel ou lado da carroçaria

Bodywork - carroçaria

Bumper - pára-choques

Deck Lid - tampa da bagageira

Fender - painel do guarda-lamas

Frame - chassis

Hood - "capot"

Rear - parte traseira

Rear Quarter - parte lateral traseira; painel lateral traseiro

Roof - tejadilho

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - Universal Coatings for Automobiles, Automotive Engineering, Julho 88
pp 18-21
- [2] - Selection of Body Panel Materials, Automotive Engineering, Vol.98,
Maio 90, pp 55-60
- [3] - Steel vs Its Competition for the Body in White, Automotive Engineering,
Dezembro 90, pp 43-45
- [4] - Automotive Engineering, Vol.96,Dezembro 88, pp 37-41
- [5] - Pc Powell
The Selection and Use of Thermoplastics
- [6] - GM200 APVS and Their Use of Composites, Automotive Engineering,
Vol.98, Maio 90, pp 51-53
- [7] - Gaylord
Automotive Engineering plastics
- [8] - Chassis / Body Engineering, Automotive Engineering,
Outubro 88, pp 30-36

[9] - Rapra

Developments in Fibre Reinforced plastics for passenger cars

[10] - Gaylord

Car Bodywork in Glass Reinforced Plastics

[11] - Thermosetting Plastics

Practical Moulding Technology

[12] - Advances in Automotive FRP, Automotive Engineering,

Vol.96, Dezembro 88, pp 51-57



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000101457