

2302450

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO MECÂNICO

PROJETO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PEÇAS  
VEICULARES EM FIBRA DE VIDRO

autor: LEONARDO TAKAAKI YOSHIDA

orientador: ETTORE BRESCIANI FILHO

- 1987 -

## AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos aos professores ETTORE BRESCIANI FILHO e FERNANDO ANTÔNIO DA COSTA NERY pela orientação recebida na realização deste trabalho.

Agradeço também a todos os professores, funcionários e amigos que diretamente ou não contribuiram na realização deste trabalho e para a minha formação acadêmica.

TF-1987  
183 p

## SUMARIO

Na indústria moderna, face a crescente necessidade de utilizarmos materiais mais leve, resistente e mais barato sem comprometer a eficiência e a estética, os plásticos, polímeros e materiais conjugados apresentam-se como uma alternativa em relação aos materiais metálicos convencionais devido a sua grande variedade e flexibilidade na sua composição química. Essa mudança dos materiais tradicionais pelos plásticos estão sendo observados principalmente nos setores de transporte, construção civil e eletrodomésticos.

Diante do elevado número de alternativas torna-se necessário estudarmos as propriedades físicas, mecânicas e processo de moldagem desses materiais para otimizarmos o uso e a fabricação de peças que tendem a ficar cada vez mais complexas.

Baseado nesse crescimento e de perspectivas de um futuro melhor, este trabalho visa analisar a fabricação de peças em fibra de vidro (especificamente carroceria do automóvel "buggy"), analisando inicialmente os materiais empregados e em seguida o processo de fabricação da peça.

ÍNDICE

	página
Capítulo I - Generalidades sobre as fibras de vidro.....	1
1 - Introdução.....	2
2 - Características gerais das fibras de vidro.....	2
2.1 - Classificação quanto a utilização.....	4
2.2 - Classificação quanto a forma física.....	4
3 - As resinas plásticas.....	7
3.1 - Resina poliéster.....	8
3.2 - Resina éster-vinílica.....	14
3.3 - Resina epóxi.....	14
4 - Os plásticos reforçados com fibra de vidro.....	14
4.1 - Descrição dos processos de moldagem.....	14
4.2 - Propriedades mânicas e elásticas.....	19
5 - Fatores que influenciam a polimerização.....	21
5.1 - Catalizador.....	22
5.2 - Acelerador.....	23
5.3 - Inibidor.....	23
5.4 - Carga inerte.....	24
5.5 - Agente tixotrópico.....	25
5.6 - Corante.....	25
5.7 - Absorvedor de raios ultra violeta.....	25
5.8 - Diluentes.....	26
5.9 - Desmodante.....	26
6 - Considerações sobre a espessura do laminado.....	26
6.1 - Método comparativo.....	28
6.2 - Método empírico.....	29
6.3 - Método teórico.....	30
7 - Particularidades sobre o molde.....	31

8 - Processo de moldagem.....	33
8.1 - Preparação do molde.....	33
8.2 - Aplicação do "gel-coat".....	33
8.3 - Moldagem.....	35
8.4 - A cura da peça.....	35
8.5 - Rebarbação.....	36
8.6 - Desmoldagem.....	36
8.7 - Ajuste final.....	36
9 - Pintura em PRFV.....	37
10 - Estimativas do custo de fabricação.....	38

## CAPÍTULO II - Fabricação da carroceria do "buggy" em PRFV

1 - Introdução.....	43
2 - A carroceria do "buggy".....	43
3 - Seleção do material.....	44
4 - Considerações sobre o laminado.....	44
5 - O molde.....	46
6 - Fabricação da carroceria.....	46
7 - Estimativas do custo de fabricação.....	47
8 - Conclusão.....	52
Anexo A.....	53

### Anexo B

### Bibliografia

CAPÍTULO\_I

GENERALIDADES\_SOBRE\_AS\_FIBRAS\_DE\_VIDRO

## 1-Introdução

O termo "fibra de vidro" ou "fiberglass" empregado genericamente para indicar os produtos em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV) são materiais conjugados constituídos de diversas combinações de reforços em fibra e resinas plásticas. O processo é equivalente a adição de barras de aço no concreto, permitindo-se assim obter a mistura que melhor adapte às necessidades finais do projeto, tais como :

- alta resistência mecânica
- resistência a corrosão
- baixo peso
- resistência a altas temperaturas
- resistência ao impacto
- baixa manutenção

Entre os diversos plásticos comumente reforçados os mais utilizados são os poliéster insaturados (termofixo), por apresentarem características ótimas de processamento, custo e desempenho.

Existem diversos processos industriais para a moldagem da resina poliéster (moldagem por contato, a alta temperatura e/ou sob alta/baixa pressão, premix, com moldes macho e fêmea, e outros), devendo a sua escolha partir das análises dimensionais, grau de detalhamento da peça, escala de produção, mão-de-obra e recursos disponíveis. Dentre os processos acima iremos abordar neste trabalho a moldagem por contato, em moldes abertos, para média e baixa produção, sendo os processos manual ("hand lay-up") e a pistola ("spray-up") os mais utilizados por apresentarem flexibilidade de projeto, baixo investimento em moldes, equipamentos e liberdade na forma e tamanho da peça.

## 2-Característica geral das fibras de vidro

As fibras de vidro empregadas para reforço são obtidas a partir da fusão de uma mistura de óxidos metálicos a temperatura variando de 1300 a 1600 °C. A massa fluida de vidro fundido é escoada dos fornos de fusão para as fieiras de platina onde são formados os diversos filamentos (diâmetros de aproximadamente 10 microns), sendo logo em seguida submetidos a tratamentos químicos superficiais, como mostra a figura 1, para atuarem como lubrificante (impedir que os diversos filamentos de vidro sejam desgastados por abrasão durante seu processamento), segurar os diversos filamentos num feixe coeso (fibra) e atuar como agente de união química entre os dois materiais (filamento e resina) de natureza completamente diferentes. Ao final do processo a fibra (fio comercial) apresenta aproximadamente

conjunto de 200 filamentos, sendo posteriormente utilizados na fabricação da manta e do tecido (o diâmetro do filamento pode variar de 5 a 25 microns e o número de filamentos por fio pode chegar a 2000, conforme a aplicação).

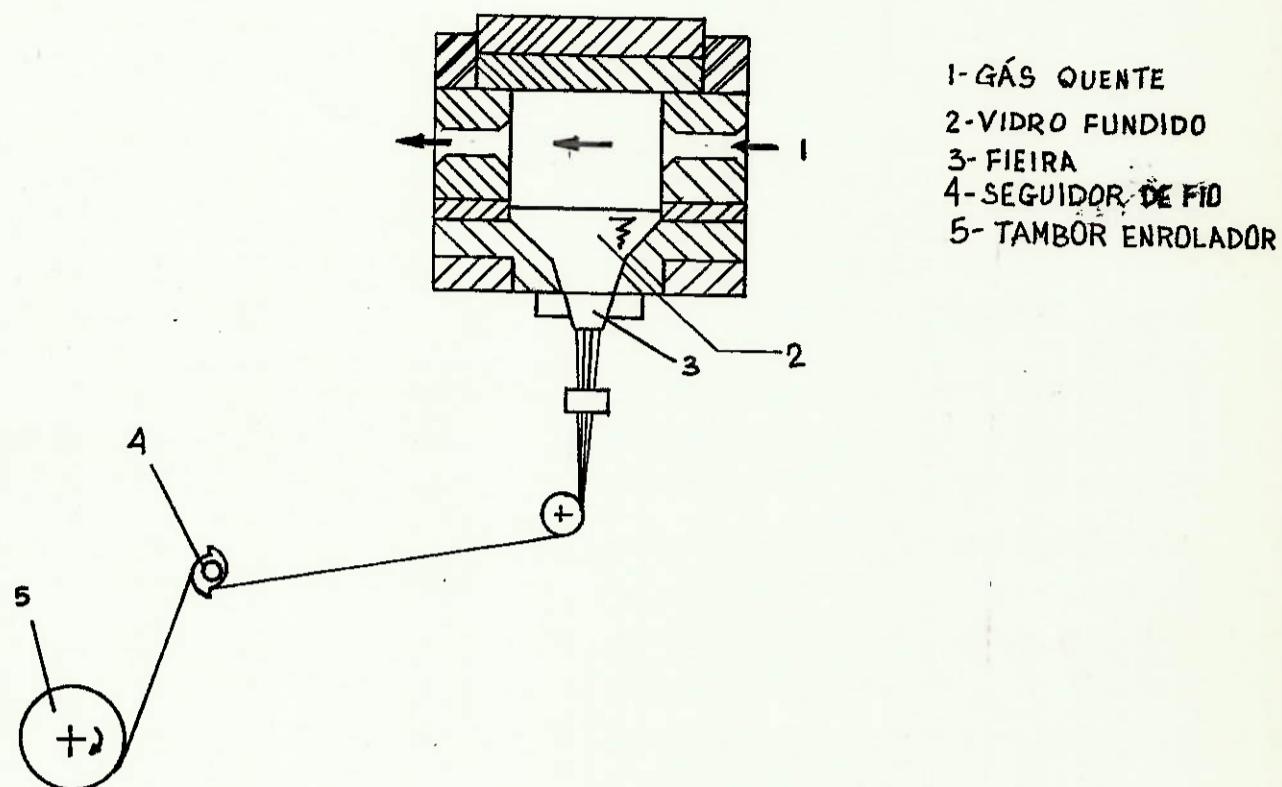


Figura 1 - Esquema simplificado do processo de fabricação da fibra

A fibra de vidro é um dos produtos mais usados na moldagem de resina poliéster por possuir uma série de propriedades que a torna um reforço ideal. Entre essas propriedades podemos citar :

- alta resistência a produtos químicos e solventes
- alta tenacidade e boas propriedades mecânicas
- não sofre degradação bioquímica (porém apresenta problemas com reciclagem)
- pode ser translúcida
- estabilidade dimensional
- alta resistência ao calor

Devido a grande variedade de fibras de vidro existentes no mercado vamos classificá-los segundo a sua utilização e quanto a sua forma física.

## 2.1-Classificação quanto a utilização

- tipo E : desenvolvido inicialmente para aplicações elétricas (boas propriedades dielétricas) é atualmente a mais utilizada (99%) não só no ramo elétrico mas para fins gerais (apresenta baixa resistência a produtos químicos corrosivos).
- tipo A : composto por soda, cal e sílica , sua produção é mais barata do que o tipo E mas apresenta alto grau de alcalinidade ( presença de Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O) tornando-a boa condutora elétrica porém com baixa resistência a abrasão (baixa resistência química).
- tipo C : desenvolvido especialmente para aguentar ambientes químicos corrosivos.
- tipo S : apresenta difícil e alto custo de obtenção devido a inexistência de impurezas.

composição química	tipo de fibra			
	E	C	A	S
SiO <sub>2</sub>	55.1	65.0	72.3	65.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.6	4.0	2.5	25.0
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.3	5.0	0.5	--
MgO	3.3	3.0	0.9	10
CaO	18.6	14.0	9.0	--
Na <sub>2</sub> O	0.3	8.5	12.5	--
K <sub>2</sub> O	0.2	--	1.8	--
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3	0.5	0.5	--
F <sub>2</sub>	0.3	--	--	--

Tabela I - Composição química das fibras de vidro

## 2.2-Classificação quanto a forma física

### A-Véu de superfície

O véu de vidro ( ou véu sintético (a base de polipropileno ou acrílico) é uma manta extremamente fina usada na superfície para conseguir boa aparência e principalmente na construção da camada protetora do laminado contra a ação das intempéries, ficando em contato direto com o ambiente corrosivo. Os dois tipos de véu auxiliam o equipamento a ter uma concentração mais rica de resina na superfície protetora porque absorvem o excesso de resina , proporcionando uma superfície mais lisa e sem irregularidades , pois as fibras grossas de reforço não mais

se encontram na superfície. Os véus de superfície são encontrados nas espessuras de 0.25 a 0.75 mm.

#### B-Manta\_de\_fios\_cortado

As mantas são obtidas pelo arranjo aleatório multidirecional de fibras cortadas em comprimentos de 15 a 50 mm e agregados por ligantes especiais.

##### B.1-Manta\_com\_ligante\_em\_pó

Formada com ligante que facilita a penetração e a molhagem da resina na lamação, apresenta boa resistência às intempéries e a ambientes extremamente corrosivos. As mantas formadas com fibras mais finas são geralmente utilizadas sobre "gel-coat" objetivando minimizar o aparecimento do "desenho" das fibras na superfície acabada (as mantas com fibras grossas devem ser evitadas para lamação sobre o "gel-coat"). São fornecidas em gramagens variando de 225 a 600 g/m<sup>2</sup>. Cada camada de manta com 450 g/m<sup>2</sup> requer cerca de 1000 g de resina poliéster para uma espessura média de 1 mm.

##### B.2-Manta\_com\_ligante\_em\_emulsão

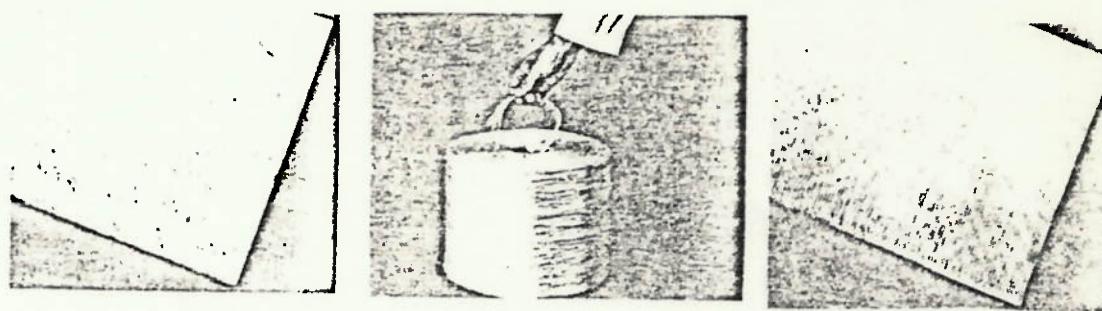
Esta manta é formada com ligante que garante rápida penetração e molhagem pela resina além de facilitar o corte, manuseio e acomodação das camadas de reforço no molde. Não deve ser utilizada como reforço de estrutura submetido a intempéries. Fornecida em gramagens variando de 225 a 600 g/m<sup>2</sup> proporciona igual espessura que a manta com ligante em emulsão.

#### C-Tecido

O tecido é o conjunto de fios de fibra de vidro (conhecido por "yarns") trançados em tela que proporcionam altas propriedades macânicas e resistência ao impacto. São disponíveis nas gramagens de 600 a 800 g/m<sup>2</sup>, proporcionando espessuras de aproximadamente 1mm após a lamação.

#### D-Roving\_(fio\_continuo)

O "roving" é fornecido como um feixe de fios paralelos, não torcidos, enrolados numa bobina. Também é fornecido na forma de "spun roving" em que um único fio é dobrado várias vezes sobre si mesmo e impedido de se desfazer por uma pequena torção. O "roving" de fios paralelos oferecido para a lamação é caracterizado por facilidade de corte, rápida penetração e molhagem pela resina, excelente dispersão, assentamento e roletagem. O "roving" é o mais barato dos reforços de vidro e o seu desempenho é considerado de baixa a média resistência, dependendo do processo empregado. A máxima porcentagem de vidro no laminado é de 45%.



manta

"roving"

tecido

Figura 2 - Alguns tipos de fibras

E-Roving-tecido

O "roving"-tecido (RT) é um tecido feito a partir da tecelagem do "roving" e utilizado na fabricação de grandes peças estruturais como barcos e piscinas. Custando bem menos do que os tecidos, apresenta-se em vários pesos ( de 510 a 1700 g/m<sup>2</sup> ) e larguras, sendo muitas vezes utilizado em estrutura sanduíche (composição de vários tipos de fibra, como RT-manta-RT, tecido-manta-RT, para melhorar as propriedades mecânicas) devido a sua alta resistência a tração e impacto.

Deve ser observado que existe uma diferença apreciável na resistência deste tecido nas direções normal e radial (trama e urdume), sendo que na medida do possível fazer com que as direções principais do tecido coincidam com a direção de aplicação da força.

F-Flocos (fibra moída e picada)

Os flocos ou escamas de vidro são usados em revestimento anti-corrosivo. A fibra picada apresenta comprimento variando de 1.5 a 12 mm enquanto que a fibra moída é aquela com comprimento menor que 1.5 mm. Os dois são utilizados como carga inerte e reforço de termoplásticos para melhorar as propriedades macânicas e de resistência.

G-FABMAT

FABMAT (marca registrada da Fiber Glass Industries Inc.) é uma combinação de reforços consistindo de uma camada de "roving"-tecido ligada quimicamente à manta de fios cortados. Os dois componentes são ligados por um poliéster de alta solubilidade para formar uma unidade de reforço forte e dobrável, combinando a orientação bidirecional do "roving"-tecido e a orientação isotrópica da manta. Esta fibra economiza tempo de moldagem pois duas camadas são colocadas ao mesmo tempo sobre o molde.

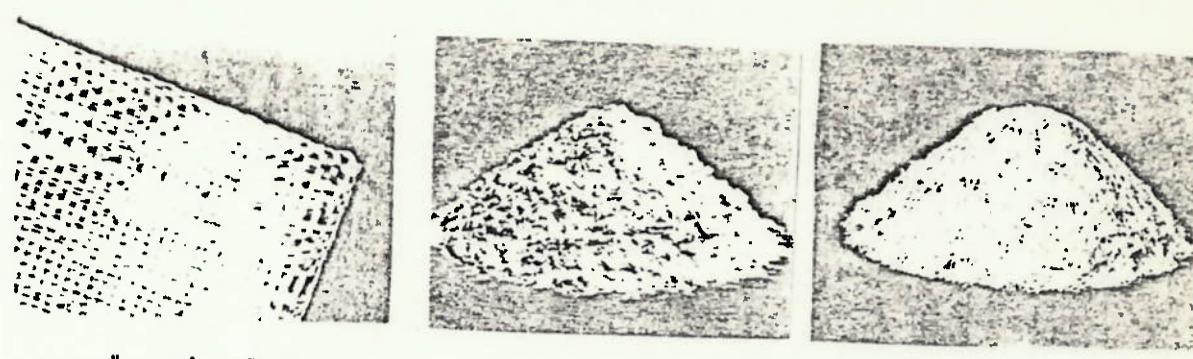
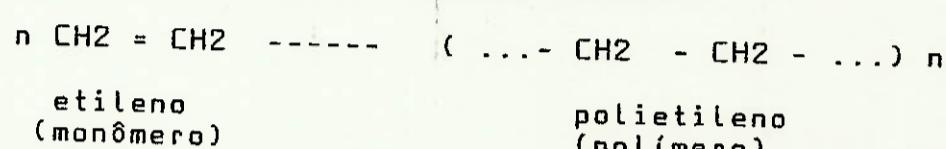


Figura 3 - Outros tipos de filtro.

### 3-As resinas plásticas

As resinas plásticas inserem-se na família dos polímeros (do grego "poli"=muitas , "meros"=partes ) que são produtos de alto peso molecular , formadas pela repetição de uma unidade molecular pequena chamada monômero.



Os polímeros são macro-moléculas plurais.

- naturais : madeira, borracha natural
  - artificiais : acetato de celulose, viscose
  - sintéticos : PVC, poliestireno, poliéster

Neste trabalho analisaremos os polímeros sintéticos, em especial as resinas plásticas, onde estas são classificadas em 3 grandes grupos - poliéster, epoxi, éster vinílica - conforme a composição química, sendo a primeira a mais empregada por suas propriedades elétricas, mecânicas e custo.

As resinas são geralmente fornecidas em tambores sob a forma líquida viscosa, a qual após a adição de alguns produtos químicos (catalizador e acelerador) se transformam do estado líquido ao sólido rígido num processo chamado polimerização ou cura. O processo de polimerização inicia-se assim que o catalizador e o acelerador são combinados desenvolvendo-se gradativamente por alguns minutos (dependendo do teor dos agentes de cura e da condição ambiental) até a mudança da resina para um estado gelatinoso. Após iniciada a gelatização a reação prossegue-se irreversivelmente com grande desprendimento de calor (reação exotérmica) e cada vez mais a massa de resina aproxima-se do estado sólido.

Uma vez polimerizada a resina não podemos mais retransformá-la em líquido mesmo insistindo em aumentar a temperatura, pois a mesma se queimará sem fundir.

### 3.1-Resina poliéster

Os poliéster são produtos de condensação de álcoois e ácidos polivalentes, ou seja, reação de dois monômeros diferentes (álcool e ácido) formando cadeias poliméricas e a eliminação simultânea de um composto simples como H<sub>2</sub>O que não é polimerizável. A união dos monômeros durante a reação de polimerização por condensação (também chamado por policondensação) ocorre através de grupos funcionais. No caso de policondensação entre monômeros bifuncionais as cadeias poliméricas formadas são lineares, como mostra a figura 4.

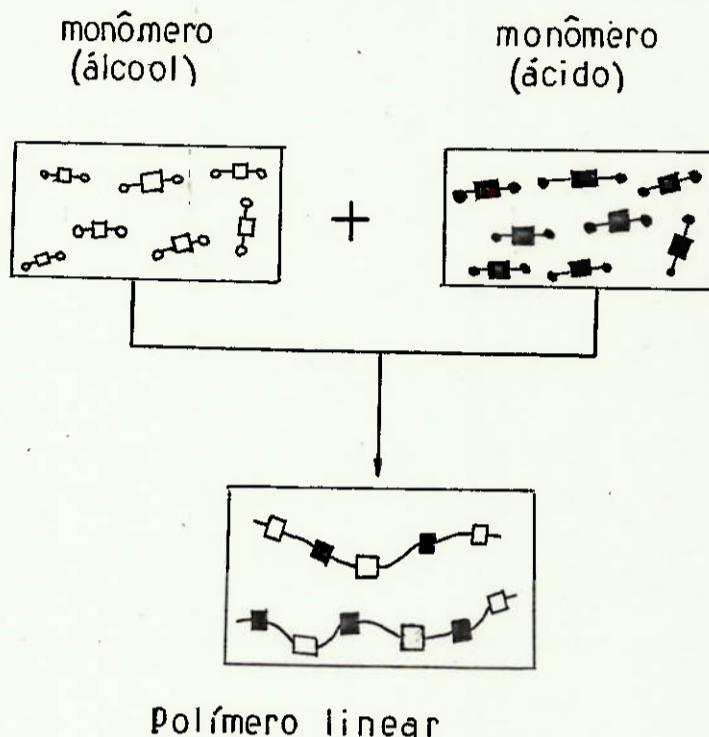
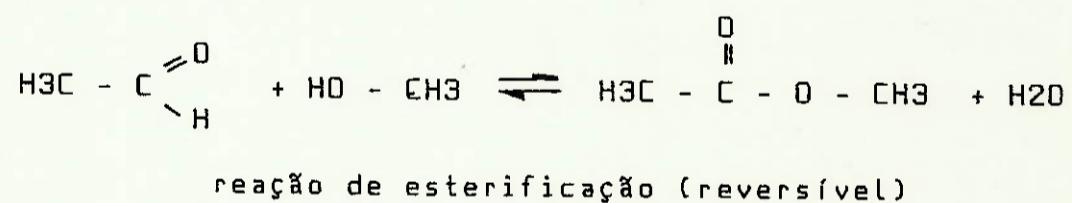


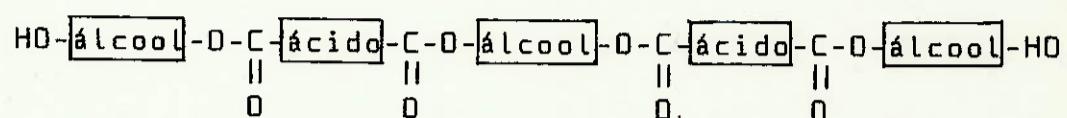
Figura 4 - Representação simplificada do processo de polimerização por condensação

A reação de um álcool com um ácido dá origem a um éster, ocorrendo também a liberação de água.



Os grupos funcionais  $\left[ -\text{C}(\text{O})-\text{O} \right]$ ,  $\left[ -\text{OH} \right]$  e  $\left[ -\text{C}(\text{O})=\text{O} \right]$  são conhecidos como grupo éster, álcool e ácido.

Se empregarmos um biálcool (propileno glicol ou bisfenol A) e um biácido (anidrido maleico ou ácido fumárico) o produto final da reação contará com diversos grupos ésteres como pontes de junção entre as moléculas do biálcool e do biácido.



molécula linear de poliéster

A esta macromolécula constituída por unidades de ácido e álcool unidas entre si por pontes de éster denominamos de poliéster.

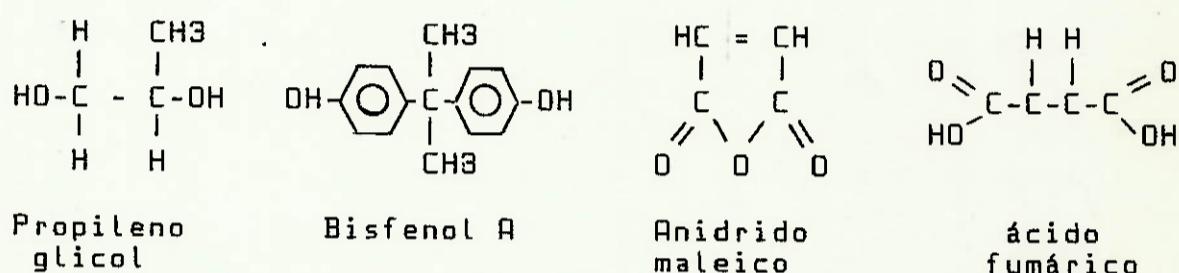


Figura 5 - Alguns compostos utilizados na resina poliéster

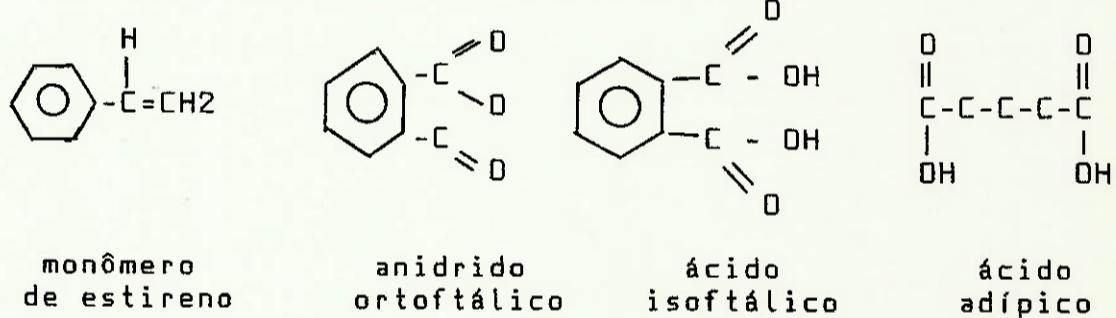


Figura 6 - Produtos que auxiliam a cura

Na reação de cura ocorre a interligação das macromoléculas através dos pontos de insaturação contidos nas moléculas dos biácidos. Para aumentar a mobilidade das macromoléculas e promover das insaturações devemos adicionar

monômeros insaturados (monômero de estireno). Utiliza-se também biácidos saturados (ácido ortoftálico, isoftálico e adípico) para permitir que o poliéster cure sem liberação excessiva de calor bem como tornar o produto curado menos quebradiço (mais flexível).

Normalmente a resina poliéster que encontramos no mercado contém cerca de 70% de resina e 30% de restireno. Podemos adicionar maiores quantidades de estireno para tornar a resina mais fluida (verificou-se que a proporção de 65% de resina poliéster e 35% de estireno é considerada como sendo ótima).

As resinas poliéster insaturadas são classificadas em 3 grandes grupos conforme os produtos empregados na sua fabricação.

-resina poliéster ortoftálica: para uso geral, é bastante clara e de reatividade média, apresenta resistência química insatisfatória. As propriedades físicas desta resina é dada na tabela a seguir.

propriedades	dimensão	resina não polimeriz.	resina polimerizada
viscosidade (20°C)	centipoise	1000-1100	---
densidade (20°C)	g/cm³	1,12	1.22
coef.dilat.cubica	10³cm³/oC	780	120
calor específico	cal/oC/g	0.40	0.35
dureza Barcol	kg/cm²/cm³	---	40-110
tenacidade	*10³ g/cm²	---	0.63
resist.flexão	kg/cm²	---	1550
resist.impacto	kg/cm²	---	10
resist.tração	kg/cm²	---	3.5 *10⁴
mod. Young	kg/cm	---	840
ruptura tração	%	---	6

Tabela II - Características gerais ortoftálica da resina

-resina poliéster isoftálica: poliéster a base de ácido isoftálico, apresenta resistência química insatisfatória para alguns ambientes corrosivos.

-resina poliéster bisfenólica: formulada a partir do bisfenol modificado, é destinado à moldagem de peças e tanques que devem ter alta resistência química.

A tabela a seguir indica a resistência química das resinas poliéster para vários ambientes.

Produto	Ortoftál.	Isoftal.	Bisfenol.
Acetato de amila	não usar	não usar	não usar
Acetato de bário	O.K.	O.K.	O.K.
Acetato cúprico e cuproso	O.K.	O.K.	O.K.
Acetato de etila	não usar	não usar	não usar
Acetato férrico e ferroso	O.K.	O.K.	O.K.
Acetato de sódio	O.K.	O.K.	O.K.
Acetato de vinila	não usar	não usar	não usar
Acetona	não usar	não usar	não usar
Acetonitrila	não usar	não usar	não usar
Ácido acético, 10%	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido acético, 25%	não usar	O.K. $\leq 30^{\circ}\text{C}$	O.K.
Ácido acético, 75%	não usar	não usar	O.K. $\leq 70^{\circ}\text{C}$
Ácido bórico	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido cítrico	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido clorídrico, 10%	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido clorídrico, 37%	não usar	não usar	O.K. $\leq 80^{\circ}\text{C}$
Ácido crómico, 20%	não usar	não usar	não usar
Ácido fórmico, 25%	não usar	não usar	O.K.
Ácido fosfórico, 10%	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido fosfórico, 50%	não usar	O.K.	O.K.
Ácidos graxos (saturados) (de C 10 a C 18)	O.K.	O.K.	O.K.
Ácidos graxos (não saturados) (de C 16 a C 18)	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido hipocloroso, 50%	não usar	não usar	O.K.
Ácido láctico	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido oléico	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido sulfúrico até 50%	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido sulfúrico, 98%	não usar	não usar	não usar
Ácido tântico	O.K.	O.K.	O.K.
Ácido tartárico	não usar	O.K.	O.K.
Acrilonitrila	não usar	não usar	não usar
Água	O.K.	O.K.	O.K.
Álcool amílico	O.K.	O.K.	O.K.
Anidrido acético	não usar	não usar	não usar
Benzoato de amônio	O.K.	O.K.	O.K.
Benzoato de sódio	O.K.	O.K.	O.K.
Bisulfito de sódio	O.K.	O.K.	O.K.
Butíleno glicol	O.K.	O.K.	O.K.
Carbonato de bário	não usar	O.K.	O.K. $\leq 80^{\circ}\text{C}$
Carbonato de potássio, 10%	não usar	não usar	não usar
Carbonato de sódio, 10%	não usar	não usar	não usar
Ciclohexano	O.K.	O.K.	O.K.
Citrato de alumínio	O.K.	O.K.	O.K.
Citrato de amônio	O.K.	O.K.	O.K.
Citrato de sódio	O.K.	O.K.	O.K.

Produto	Ortoftal.	Isoftal.	Bisfenol.
Clorato de cálcio	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto de alumínio, (tôdas concentrações)	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto de amônio	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto de bário	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto de cálcio, saturado	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto cúprico e cuproso	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto férreo e ferroso	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto de magnésio	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto de níquel	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto de sódio, saturado	O.K.	O.K.	O.K.
Cloreto de zinco	O.K.	O.K.	O.K.
Crus de refinaria	O.K.	O.K.	O.K.
Dietileno glicol	O.K.	O.K.	O.K.
Etileno glicol	O.K.	O.K.	O.K.
Fluoreto de alumínio	não usar	não usar	não usar
Formaldeído 37%, 30°C = 30°C	não usar	O.K.	O.K.
Fosfato trisódico 10%	não usar	não usar	O.K.
Itálatos de dialila	O.K.	O.K.	O.K.
Itálatos de dibutila	O.K.	O.K.	O.K.
Gasolina	O.K. $\leq$ 30°C	O.K. $\leq$ 30°C	O.K.
Glicerina	O.K.	O.K.	O.K.
Hidróxido de amônio, 10%	não usar	O.K. $\leq$ 30°C	O.K. $\leq$ 70°C
Hidróxido de amônio, 18%	não usar	não usar	O.K. $\leq$ 60°C
Hidróxido de bário, 10%	não usar	não usar	O.K. $\leq$ 60°C
Hidróxido de cálcio, 20%	não usar	não usar	O.K. $\leq$ 60°C
Hidróxido de potássio, 10%	não usar	não usar	O.K.
Hipoclorito de sódio, 10%	não usar	não usar	O.K. $\leq$ 60°C
Hidróxido de sódio, 10%	não usar	não usar	O.K. $\leq$ 70°C
Líquido curtidor ao cromo (ácido)	O.K.	O.K.	O.K.
Líquido papel Kraft	não usar	O.K.	O.K.
Líquido papel sulfite	não usar	O.K.	O.K.
Nafta	O.K.	O.K.	O.K.
Nitrito de amônia, 47%	não usar	O.K.	O.K.
Nitrito cúprico e cuproso	O.K.	O.K.	O.K.
Nitrito férreo e ferroso	O.K.	O.K.	O.K.
Nitrito de magnésio	O.K.	O.K.	O.K.
Nitrito de níquel	O.K.	O.K.	O.K.
Nitrito de sódio	O.K.	O.K.	O.K.
Nitrito de zinco	O.K.	O.K.	O.K.
Nitrito de sódio	O.K. $\leq$ 30°C	O.K.	O.K.
Óleo de linhaça	O.K.	O.K.	O.K.
Óleo de soja	O.K.	O.K.	O.K.
Óleo pesado tipo Bunker	O.K.	O.K.	O.K.

Óleo de Tunge	O. K.	O. K.	O. K.
Pentaclorofenol, 6%	não usar	O. K.	não usar
Persulfato de amônio	O. K.	O. K.	O. K.
Potássio (Clorito, Cianeto, Nitrato, Persulfato, Sulfato)	O. K.	O. K.	O. K.
Propileno glicol	O. K.	O. K.	O. K.
Querosene	O. K.	O. K.	O. K.
Salmoura saturada	O. K.	O. K.	O. K.
Solvesso 150	O. K.	O. K.	não usar
Sulfato de alumínio	O. K.	O. K.	O. K.
Sulfato de crômio	O. K.	O. K.	O. K.
Sulfato cúprico e cuproso	O. K.	O. K.	O. K.
Sulfato férrico e ferroso	O. K.	O. K.	O. K.
Sulfato de magnésio	O. K.	O. K.	O. K.
Sulfato de níquel	O. K.	O. K.	O. K.
Sulfato de sódio	O. K.	O. K.	O. K.
Sulfato de zinco	O. K.	O. K.	O. K.
Sulfeto de bário	não usar	não usar	O. K. $\leq$ 70°C

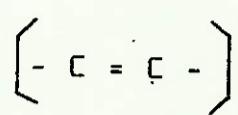
Explicação: O. K. = serve para serviço contínuo até 50°C  
 O. K.  $\leq$  30°C = serve para serviço contínuo abaixo de 30°C  
 não usar = não serve para este fim

Tabela III - Resistência química das resinas poliéster para vários ambientes.

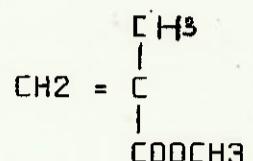
### 3.2-Resina éster vinílica

Esta resina é obtida do bisfenol A, distinguindo-se porém da resina poliéster bisfenólica por possuir apenas dois grupos éster nas extremidades da sua cadeia molecular, onde também se situam os dois únicos pontos reativos da molécula.

As resinas éster vinílicas, assim chamadas por possuirem o grupo éster adjacentes ao grupo vinílico, são obtidas da reação de resina epoxi com ácido metacrílico. Exibem excepcional resistência ao ataque químico em ambientes alcalinos e ácidos, sendo também dotado de grande alongamento na ruptura.



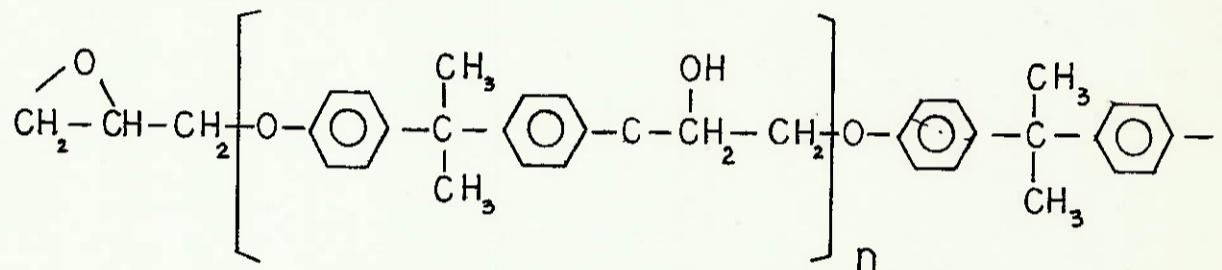
grupo vinílico



ácido metacrílico

### 3.3-Resina epoxi

As resinas epoxi são dotadas de excelentes propriedades mecânicas, estabilidade dimensional e resistência química. São obtidas da reação entre o bisfenol A com epichloridrina. São mais caras e de processamento mais difícil que as resinas poliéster.



Estrutura da resina epoxi

### 4-Os plásticos reforçados com fibra de vidro (PRFV)

Uma vez que analisamos individualmente a fibra de vidro e a resina plástica, vamos combiná-los e analisar a mistura, ou seja, o plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV).

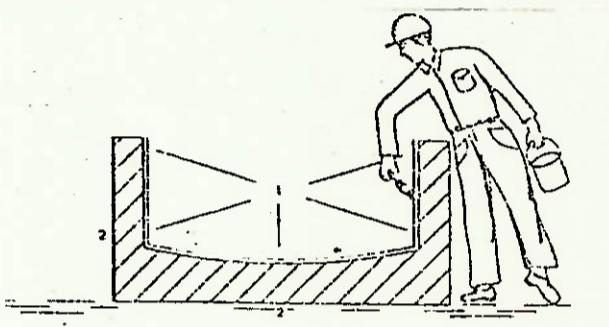
#### 4.1-Descrição dos processos de moldagem

Existem numerosos processo de moldagem sendo que muitos deles são aperfeiçoamento de outros. Vamos analisar alguns, aqueles considerados os mais representativos.

#### A-Processo\_Manual

Este é o processo de lamação mais simples, consistindo em combinarmos manualmente a resina poliéster insaturada com as fibras de vidro (tipos manta, tecido ou fio cortado) sobre o molde, assentando em seguida as fibras e removendo as bolhas de ar com pincel e rolete, como mostra a figura 7. Uma reação química iniciada na resina por meio de agentes especiais de cura (catalisador e acelerador) provocam seu endurecimento dando origem a uma peça moldada rígida onde a resina desempenha a função de substrato e a fibra de vidro a de reforço. A lamação fibra mais resina é prosseguida até atingirmos a espessura final desejada, sendo que em cada lamação a espessura máxima não deve ultrapassar 3.5 mm sob o risco, caso contrário, de danificar o molde e a peça (esperar pela cura assim que atingir a espessura máxima).

A superfície da peça moldada em contato com o molde pode apresentar bom acabamento (liso e brilhante) se antes da lamação recobrirmos a superfície do molde com uma camada de "gel-coal" (resina específica para superfície). Porém a outra superfície não em contato com o molde apresentará áspera, mal acabada e com o desenho das fibras. Se desejado, esta superfície pode ter seu acabamento melhorado pela aplicação de um filme de celofane antes da cura da resina ou pela lamação de uma camada de tecido de vidro fino.



MOLDAGEM POR CONTATO

FIGURA 7 - Processo manual

#### B-Processo\_a\_Pistola

Por este processo o fio contínuo de fibra de vidro ("roving") é automaticamente cortado por uma faca circular e atirado sobre o molde simultaneamente com a resina, catalisador e acelerador por meio de um equipamento de pulverização, como na figura 8. A resina pode ser combinada com os agentes de cura em uma única ou em duas pistolas de pulverização cujos jatos se interceptam. O assentamento

das fibras no molde faz-se com um rolete de mão, removendo as bolhas de ar, compactando as fibras e alisando a superfície. A peça é então curada à temperatura ambiente, podendo utilizar-se de estufas para diminuir o tempo de secagem. Várias passagens da pistola são necessárias para que se atinja a espessura desejada. Como é bem acabada (idem ao processo manual). Por este processo não encontramos limitações quanto ao tamanho das peças moldadas e por ser mais mecanizada que a lamação manual, apresenta menor incidência da mão-de-obra no custo final da peça.

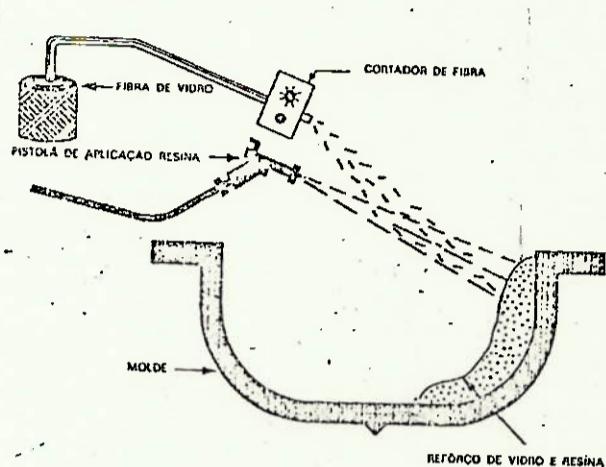


FIGURA 8 - Processo à pistola

#### C-Premix

Por este processo fabrica-se inicialmente uma massa em forma de tiras, bastões, ou blocos já contendo a fibra de vidro, enchimento, catalisador e outros aditivos. Esta massa, na forma e quantidade certa é colocada no molde de prensagem e a prensa fechada. A temperatura de 120 - 160 °C, durante alguns minutos dá-se a fluidização momentânea da massa com o consequente enchimento do molde, seguido da polimerização e endurecimento final da peça (figura 9).

A indústria elétrica, automobilística e de utensílios domésticos aumentaram nos últimos anos este tipo de moldagem e as razões são baixo custo do material, alta resistência térmica e mecânica, formação de peças com superfícies de fácil processamento posterior. Este método está hoje substituindo todos os outros, desde que o tamanho da peça e a produção em larga escala compense os seus custos.

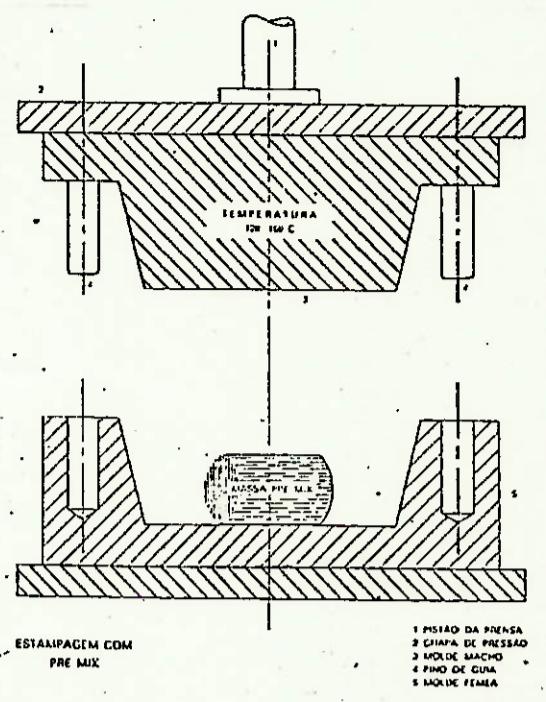


Figura 9 - Processo Premix

#### D-Enrolamento de fibra de vidro

O processo por enrolamento de fibra de vidro conhecido por "filament winding" permite orientarmos as fibras de modo a resistir esforços localizados.

Neste processo as fibras de fio contínuas (roving) formam um feixe de fios paralelos que são continuamente passados num banho de resina ativada e enrolados sobre um molde cilíndrico rotatório (mandril), dispondo-se sobre o mesmo com uma hélice de passo controlável, como mostra a figura 10.

Existem equipamentos nos quais as fibras são enroladas secas, sendo a resina aplicada posteriormente a pistola ou por gravidade, como num chuveiro. Independentemente da ordem de aplicação da resina o ângulo de enrolamento (passo da hélice) pode ser controlado pela conjugação do movimento de translação da cabeça alimentadora do roving com a velocidade de rotação do mandril.

Este processo é utilizado na fabricação de tubos e tanques de armazenamento. Chamamos atenção pelo fato de que este processo é utilizado somente na fabricação das camadas estruturais do laminado sendo que as camadas iniciais de barreira química, que contém resina e fibra picada, são de construção obrigatória antes que qualquer fio seja enrolado.

#### E-Molde macho e fêmea

Por este processo pode-se obter duas superfícies (frente e verso) lisas e perfeitas, o que não era possível nas moldagens anteriores. Este é um método de produção em

massa, utilizando manta, tecido ou massa pré-preparada em combinação com a resina. Os moldes metálicos dão forma e curam a peça sob pressão de 7 - 21 kg/cm<sup>2</sup> a 100 - 150 °C. Dependendo do tamanho e formato da peça o ciclo de cura pode variar de 1 a 5 minutos. Também é possível o uso de moldes de resina epoxi desde que o número de peças a serem fabricadas não seja demasiadamente grande. É um processo caro na aquisição das máquinas e na confecção de moldes, valendo-se de sua utilização somente na fabricação contínua de numerosas peças.

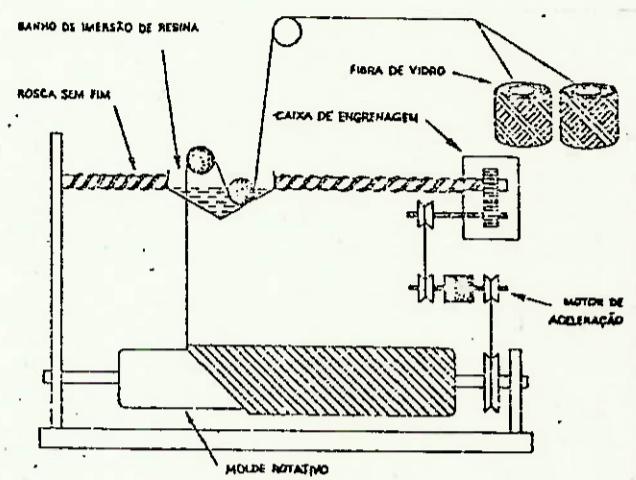


Figura 10 - Processo por enrolamento de fio

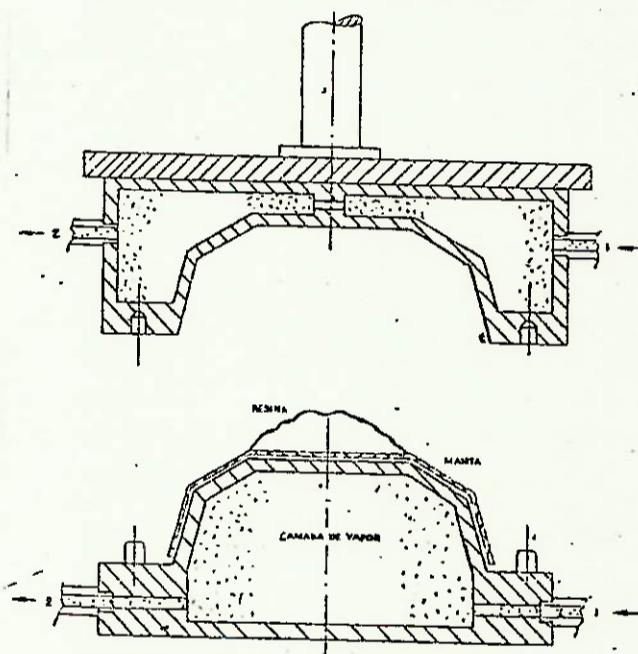


Figura 11 - Processo com molde macho e fêmea

#### 4.2-Propriedades\_mecânicas\_e\_elásticas\_do\_PRFV

As propriedades mecânicas e elásticas do PRFV dependem não apenas do teor de material fibroso mas também do seu arranjo dentro da estrutura. Assim sendo, para um mesmo teor de vidro, as estruturas fabricadas com fio contínuos apresentam propriedades mecânicas, na direção das fibras, muito superiores àquelas exibidas pelas estruturas construídas a partir de fios picados dispostos aleatoriamente dentro da matriz plástica. É de se notar também que as estruturas com fio picado apresentam as mesmas propriedades em qualquer direção no plano de sua lâmina enquanto que aquelas fabricadas com fio contínuo exibem propriedades diferentes conforme sejam comparadas na direção das fibras ou desviando-se das mesmas.

propriedade	res. polies.	manta ou roving	tecido mais fio picado	aço	alumi
% vidro	--	25 30 50	35 40	50	65 --
densidade	1.14	1.3 1.4	1.7 1.4	1.6	1.6 1.9 7.8 2.7
res. tração	0.4	0.8 0.85	22 1.1	1.4	2.5 3.5 2.1 1.4
compressão	1.2	1.4 ---	2.0 1.6	---	2.0 4.0 1.9 ---
res. flexão	1.6	1.7 1.9	3.0 2.2	2.4	3.0 6.0 2.1 1.4
mód. tração	26	60 70 120	80	100	180 250 2100 700
mód. flexão	35	46 60 130	74.2	90	150 250 2100 700

densidade em g/cm<sup>3</sup>; resist. tração, compressão, flexão e módulo de compressão e flexão são em \* 10<sup>3</sup> kg/cm<sup>2</sup>

Tabela IV - Propriedades mecânicas das fibras e materiais convencionais

Pela análise da tabela IV, comparando a fibra de vidro com o aço estrutural, os laminados com fibra picada (30% de vidro) apresentam:

resistência a tração : 2.5 vezes inferior  
resistência a flexão : 1.1 vezes inferior  
módulo de tração : 30 vezes inferior  
módulo de flexão : 35 vezes inferior  
densidade : 5.6 vezes inferior

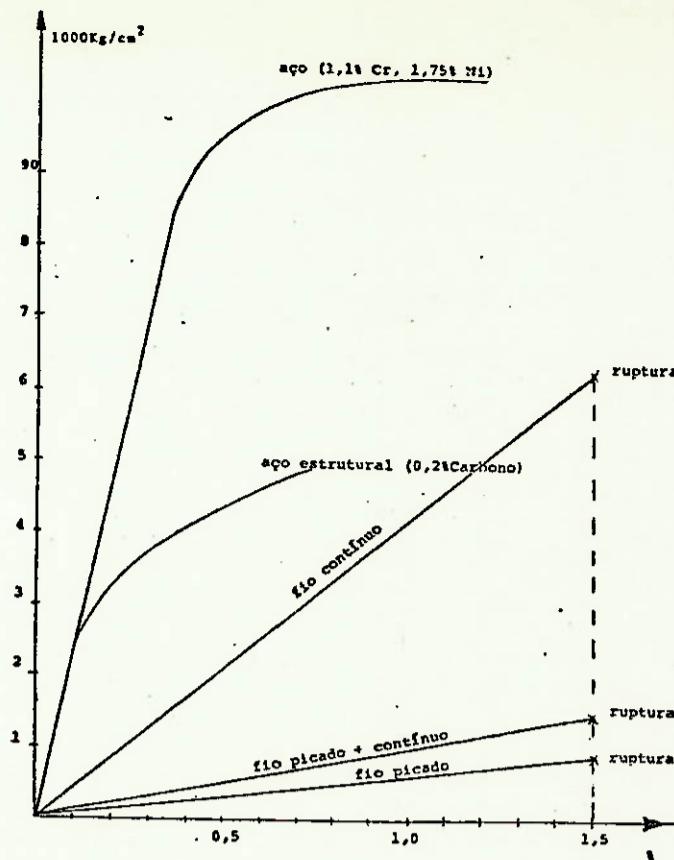


Fig. 12

Gráfico 1 - Curva tensão X deformação para aço e fibra

Pelo gráfico 1 podemos ver que os aços apresentam deformações proporcionais às tensões até certo ponto (0.4% para o aço Cr-Ni e 0.12% no aço estrutural) após o qual esta proporcionalidade não mais se verifica e passam a deformar plasticamente. Já o PRFV apresenta esta proporcionalidade até atingir 1.5%, a partir do qual ocorre a ruptura sem a ocorrência da deformação plástica. Vemos assim que o PRFV não é um material ductil porque não exibe deformações plásticas. Isto significa que nos equipamentos em fiberglass não é possível o alívio de tensões através de deformações plásticas. Deve-se sempre que possível evitar pontos de descontinuidade geométrica bem como quaisquer irregularidades que possam atuar como intensificadores de tensão, pois se porventura algum ponto ultrapassar 1.5% fatalmente ocorrerá trincas superficiais que poderão comprometer o equipamento.

Em ambientes corrosivos as propriedades mecânicas e elásticas são afetadas principalmente pela degradação química da resina e pelo ataque interfacial que tende a destruir a união química entre o vidro e a resina. Esta degradação processa-se a curto prazo, com a penetração das moléculas do ambiente agressivo dentro da estrutura. Observamos assim uma queda rápida das propriedades mecânicas no início e um nivelamento após ter atingido o equilíbrio dinâmico (saturação) entre a resina e o ambiente. Assim sendo, é possível em testes de curta duração, recomendar ou não um determinado tipo de resina para um ambiente. É importante que ocorra o nivelamento (estabilidade) das propriedades mecânicas com o passar do tempo, caso contrário não podemos confiar o material neste ambiente.

Atualmente está estabelecido que para um material ser recomendado num certo ambiente é necessário que o corpo de prova, em contato com o ambiente corrosivo, apresente uma retenção mínima de 50% das propriedades mecânicas após um ano de testes neste local.

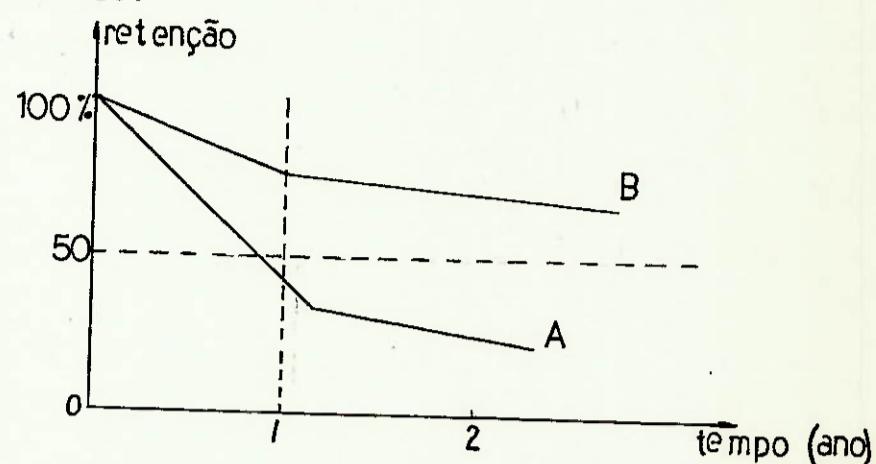


Gráfico 2 - Curva de retenção de propriedades mecânicas X tempo

Pelo gráfico 2 a resina não pode ser recomendada para o ambiente A porque não houve estabilidade na curva de retenção, ou seja, a estrutura tenderia a exibir deterioração progressiva até ocorrer a falha. Já o ambiente B permitiu um nivelamento acima de 50% e portanto podemos recomendar o emprego desta resina neste ambiente.

#### 5-Fatores que influem a polimerização

A polimerização da resina é influenciada por uma grande quantidade de substâncias químicas além de outras de natureza ambiental. Temos assim:

- temperatura ambiente mais elevada diminui o tempo de manuseio da resina,
- uma resina a temperatura mais elevada possui tempo de utilização mais curta,
- grandes quantidades de resina catalisada tendem a ter um tempo de utilização mais curto,
- materiais e moldes que dissipam calor prolongam o tempo de gelificação da resina,
- laminados espessos diminuem o tempo de gelificação,
- ambientes com alto teor de umidade prolongam a gelificação,
- a incorporação de cargas aumentam o tempo de manuseio e polimerização,
- a incidência direta de raios solares diminuem o tempo de manuseio,
- tipo e quantidade de catalisador, acelerador, corante, e outros produtos alteram o tempo de manuseio e polimerização.

### 5.1-Catalisador

Os catalisadores são substâncias químicas de alta reatividade que se decompõem facilmente, dando início à polimerização. Entre os catalisadores há uma grande variedade, entre os quais os peróxidos orgânicos, água oxigenada e peróxidos inorgânicos que se decompõem por si só, sob influência externa ou em conjunto outras substâncias químicas.

Os peróxidos caracterizam-se pela presença de uma ligação química de um átomo de oxigênio a outro, decompondo-se geralmente a temperatura acima de 60 °C, pois se a temperatura fosse menor seriam perigosos para o operador. Uma das medidas de estabilidade do peróxido é a temperatura em que metade deles se decompõem num certo tempo. Na tabela V temos os principais peróxidos comerciais utilizados com a resina poliéster.

tipo	estado físico	% normalmente utiliz.	nome comercial	temperat. 1/2 peróxido decompõe em 10 horas
per.benzoíla	pó granular	0.5-2.0	BPO	72 °
per.benzoíla	pasta bran.	1.0-3.0	BPO-pasta	72 °
per.metil etil cetona	líquido claro	0.5-2.0	MEKP	94 °
per.ciclo-hexanona	líquido claro	0.5-2.0	---	85 °

Tabela V - Principais peróxidos utilizados com a resina poliéster

A quantidade de peróxido adicionado determina em grande parte a velocidade de gelatização e polimerização da resina poliéster.

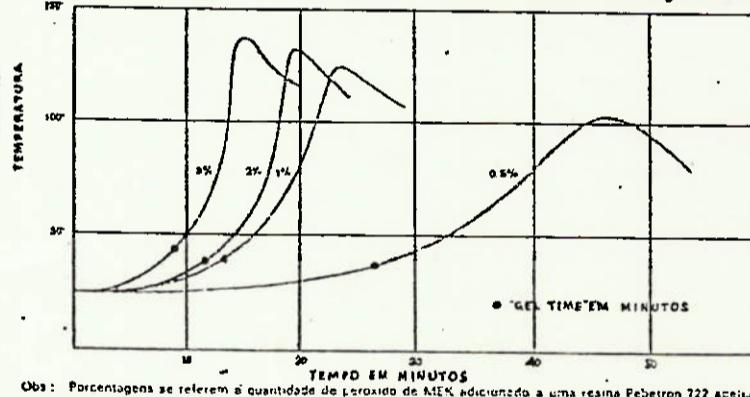


Gráfico 3 - Influência da quantidade de catalisador sobre a polimerização da resina

### 5.2-Acelerador

Os aceleradores são substâncias químicas que quando utilizadas em conjunto com os catalisadores tornam a cura da resina mais rápida. Normalmente adiciona-se primeiro o acelerador à resina e depois o catalisador, pois a mistura de resina poliéster com o acelerador pode ser guardada por bastante tempo, sem que nada aconteça. Por outro lado quando se quer trabalhar com peróxido sólido ou pastoso, dissolve-se primeiro o peróxido na resina pois a dissolução prévia da resina se já tivesse sido acelerada. Deve se ter o cuidado de não misturar diretamente o acelerador com o catalisador pois ocorrerá uma reação violenta, podendo inflamar ou explodir, pondo em risco o operador.

Os principais aceleradores e os respectivos catalisadores são dados a seguir.

- Naftenato e Octoato de cobalto : líquido grosso de cor vermelho escuro, usado normalmente 0.1 a 1.0 % com o catalisador MEKP, apresenta gelificação rápida a temperatura ambiente (acima de 20 °C) e evita que a superfície do laminado fique pegajoso em presença de ar.
- Naftenato de manganês : líquido xaroposo e castanho, usado de 0.1 a 1.0 % quando se quer curar a temperatura de 60 a 80 °C com o catalisador MEKP.
- Acelerador de vanádio : cor verde, usado 0.1 a 2.0 % quando se quer objetos de cor clara e cura a baixa temperatura porém os laminados ficam pegajosos. Utilizado com o catalisador MEKP.
- Dimetil anilina (DMA) e Dietil anilina (DEA) : líquido incolor levemente amarelado, usado 0.5 a 5.0 % com o catalisador BPO (peróxido de benzoila) quando se quer curas abaixo de 20 °C, onde o MEKP não funciona, sem requerer fonte externa de calor. Torna as peças amareladas ou alaranjadas.

Observação : não usar menos do que as quantidades mínimas pois não haverá cura completa, não usar mais do que a quantidade recomendada pois irá ocorrer uma cura inadequada.

### 5.3-Inibidor

Os inibidores são substâncias que garantem a estabilidade das resinas para extender a vida útil de armazenamento. A quantidade de inibidor presente na resina afeta o tempo de gelificação e a rapidez da polimerização. Quanto mais inibidor for adicionado mais tempo demora para iniciar a polimerização, mais tempo demora para completar a cura e a temperatura máxima atingida durante a polimerização é menor. Geralmente utilizam-se inibidores orgânicos (fenóis, quinonas, nitro-compostos e aminas) e são geralmente adicionados a resina pelo fabricante.

#### 5.4-Carga\_inerte

Há uma série de pós inertes que são usados em conjunto com a resina para reduzir o custo da mistura plástica além de conseguir outras propriedades mecânicas. Por outro lado requisitos desejáveis para uma boa carga são:

- baixo custo
- baixo peso específico
- estabilidade ao calor e químico
- fácil manuseio
- baixa absorção de água

A proporção que se mistura varia muito, sendo que a mais utilizada é uma parte de pó para uma parte de resina. Entre as cargas mais utilizadas temos:

- areia\_fina : aumenta a resistência a abrasão, melhora as propriedades dielétricas
- pó\_de\_alumínio : torna as peças condutoras e atua como retardante de chama
- carbonato\_de\_cálcio : aumenta dureza superficial e resistência térmica (não deve ser usado em ambiente ácido)
- talco\_e\_asbesto : proporciona rigidez e estabilidade a altas temperaturas
- silicato : resistência elétrica
- outros : calcita, dolomita, PRFV moido, caulim, mica

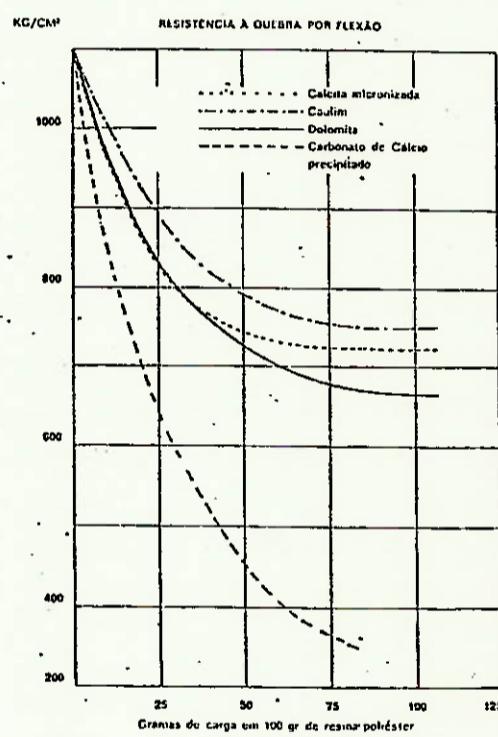


Gráfico 4 - Influência da carga inerte na resistência à quebra por flexão

### 5.5-Agente\_tixotrópica

São substâncias que quando adicionados a resina poliéster aumentam a sua viscosidade, não escorregando quando aplicadas em superfícies verticais. Pode-se aplicar camadas bem grossas nestas superfícies sem o perigo de que a resina escorra e não permaneça no lugar. É geralmente utilizada sílica coloidal, devendo ser incorporado através de uma dispersão bem intensa, com o uso de agitadores de alta velocidade para se desmancharem completamente na resina sem deixar grumos e aglomerados. Usa-se normalmente de 0.5 a 2.0 % deste produto com a resina poliéster.

### 5.6-Corante

Os PRFV podem ser moldados praticamente em qualquer coloração, sendo que os produtos mais utilizados são a anilina e os pigmentos. Para a escolha do corante é importante levarmos em consideração o uso final do laminado pois anilinas podem interferir com a reação de cura da resina, apresentar menor solidez a luz e resistência ao calor.

As anilinas são substâncias orgânicas solúveis na maioria dos solventes comuns, tais com álcool e água, e promovem a coloração do material pela sua dissolução na resina. Possuem alto poder de coloração, permitindo transparências ou alta intensidade de cor. Na sua utilização deve-se dispersá-los antes em solventes, não utilizando mais que 5.0 % destas pastas para não afetar as propriedades da resina.

Os pigmentos são substâncias insolúveis e são incorporados na mistura na forma de dispersão de partículas com pequenas dimensões, e quando desmanchados homogeneamente na resina, tingem a mesma com cor idêntica a do pigmento. Os pigmentos inorgânicos apresentam resistência a intempéries enquanto que o orgânico proporciona brilho, luminosidade e transparência do produto, o que não se consegue com os inorgânicos.

### 5.7-Absorvedor\_de\_raios\_ultra-violeta

Pecas em PRFV apresentam degradação superficial de descoloração, fragilidade e baixa resistência mecânica após uma longa exposição a raios ultra-violeta (radiação entre 4 e 400 nm). Estes efeitos podem ser eliminados ou minimizados incorporando absorvedores de raios ultra-violeta na resina ou pintando a superfície da peça pronta com tinta. O uso de absorvedores não representa alta eficiência a longo prazo, sendo que vários deles inibem a cura da resina. Os tipos que tem apresentado melhores resultados são CYASORB UV e TINUVIM 326 (CYBA-GEIGY), sendo estes incorporados na última camada em contato com a radiação a níveis de 0.1 a 0.3 %.

### 5.8-Diluentes

As resinas precisam muitas vezes ser diluidas antes de serem usadas pois apresentam-se viscosas. Os diluentes, além de tornarem as resinas mais fluidas devem polimerizar junto com a resina e formar um polímero homogêneo. A quantidade de diluente utilizada varia de alguns porcentos até um máximo de 35 % sobre a resina poliéster. O diluente mais comum e o mais barato é o monômero de estireno. Um outro diluente importante é o metacrilato de metila que tem a propriedade de aumentar a resistência da resina à luz solar e molhar melhor a fibra de vidro. Quando se mistura metacrilato de metila na resina, como o seu índice de refração é semelhante a da fibra, a peça fica mais transparente. Há ainda uma série de outros diluentes como o vinil, tolueno, metil estireno e acetato de vinila utilizados quando se desejam propriedades especiais.

### 5.9 -Desmoldante

O desmoldante é um agente de separação que auxilia a desmoldagem da peça do molde. Ele não influi diretamente na polimerização da resina, mas será útil nos próximos ítems.

Entre os desmoldantes cohecidos temos os siliconas, álcool polivinílico (PVA), ceras, celofane e filme de mylar. Na utilização de siliconas faz-se uma solução bem diluída (em geral 1 % em peso) de silicone com solvente, aplicando-o sobre o molde com pistola de pulverização. A evaporação do solvente deixa uma camada bem fina de silicone no molde, procedendo-se então a moldagem. Deve se tomar o cuidado de usar o tipo certo pois podem formar crateras durante a aplicação da resina. Em peças a serem pintadas posteriormente não se deve utilizar este desmoldante pois inibe a adesão da tinta na peça.

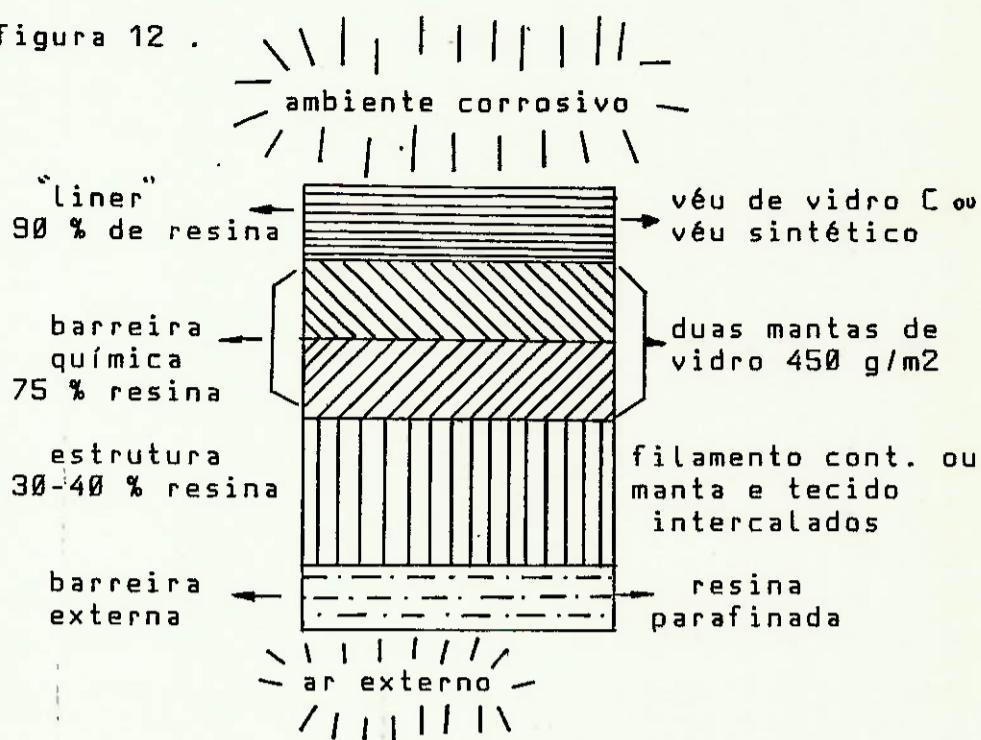
O álcool polivinílico, solução química dissolvida numa concentração de 2 a 5 %, pode ser aplicado a pistola, pincel ou rolo e difere do anterior por formar uma película adesiva de fácil remoção entre a peça e o molde. Este desmoldante, aplicado após um prévio polimento do molde, facilita ainda mais a desmoldagem.

As ceras são usadas quando se quer uma superfície brilhante e nas máquinas de moldagem sob pressão (produção contínua). O celofane e o filme de mylar são utilizados na moldagens de laminados como telhas e em máquinas de produção contínua.

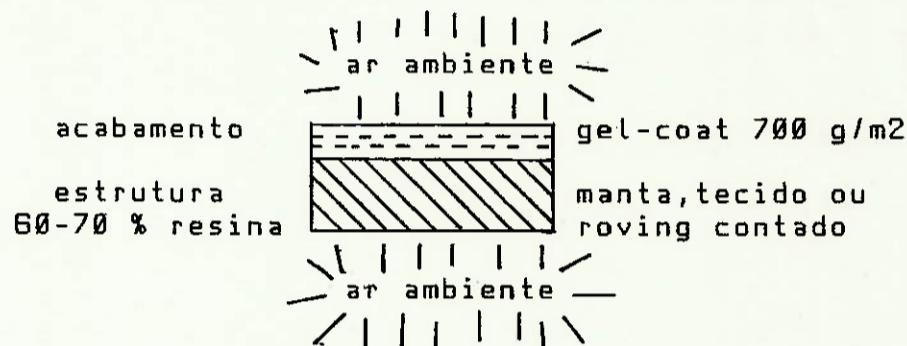
### 6-Considerações\_sobre\_a\_parede\_do\_Laminado

A composição da parede de uma equipamento sujeito a ambiente corrosivo difere do equipamento não sujeito a corrosão ou intempérie pois este último não necessita de proteção contra degradação superficial e contaminação. Sendo assim, existem basicamente dois tipos de parede, um para ambiente corrosivo e o outro para ambiente normal, como

mostra a figura 12 .



A - Parede do laminado para resistir corrosão



B - Parede da peça não sujeito a intempéries

Figura 12 - Tipos de parede

- liner : deve ser construído com uma camada rica em resina (90 % resina) empregando véu de superfície para suportar o ambiente corrosivo. A espessura mínima deve ser de 0.25 mm

- barreira química : como o "liner" não é perfeitamente impermeável, esta barreira química é recomendada para impedir penetração do agente agressivo na estrutura. É constituída com a manta, na espessura mínima de 2 mm.

- camada estrutural : esta camada deve garantir a rigidez da estrutura bem como suportar as solicitações internas e externas. O teor de vidro e resina varia conforme o uso, sendo que o cálculo da espessura será dada a seguir .

A espessura da camada estrutural pode ser obtida por um dos três métodos a seguir.

#### 6.1-Método comparativo

Este método pode ser aplicado para dimensionar uma estrutura quando é sabido a espessura da peça em outro material. Algumas condições que devem ser observados são:

- as peças devem ter geometria e carregamento semelhantes
- as peças devem trabalhar em ambientes semelhantes

Satisfeitas as condições acima e sabendo-se a espessura na qual determinada peça foi projetada, a tabela VI pode ser utilizada para calcular a espessura equivalente em PRFV através da seguinte relação.

$$t_a = t_b * \frac{I_a}{I_b}$$

ta = espessura desejada  
do PRFV (mm)  
tb = espessura da peça com  
material conhecido (mm)  
Ia = índice de espessura  
desejada  
Ib = índice espessura do  
material conhecido  
Ia e Ib são tabelados a  
seguir

material	% vi- dro	densi- tade	resist. flexão	resist. rigidez	resist. tração	resist. alonga.
manta/roving	25	1.3	1.00	1.00	1.00	1.00
rovinn tecido	50	1.6	0.70	0.74	0.30	0.35
tecido	45	1.5	0.68	0.78	0.43	0.41
alumínio	--	2.7	1.23	0.43	0.99	0.07
aço	--	6.6	0.80	0.30	0.43	0.02
aço inox	--	8.0	0.72	0.30	0.39	0.03
madeira comp.	--	0.6	3.02	0.79	0.67	* ND
poliestireno	--	1.1	1.13	1.18	1.50	1.75

\* ND = não disponível

Tabela VI - Índice de espessura

Alguns detalhes que devemos ter sempre em mente são:  
 -selecionar a propriedade mais crítica para comparação (flexão, rigidez, tração ou alongamento)  
 -selecionar o método de fabricação que parecer mais indicado para evitar tentativas repetitivas.

### 6.2-Método empírico

Por este método o cálculo da espessura é arbitrada em experiências passadas, sendo que a otimização é feita posteriormente, após a colocação da estrutura em uso. Este método consiste em "chutar" uma espessura inicial entre 2.5 a 3.0 mm e após utilizar a estrutura analizando os locais de maior solicitação incluir nervuras, reforços ou até mesmo aumentar a espessura, se necessário. Algumas espessuras típicas em aplicações corriqueiras são:

- paralama de automóvel : 3.8 - 5.1 mm
- carcaça protetora : 2.5 - 3.2 mm
- casco de barco (12 pés) : 3.8 - 4.4 mm
- telhas onduladas : 0.8 - 1.5 mm

O método empírico é útil para dimensionar estruturas complexas submetidas a um carregamento complexo. Estruturas submetidas a solicitações mecânicas de grande magnitude ou em contato com ambiente agressivo devem ser dimensionados pelo método teórico.

A tabela VII fornece dados que habilitam determinar a quantidade de fibra necessária para conseguir a espessura do laminado e o número de camadas para os processos manual e a pistola.

HAND LAY-UP																	
			Número de Camadas														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Manta 600 g/m <sup>2</sup>	A	1,72	3,47	5,41	7,11	8,81	10,51	12,21	13,89	15,59	17,29	18,99	20,70	22,40	24,07	25,80	
	B	1,47	2,94	4,44	6,01	7,59	9,16	10,74	12,31	13,86	15,46	17,04	18,61	20,19	21,76	23,34	
	C	1,21	2,41	3,47	4,92	6,37	7,82	9,27	10,74	12,14	13,63	15,08	16,53	18,00	19,43	20,87	
Roving Tecido 820 g/m <sup>2</sup>	A	0,96	1,93	2,92	3,96	5,00	5,84	7,11	8,15	9,22	10,26	11,30	12,36	13,41	14,45	15,49	
	B	0,91	1,80	2,76	3,73	4,69	5,66	6,65	7,62	8,58	9,55	10,51	11,48	12,44	13,41	14,37	
	C	0,78	1,57	2,64	3,53	4,39	5,28	6,17	7,06	7,95	8,83	9,72	10,61	11,50	12,39	13,28	
Tecido 340 g/m <sup>2</sup>	A	0,45	0,91	1,37	1,80	2,20	2,59	3,02	3,37	3,83	4,24	4,67	5,08	5,48	5,89	6,29	
	B	0,40	0,81	1,21	1,62	2,03	2,41	2,81	3,22	3,63	4,03	4,47	4,87	5,28	5,68	6,12	
	C	0,35	0,71	1,06	1,44	1,85	2,20	2,61	3,02	3,42	3,86	4,26	4,67	5,08	5,48	5,89	
FABMAT 2415	A	2,15	4,06	5,96	7,87	9,77	11,04	12,95	14,85	16,76	18,66	20,57	22,47	24,38	34,29	33,90	
	B	1,90	3,81	5,71	7,62	9,52	10,79	12,70	14,60	16,51	18,41	20,32	22,22	24,13	31,75	33,65	
	C	1,65	3,55	5,46	7,36	9,27	10,54	12,44	14,35	16,25	18,16	20,06	21,97	23,87	29,21	33,40	
SPRAY-UP																	
Deposição de vidro g/m <sup>2</sup>																	
Spray-up	616	1230	1850	2450	3100	3700	4300	4900	5550	6150	6800	7400	8000	8600	9250		
	A	1,72	3,47	5,41	7,11	8,81	10,51	12,21	13,89	15,59	17,29	19,00	20,70	22,40	24,10	26,94	
	B	1,47	2,94	4,44	6,01	7,59	9,16	10,74	12,31	13,86	15,46	17,04	18,61	20,19	21,77	23,34	
	C	1,21	1,90	3,47	4,92	6,37	7,82	9,27	10,74	12,14	13,64	15,09	16,54	18,01	19,43	20,87	

A — Média + Desvio Médio

B — Média

C — Média — Desvio Médio

NOTA: MANTAS DE PESOS DIFERENTES

TERÃO ESPESSURAS PROPORCIONAIS

Tabela VII - Número de camadas e espessura dos laminados

### 6.3-Método teórico

O método teórico é usado sempre que as cargas atuantes são conhecidas com exatidão. Os cálculos das tensões de tração, flexão bem como deformações, momentos fletores e tensões críticas de flambagem são efetuados com base na teoria da elasticidade da Resistência dos Materiais.

Até agora somente um tipo de fibra por vez tem sido considerado (ver propriedades físicas na tabela IV). É possível a combinação de tipos diferentes de reforços com o objetivo de melhorar as propriedades finais. A tabela VIII foi preparada mostrando algumas das propriedades obtidas pela combinação de manta, "roving" e tecido. Isto é válido somente para lamação manual desde que produtos tecidos não podem ser depositados à pistola. Entretanto se aplica também para um processo híbrido que consiste em aplicar o "roving" da pistola, em substituição à manta, em conjunto com os produtos tecido aplicados manualmente.

PROPRIEDADES FÍSICAS DE LAMINADOS FEITOS COM RESINA POLIESTER E DIVERSAS COMPOSIÇÕES DE FIBRA DE VIDRO

Lami-nado	Cama-das	Material	Espes-sura (mm)	% Vidro	Resis-tência à tração (kg/cm <sup>2</sup> )	Resis-tência à flexão (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo Elasti-cidade (kg/cm <sup>2</sup> )	Peso Vidro (g/m <sup>2</sup> )	Peso Resina (g/m <sup>2</sup> )	Peso Laminado (g)
1	2	Manta 600 g/m <sup>2</sup>	3,2	28,2	990	1650	64400	1230	3150	4380
2	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>	2,5	28,4	740	1300	62300	950	2400	3350
3	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>								
	2	Manta 450 g/m <sup>2</sup>	2,8	32,0	970	1550	77000	1260	2700	3960
4	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>	3,3	30,1	1050	1500	66500	1570	3630	5200
5	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>	4,6	32,0	930	1300	64400	2200	4770	6970
6	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>	3,1	24,9	640	2600	103000	1140	3450	4590
	2	Manta 450 g/m <sup>2</sup>								
	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>	4,6	22,6	740	2000	84000	1600	5480	7080
8	1	Manta 450 g/m <sup>2</sup>	3	39,2	2100	3000	111000	4315	6770	11085
9	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>								
	1	Roving Tecido 820 g/m <sup>2</sup>	2,3	42,5	1300	2000	54600	1540	2060	3600
10	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>								
	1	Manta 450 g/m <sup>2</sup>	3,2	38,3	1200	1600	87500	1660	2650	4310
11	2	Roving Tecido 820 g/m <sup>2</sup>	2,0	52,7	2730	3150	130000	1540	1390	2930
12	1	Roving Tecido 820 g/m <sup>2</sup>								
	1	Manta 450 g/m <sup>2</sup>	2,5	53,2	2000	3200	154000	2150	1910	4060
13	1	Manta 600 g/m <sup>2</sup>								
	1	Roving Tecido 820 g/m <sup>2</sup>	3,2	36,0	805	1600	51100	1820	3230	5050
14	1	Manta 450 g/m <sup>2</sup>								
	2	Roving Tecido 820 g/m <sup>2</sup>	2,5	47,0	1550	2950	133000	2150	2430	4580
15	1	Manta 450 g/m <sup>2</sup>								
	1	Roving Tecido 820 g/m <sup>2</sup>	2,5	47,9	1750	2200	78000	2100	2310	4410
	1	Manta 450 g/m <sup>2</sup>								
	1	Tecido 342 g/m <sup>2</sup>								

Tabela VIII - Propriedades físicas das estruturas sanduíche

Sempre que os projetos forem feitos em função das cargas coeficientes de segurança devem ser considerados baseados em:

- precisão na previsão de cargas e análise de tensões
- ambiente de uso e risco a pessoas e equipamentos
- natureza do carregamento

Para os PRFV os diversos coeficientes de segurança considerados são:

- carga estática de curta duração ..... 2
- carga estática de longa duração ..... 4
- carga cíclica ..... 5
- carga de impacto ..... 10
- fadiga ou reversão de carga ..... 5

Estes coeficientes de segurança são maiores que aqueles utilizados para metais pois as estruturas em PRFV dependem da habilidade do operador e as propriedades mecânicas resultantes variam amplamente em torno dos valores médios.

#### 7-Particularidades sobre o molde

A construção de um molde de qualidade é o primeiro passo para se moldar uma peça. É muito importante que tenha boas características pois um molde inferior pode resultar em bastante reugo. Para se evitar ou reduzir custos com operações após a laminação, algumas considerações com o molde devem ser observados.

- superfície texturizado deve ser incorporado no molde
- pontos de furação para fixação de ferragens deve ser marcados no molde
- evitar moldar superfícies planas flexíveis
- os raios de curvaturas nos cantos das peças devem ser considerados os maiores possíveis, compatíveis com a função estética da peça. Raios inferiores a 6 mm devem ser evitados
- todos os detalhes de projeto devem ser reproduzidos no molde, não esquecendo de conferir as dimensões cuidadosamente
- não esquecer o ângulo de saída mínimo no molde (2º)
- o acabamento do modelo (original do molde) deve ser tão bom quanto desejado para a peça a ser moldada
- é aconselhável a incorporação de arestas metálicas embutidas no flange acompanhando todo o percurso do molde, para permitir a operação de rebarbação e desmoldagem da peça sem danos ao molde
- para peça de difícil desmontagem projetar moldes com bico adequado para injetar ar comprimido ou água, facilitando a separação peça-molde
- a estrutura do molde deve garantir rigidez e manuseabilidade bem como as dimensões críticas da peça
- os moldes de dimensões maiores devem ser apoiados ou suportados por estruturas rígidas para facilitar a movimentação durante o processo de moldagem

A escolha do material do molde depende de vários fatores, por exemplo, do número de peças a serem produzidas, método de moldagem, espessura da peça a ser feita, tipo de acabamento. Para a fabricação de poucas peças, usa-se geralmente moldes de madeira, gesso ou cimento. Para uma centena até aproximadamente mil peças, recomenda-se moldes de PRFV. Acima deste número usam-se molde de epoxi. Aproximadamente 95% dos moldes usados para processos manual e a pistola são feitos de plástico reforçado.

#### A-Moldes\_de\_madeira

Moldes de madeira deveriam ser considerados só como modelos, dos quais serão feitos os moldes de poliéster ou outro plástico. Se não forem tomadas precauções com o desmoldante estes moldes desgastarão logo. Somente madeiras compactas e livre de poros na superfície devem ser usadas. As madeiras devem estar bem secas porque a umidade influí no processo de endurecimento da resina. Devem ter as superfícies bem lixadas e polidas a fim de evitar depressões e defeitos ocasionais. Madeiras com muitos poros podem ser pintadas ou revestidas com produtos que agem como tapa-poros (por exemplo: massa plástica).

#### B-Moldes\_de\_gesso\_e\_cimento

Quando se emprega um destes materiais deve-se tomar as mesmas precauções aplicadas à madeira no que diz respeito à porosidade, acabamento superficial e umidade. Ao usar moldes de gesso deve-se impregnar a superfície a ser laminada com verniz, encerando-o depois com cera comum. Antes de usá-los aplicar desmoldantes.

#### C-Moldes\_de\_plástico

Para a confecção de moldes em plástico utilizam-se os seguintes produtos:

- resina epoxi, fenólica, poliéster
- borracha de silicone
- cloreto de polivinila (PVC)

Neste último deve-se considerar os plastificantes empregados, pois muitas vezes são passíveis de dissolução pelas resinas poliéster da lamação, o que pode ocasionar dificuldades. Os tipos de resina mencionados acima podem ser reforçados com fibra de vidro ou outros materiais de enchimento para dar rigidez ao molde. As resinas poliéster não servem para confeccionar moldes de peças espessas, pois na lamação destas, a reação exotérmica libera grande quantidade de calor e devida a instabilidade térmica do molde teríamos uma distorção do mesmo. Havendo uma reação semelhante nos moldes de epoxi, podemos limitar o seu efeito utilizando um endurecedor resistente ao calor, sem problemas posteriores na fabricação de peças de poliéster.

## D-Moldes\_de\_metais

Pode-se usar moldes de quaisquer metal com exceção do cobre e do latão porque eles prejudicam quimicamente o endurecimento das resinas. Nos moldes de metais deve-se prestar atenção na sua capacidade de absorver calor pois estes podem retardar a polimerização da resina.

## 8-Processo\_de\_moldagem

O processo de fabricação de peças em PRFV pelos processos manual e a pistola consiste em várias etapas, iniciando-se com o polimento do molde para receber a resina até a rebarbação e desmoldagem, quando a peça fica pronta para o reparo, lixamento e pintura final.

A sequência e a descrição das etapas de fabricação para os dois processos são dados a seguir.

### 8.1-Preparação do molde

A adequada preparação do molde é fundamental para que posteriormente possamos separar a peça do molde facilmente sem danificarmos ambas as partes. A primeira operação consiste em aplicarmos no molde várias camadas de cera desmoldante (pode o mesmo usado para encerar carros) com estopa, polindo após cada aplicação. Uma vez polida a superfície não deve ser tocada por ferramentas, operadores, panos e estopas contaminadas com acetona ou estireno. Os moldes não utilizados devem ser protegidos contra contaminação acidental.

Para moldes de primeira desmoldagem é recomendado aplicarmos a cera e polirmos cerca de 4 a 5 vezes pois a desmoldagem é mais difícil. Para moldes com várias desmoldagens 2 a 3 polimentos é suficiente. Utilizando-se ceras com silicone (melhor qualidade porém mais caras) o número de polimentos pode ser reduzido a metade. Após os polimentos, passar o desmoldante nas direções horizontal e vertical (geralmente o álcool PVA) com esponja, deixando-o secar por evaporação natural (tomar cuidado com as arestas, cantos e região de difícil acesso). É necessário capricharmos no polimento, retirando totalmente a cera, pois a cera residual pode formar crateras ou bolhas na película do desmoldante, anulando a sua função.

### 8.2-Aplicação do "gel-coat"

O "gel-coat" é uma resina poliéster (pigmentado ou não, própria para superfície) que proporciona impermeabilidade, proteção contra intempéries e um bom acabamento superficial na peça. Por ser um líquido grosso e viscoso é geralmente diluído com estireno.

Para conseguirmos a polimerização é necessário acrescentarmos aceleradores e catalisadores (nesta ordem), na proporção de 0.5 % do acelerador de cobalto e 1 % do

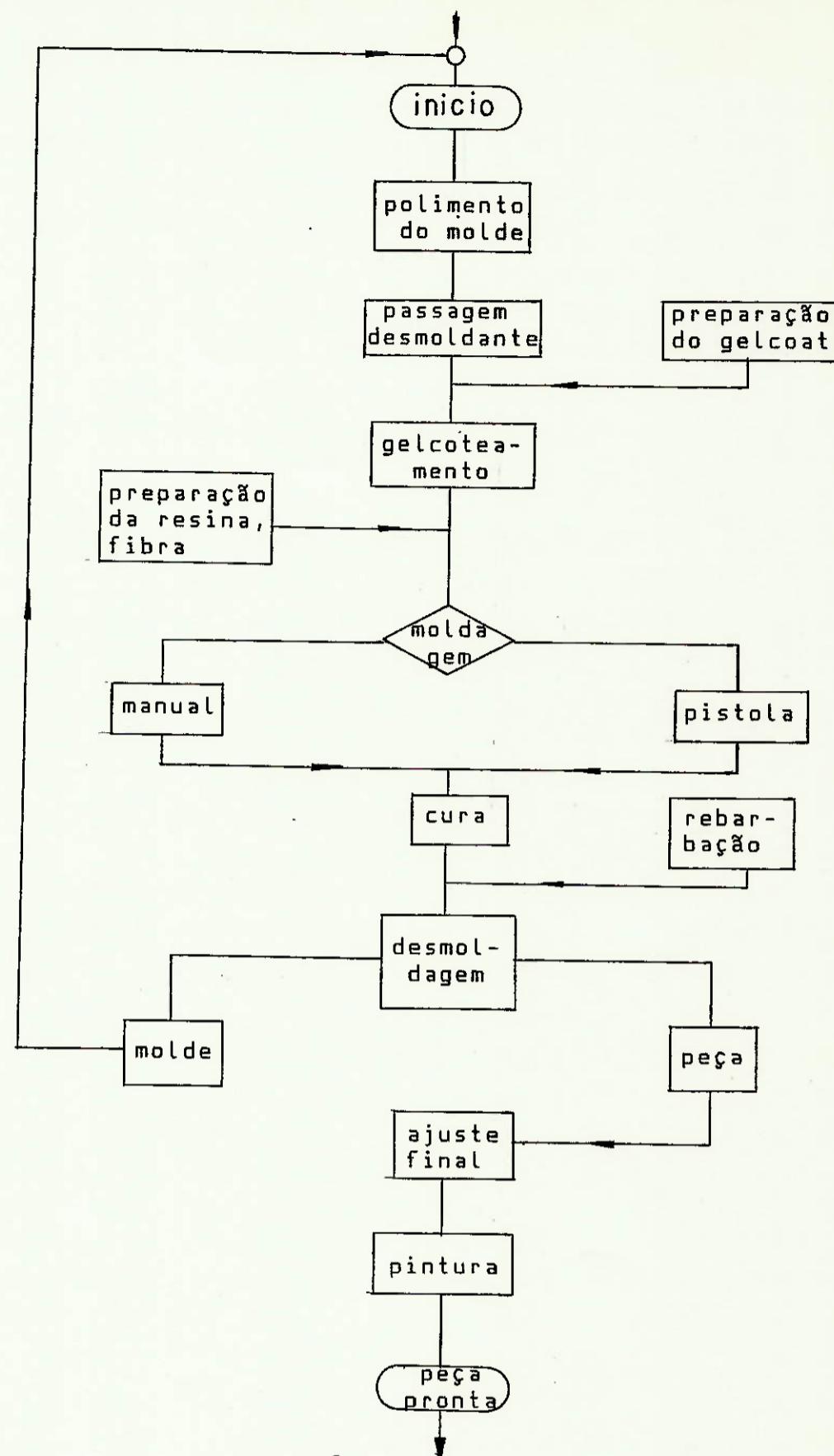


Figura 13 - Sequência de moldagem pelos processos manual e à pistola

catalisador MEKP . Para a cura mais rápida podemos adicionar no máximo 1 % do acelerador e 2% do catalisador (a cura em temperatura ambiente deverá ser feita acima de 20 oC caso contrário utilizar estufas a temperatura máxima de 50 oC) .

O "gel-coat" pode ser aplicado sobre a superfície do molde com pincel ou pistola , onde este último proporciona uniformidade e melhor controle da espessura (da ordem de 0.3 a 0.5 mm). Para começarmos a lamination o "gel-coat" deverá estar curado mas ainda um pouco pegajoso , o suficiente para não manchar o dedo quando é passado sobre a superfície . É recomendado esta superfície pegajosa para permitir uma boa aderência entre o "gel-coat" e o laminado subsequente .

#### 8.3-Moldagem

A moldagem ou lamination consiste em aplicarmos sucessivas camadas de fibra de vidro "molhada" na resina poliéster . Como a operação é praticamente a mesma para os processos manual e à pistola , diferenciando apenas na forma como a resina e a fibra são depositados sobre o molde , trateremos junto neste ítem .

No processo manual espalhamos primeiro uma camada de resina e depois colocamos as fibras de modo que a resina molhe as fibras de baixo paracima , empurrando o ar para fora ao invés de cima para baixo , empurrando o ar para dentro .

No processo à pistola ajustamos inicialmente a velocidade de deposição da pistola ( 4 a 5 kg de laminado por minuto) e o picotador para cortar o "roving" em comprimentos de 25 a 35 mm .Uma vez calibrada iniciamos a pulverização espalhando uniformemente a mistura sobre o molde , conferindo regularmente a espessura do laminado ( o"roving" de 450 g/m<sup>2</sup> forma aproximadamente 1 mm de espessura enquanto que o de 600 g/m<sup>2</sup> forma 1.5 mm).

Após cada lamination devemos passar o rolete ou pincel (para cantos e locais de difícil acesso) para assentar as fibras e tirar as bolhas de ar , pois estas comprometem as propriedades mecânicas e a resistência a corrosão . Podemos minimizar a formação de bolhas evitando uma mistura violenta do catalisador , direcionando o rolete da área central para as extremidades da peça e aplicando o rolete sem excesso de pressão (pois poderá subdividir as bolhas e dificultar a remoção) . O excesso de resina deve ser retirado invés de deixá-lo em poças .

#### 8.4-A\_cura\_da\_peça

A cura da peça pode ser feita a temperatura ambiente ou em estufas , dependendo da urgência da peça . Em todo caso a peça deve estar suficientemente rígida para reter a forma original e não distorcer ou empenar após sua remoção do

molde. A cura da resina pode ser avaliada antes da desmoldagem observando que :

- a superfície da peça não deve ser pegajosa quando tocada
- mudança na cor do laminado, do estado úmido (escuro) para o curado (mais claro)
- perda do calor de reação

Muitas vezes a pós cura (aquecimento a altas temperaturas) é necessária para peças a serem expostas a ambientes agressivos. Esta pós cura deve ser feita com ar quente e seco numa das seguintes temperaturas :

- \* 70 °C ..... durante 16 a 20 horas
- \* 80 °C ..... durante 4 a 8 horas
- \* 95 °C ..... durante 2 a 4 horas

#### 8.5-Rebarbação

Para economizarmos tempo, as rebarbas podem ser cortadas com facas enquanto a resina estiver no estado gel, antes da cura final com a peça ainda no molde. Alguns cortes de amostragem podem ser efetuados a intervalos curtos para determinarmos a hora certa da rebarbação. O corte de rebarbas pode ser feita de várias maneiras, dependendo do tamanho, forma e espessura da peça a ser acabada (uso de facas, serra tico-tico, disco abrasivo).

Após a separação, uma rápida lixada proporcionará a dimensão desejada.

#### 8.6-Desmoldagem

A remoção da peça do molde deve ser feita cuidadosamente, repetindo o tempo mínimo de cura bem como o resfriamento da peça, polimerizadas em estufas. Às vezes é conveniente a incorporação de alças para içamento, que servem de ponto de "pega" na peça para facilitar a desmoldagem. Outro recurso muito usado consiste na inserção de cunhas flexíveis (plástico ou madeira) entre o molde e a peça. Neste caso as bordas devem ser reforçadas para que não se quebrem.

Se a peça não se desmoldar, pode-se martelar a peça ou o molde com martelo de borracha (tomar cuidado para não trincar o "gel-coat"); resfriar a peça com gelo ou CO<sub>2</sub> fazendo-o encolher ou aplicar ar comprimido ou água entre o molde e a peça.

#### 8.7-Ajuste\_final

As peças prontas devem ser minuciosamente examinadas, sendo que as boas podem ser diretamente utilizadas ou lixadas para receberem pintura. As peças que apresentarem defeitos como espaços vazios, arranhões e rachaduras podem ser facilmente consertadas, empregando a resina e pigmento

do laminado orginal. Sujeira, cera, óleo e desmoldante devem ser removidos com lixa e após a retirada do pó, completar a imperfeição com resina até um nível pouco superior ao normal (pode-se utilizar massa plástica para peças a serem pintadas posteriormente). Esperar a cura e lixando a região ao nível correto, obtemos a superfície desejada (terminar com lixa fina).

As costas do laminado podem ser reforçados com a adição de camadas de fibra e resina.

#### 9- Pintura em PRFV

Basicamente a pintura em PRFV apresenta a função de proteger a superfície contra a ação do ambiente, raios solares e melhorar a aparência do laminado. As técnicas usualmente empregadas para superfícies metálicas podem ser aproveitadas para PRFV sem modificações, sendo que o principal cuidado reside na adequada preparação da superfície para receber a tinta, pois solventes residuais (acetona, thinner, aguarrás) e cera desmoldante diminuem a aderência da tinta no substrato, formando bolhas e crateras (tomar cuidado também com a contaminação do ambiente e da tinta por óleo, umidade e partículas sólidas em suspensão).

Uma vez reparada as irregularidades e preparada a superfície, a pintura segue sem problemas. Uma sequência de pintura é dada a seguir.

- 1- desmoldagem/estoque
  - 2- limpeza com detergente alcalino e água (remoção da cera e PVA)
  - 3- correção de defeitos grosseiros com massa plástica, seguido de lixamento
  - 4- lixamento geral com lixa #320 para eliminação de ondulações superficiais
  - 5- limpeza do pó de lixamento
  - 6- aplicar primer termofixo (melhorar aderência)
  - 7- correção de eventuais defeitos superficiais (porosidade) com massa rápida (para pequenos defeitos) ou massa sintética (defeito maior), seguido de lixamento, limpeza do pó e aplicação local de primer. Repetir até a total eliminação da porosidade
  - 8- se for desejado um bom acabamento, aplicar segunda camada de primer ou surfacer (para cobrir os riscos da lixa)
  - 9- aplicar fundo selador sobre o primer para protegê-lo contra ataque dos solventes contidos nas lacas
  - 10- aplicação de camadas de tinta, laca ou esmalte quantos forem necessárias (em geral até 3 aplicações)
  - 11- polimento
- nota 1: para cada aplicação de primer, fundo selador, tinta, massa plástica, etc, esperar pela evaporação dos solventes (secagem) antes de prosseguir a etapa seguinte
- nota 2: para a cura em estufa, após a aplicação das camadas de acabamento, esperar pelo menos 5 minutos pela evaporação dos solventes a temperatura ambiente, pré-aquecer a peça a temperatura de 60°C por 10 minutos e para a cura

final, aquecer à temperatura de 150 °C por 20 a 30 minutos para completa liberação dos solventes.

#### 10-Estimativas do custo de fabricação

Estimar os custos de fabricação é o mesmo que prever os gastos atribuídos à produção, nele inserindo os gastos com a matéria prima, mão de obra direta e indireta, impostos, aluguel, energia e outros. A identificação dos custos, associados aos processos de laminagem, é feita normalmente como se faz para qualquer outro processo industrial. Uma vez determinado o processo que satisfaz as exigências do projeto, pode-se identificar uma sequência lógica dos fatores de custo.

Os custos são divididos em diretos e indiretos. Os custos diretos, conforme definição clássica, são aqueles diretamente apropriados a cada produto, enquanto que os indiretos (seguro, depreciação, frete, despesa administrativa) são rateados pelos vários produtos proporcionalmente a um critério pré-estabelecido.

Neste trabalho analisaremos apenas os custos diretos e consideraremos pertencentes a este grupo os seguintes itens:

##### -material direto :

- \* matéria prima :resina, fibra de vidro, MEKP, acelerador de cobalto, "gel-coat"
- \* materiais auxiliares :desmoldante, cera, estopa, lixa, rolete, pincéis, lixas

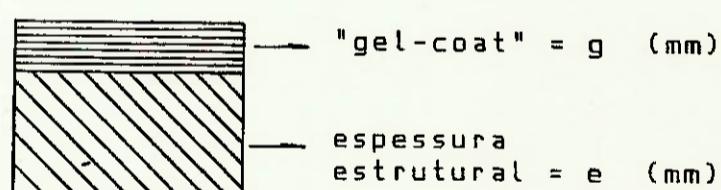
##### -molde :

- \* modelo
- \* casca do molde
- \* estruturação do molde

##### -mão de obra direta

Nota : nesta análise não consideraremos a pintura apesar deste contribuir no custo direto com matéria prima (laca, primer, massa plástica), material auxiliar e principalmente com a mão de obra.

Neste estudo analisaremos a moldagem de um laminado utilizado num ambiente normal (sem contato com ambiente corrosivo), com a seguinte configuração da parede :



Na parte relativa a espessura estrutural (e) consideraremos densidade de 1.4 g/cm<sup>2</sup> e a seguinte composição por peso :

resina .....	68.5 %
fibra de vidro .....	30.0 %
catalisador .....	1.0 %
acelerador cobalto .....	0.5 %

A espessura do "gel-coat" é arbitrada em "g" mm, o que corresponde a "G" gramas de "gel-coat" por metro quadrado de superfície da peça .

#### A-Custo de materiais diretos

O custo da matérias primas considerando laminado estrutural de densidade 1.4 g/m<sup>2</sup>, espessura "e", área superficial "A" e "G" g/m<sup>2</sup> de "gel-coat" será :

$$\begin{aligned} \text{resina} &= (0.685) * (\text{Re}) * (1.4) * (e) * (A) \\ \text{roving} &= (0.300) * (\text{Ro}) * (1.4) * (e) * (A) \\ \text{MEKP} &= (0.010) * (\text{Cat}) * (1.4) * (e) * (A) \\ \text{acelerador} &= (0.005) * (\text{Co}) * (1.4) * (e) * (A) \\ \text{gel} &= (G) * (\text{Gel}) * (A) \end{aligned}$$

Onde Re, Ro, Cat, Co e Gel referem-se aos preços da resina, "roving", catalisador MEKP, acelerador cobalto e "gel-coat" em Cz\$/kg .

Os custos das matérias primas devem ser multiplicadas por um fator de perdas (fp) que leva em consideração as perdas de materiais nas rebarbas . O fator de perdas pode ser considerado igual a :

$$(fp) = 1 + 0.07 * P / A$$

onde P = perímetro rebarbado (m)  
A = área da peça (m<sup>2</sup>)

Este fator de perdas pressupõe faixa de rebarbação com 70 mm de largura ao longo de todo o perímetro rebarbado .

Os custos de materiais auxiliares podem ser apropriados a cada produto como uma fração do custo das matérias primas. Assim sendo, o custo de materiais diretos (CMD) passa a ser:

$$\begin{aligned} (\text{CMD}) = & \left[ (0.685) * (\text{Re}) + (0.30) * (\text{Ro}) + (0.01) * (\text{Cat}) + \right. \\ & \left. (0.05) * (\text{Co}) \right] * \left[ (1.4) * (e) * (A) (1.1 + 0.07 * P / A) \right] + \\ & (0.40) * (\text{Gel}) * (A) * (1 + 0.07 P / A) \end{aligned}$$

#### B-Custo do molde

O custo do molde deve ser distribuído pelo número total de peças nele produzidas . O número máximo possível de peças

moldadas por molde varia com a complexidade da peça, exotermia na reação de cura, qualidade dos materiais utilizados na construção do molde, desmoldagem, manutenção e outros. Para os moldes de plástico consideremos que são possíveis obter 400 peças por molde, para efeito de estimativa de custo. É possível obter moldes com mais de 1500 desmoldagens desde que tenhamos muito cuidado na conservação do molde.

O custo do molde pode ser decomposto em 3 partes:

-Custo do modelo (CM) : inclui o custo da carpintaria (energia, manutenção, madeira, mão de obra, cola etc) mais os custos de acabamento (masseamento, pintura, lixamento, polimento).

O custo do molde, construído em madeira, pode ser estimado em 6 vezes o custo de cada peça.

-Custo da casca do molde (CC) : a casca do molde deve ser laminada com "gel-coat" isoftálico adequado (0.8 g/m<sup>2</sup>), resina isoftálica e manta de fibra de vidro. A espessura da casca não deve ser inferior a 6 mm. É comum considerar o custo da casca do molde igual a 6 vezes o custo de cada peça.

-Custo da estrutura do molde (CE) : inclui o custo das eventuais nervuras usadas para enrijecimento da casca do molde, bem como o custo da estrutura metálica tubular e rodas para facilitar o manuseio, inclinação e movimentação do molde. Seu custo pode ser estimado como sendo igual ao custo de 3 peças.

O custo total do molde pode ser estimado, portanto, como sendo igual a 15 vezes o custo de cada peça.

Se cada peça for usado 400 vezes, a incidência do custo do molde, por peça, será de aproximadamente :

$$\frac{15}{400} * 100 = 3.75 \% = 4 \% \text{ do custo de cada peça}$$

#### C-Mão de obra direta

O custo de mão de obra direta é muito difícil de ser estimado para os processos de laminação manual e à pistola, isto porque se deve a natureza artesanal desses processos.

Consideraremos mão de obra direta aquela envolvida nas seguintes fases de processo :

- enceramento e preparação do molde
- gelcoteamento
- laminação
- desmoldagem e rebarbação
- inspeção
- reparos

Nota: a mão de obra requerida para construção do molde é considerada em separado.

A quantidade de mão de obra varia muito com o grau de complexidade da peça. Algumas recomendações para produtividade média são dadas a seguir.

-peças muito simples ..... 6.0 kg/homem \* hora  
-peças simples ..... 4.0 kg/homem \* hora  
-peças complexas ..... 2.5 kg/homem \* hora  
-peças muito complexas ..... 1.5 kg/homem \* hora

Conhecido o peso da peça e seu grau de complexidade, é fácil estimar a quantidade de homem \* horas diretos requeridos para laminação.

O custo do homem \* hora é estimado dividindo o total de salários diretos pagos por mês pelo número de homem \* hora efetivamente trabalhados.

$$\frac{(1.8) * (\text{salários diretos})}{H * h} = \frac{-----}{N * 180}$$

onde :

salários diretos = total pago a mão de obra direta  
H \* h = custo do homem \* hora  
1.8 = fator para incluir benefícios sociais  
180 = número de horas trabalhadas por mês

Portanto o custo da mão de obra será :

$$(\text{CMOD}) = H * h * (\text{número homens}) * (\text{horas trabalhadas})$$

O custo total direto será a soma das parcelas (CTD) .

$$\text{CTD} = \text{CMD} + \text{CMOL} + \text{CMOD}$$

CAPÍTULO II

FEARICACÃO DO CARROCERIA DO "BUGGY"  
EM FIBRA DE VIDRO

## 1-Introdução

Para se moldar peças em PRFV é necessário, antes de mais nada, um estudo de viabilidades considerando os tipos de processos, materiais, equipamentos e outros recursos necessários para a sua produção, para que ao final possamos comparar o investimento neste com outros materiais e tirar a relação custo/benefício mais favorável à empresa.

Nesta parte iremos analisar a fabricação de uma peça automotiva em fibra de vidro, mais especificamente a carroceria do "buggy", pois neste setor (aliás como em todas as áreas ligadas a transportes) o PRFV encontra-se em plena ascensão, substituindo cada vez mais as chapas de aço na fabricação de peças estruturais dos veículos. Como exemplo de aplicação do PRFV neste setor temos:

- capô, painel, paralamas e acessórios para carros de passeio
- capotas e cabines para pick-ups
- frente de ônibus moldada em peça única
- carrocerias para carros esportivos

Uma das vantagens de se utilizar o PRFV nestas indústrias é que para atender as mais diversas situações o PRFV permite a moldagem de peças complexas (ou não) com menos ferramenta e equipamento por utilizar somente um molde para a fabricação da peça toda, enquanto que na moldagem de chapas de aço seriam necessários vários moldes e máquinas, incorrendo num investimento maior.

Para a análise da fabricação da peça acompanharemos basicamente a sequência de ítems do capítulo anterior para que ao final possamos produzir e estimar os custos diretos de fabricação da carroceria. Como este trata basicamente do processo de fabricação não entraremos em detalhes quanto a forma física e dimensionamento estrutural da carroceria.

## 2-A carroceria do "buggy"

O "buggy" conhecido como um carro de lazer, apresenta traços esportivos e agressivos, destinado a um público jovem que gosta de liberdade e emoção no campo, praia e até mesmo na cidade. Sem se preocupar com o lado estético, aerodinâmico, conforto, consumo, desempenho e até mesmo com a segurança, este carro de simples concepção apresenta também uma carroceria simples, fruto do seu objetivo que é proporcionar aventura e diversão.

A carroceria como um todo é um conjunto de peças moldadas separadamente, montadas segundo uma sequência lógica para dar o formato desejado (ver desenhos da carroceria no anexo A).

Apesar da simplicidade da forma vamos considerar que 100 peças são fabricadas ao mês pelo processo manual.

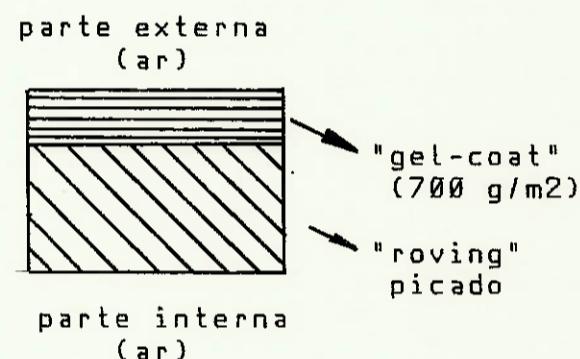
### 3-Seleção do material

O material utilizado para o reforço da resina poliéster será a fibra de vidro tipo "E" por ser facilmente encontrado comercialmente. Usaremos genericamente o "roving" (30 % em peso do laminado) para a moldagem das peças por apresentar boa dispersão, bom assentamento das fibras no molde e rápida penetração da resina nas fibras, além de serem facilmente conformadas e também a manta, com fios cortados em comprimentos de 35 mm, para as junções entre as peças.

A resina a ser utilizada poderá ser a mais simples, sem a necessidade de tratamento especial, pois carrocerias não ficam expostas em ambiente corrosivo e nem sujeitas a esforços mecânicos bruscos (com exceção de batidas, sempre existirá vibração, tração e torção quando o carro estiver em movimento, mas o mais importante é que a fibra garanta a rigidez da estrutura). Assim sendo, utilizaremos a resina poliéster ortoftálica catalisada e acelerada por MEKP acelerador de cobalto para se processar a cura a temperatura ambiente. Não acrescentaremos cargas inertes pois não necessitamos realçar nenhuma propriedade em especial. Corantes, resina parafinada e absorvedores de raios ultravioleta não serão necessários pois as peças receberão pintura posteriormente.

### 4-Considerações sobre o laminado

Como foi dito acima, uma vez que a peça não fica em contato com ambiente corrosivo, utilizaremos o seguinte laminado:



Vamos calcular a espessura do laminado com base nos métodos comparativo e empírico.

#### A-Método comparativo

Considerando que uma carroceria pode ser construída em chapas de aço de 1 mm, para igual rigidez em PRFV, a espessura da peça usando "roving" será:

$$\begin{aligned}
 \text{onde : } t_a &= \text{espessura desejado em PRFV} \\
 t_b &= \text{espessura chapa} \\
 t_a &= t_b * I_a \\
 &\quad \vdots \\
 I_b &= \text{índice de espessura} = 1.0 \\
 I_b &= 0.30
 \end{aligned}$$

Resolvendo, encontramos que  $t_a = 3.0$  mm de espessura em PRFV terá a mesma rigidez de uma chapa de aço de 1.0 mm.

#### B-Método empírico

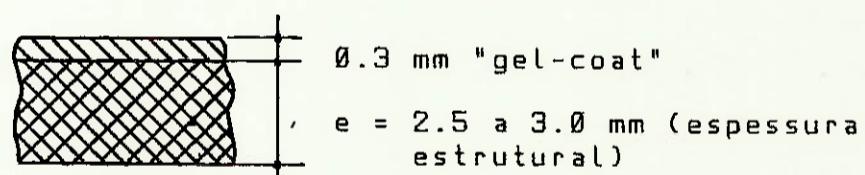
Sabendo-se que a espessura da parede do laminado depende da quantidade (g/m<sup>2</sup>) e teor (por peso) de fibra de vidro na resina, de experiências passadas temos que paralamas de automóveis apresentam aproximadamente 1300 g/m<sup>2</sup> num laminado com 30 % de vidro. O resultado será uma espessura aproximada de 4.0 mm, podendo ser laminado em 2 ou 3 vezes (tabela VII).

Comparando as duas espessuras podemos considerar que seja de 3.5 a 4.0 mm (para 2 laminações) porque no processo manual com reforço em "roving" não temos um controle rígido na espessura pois as fibras são espalhadas aleatoriamente sobre o molde, podendo ocorrer que uma região receba mais fibra que a outra (apesar do controle da espessura com um medidor não podemos averiguar toda a estrutura pois perderíamos muito tempo).

Por outro lado considerando que a carroceria é uma estrutura irregular podemos notar que existem regiões mais solicitadas e outras menos, portanto podem estar sujeitas a espessuras diferentes. Devido a essa imprecisão quantitativa e de localização, podemos adotar, para efeito de testes, uma espessura inicial entre 2.5 a 3.0 mm, que será posteriormente corrigida nos locais que apresentarem falhas com reforços, nervuras ou até mesmo com a aumentando a espessura do laminado.

Considerando o que foi exposto adotaremos neste trabalho espessuras de 2.5 a 3.0 mm pois utilizando-se a espessura calculada estaremos super-dimensionando a estrutura, pois nem todas as partes necessitam de uma rigidez como a que foi calculada. A estrutura que procuramos precisa ser leve, barato e rígida somente nos pontos críticos.

Observando o laminado final, teremos a seguinte configuração :



A espessura de 0.3 mm ao "gel-coat" é arbitrária (400 g/m<sup>2</sup>) , não sendo necessário uma camada mais espessa pois é somente para proporcionar uma peça acabada com superfície lisa e não para resistir ambientes corrosivos .

#### 5-O\_molde

O molde deve ser projetado de tal forma que represente todos os detalhes desejados além de proporcionar facilidade e rigidez na desmontagem . Pode ser do tipo macho (molde interno - laminação externa) ou fêmea (molde externo - laminação interna) dependendo do lado em que se deseja a superfície lisa do laminado . Para a construção do molde é necessário um modelo (em geral de madeira) repetindo todos os detalhes já citados , construído a partir de desenhos ou peças adaptadas .

Para a carroceria consideraremos moldes de PRFV com espessura aproximada de 10 mm (2 a 3 vezes a espessura do laminado) sendo que os moldes maiores devem apresentar reforços com barra de ferro para evitar empenamento quando na polimerização da resina.

Para facilitar a desmoldagem peça-molde , algumas partes do molde apresentarão encaixes parafusados de tal forma que possa ser desmoldado quando o laminado interno estiver pronto (ver desenho dos moldes no anexo a) .

#### 6-Fabricação\_da\_carroceria

Todos os componentes da carroceria serão fabricados pelo processo manual , seguindo as seguintes etapas :

- preparação do molde
- aplicação do "gel-coat" (2 camadas)
- laminação (2 camadas)
- cura da peça
- reberbação
- desmoldagem
- ajuste final

Uma vez iniciada uma etapa deve-se extendê-la a todos os moldes para não desperdiçar tempo e material . Antes das etapas de gelcoteamento e laminação pesar a resina , fibra , catalisador e acelerador para que depois da moldagem obtenhamos a espessura correta das peças ( de 2.5 a 3.0 mm). Ajustar o tempo de polimerização do "gel-coat" e da resina de tal forma que seja suficiente para manusear todo o material sem que estes se polimerizem dentro do reservatório (não preparar grande quantidade de uma vez mas o suficiente para manusear uma peça por vez) .

Para a desmoldagem de peças grandes assegurar pelo menos duas horas de polimerização . Peças pequenas que apresentam cura mais rápida podem adiantar o serviço passando às etapas seguintes , inclusive montando-as nas peças maiores quando necessário .

Após o ajuste final das peças montá-las a outras utilizando manta e resina poliéster para as junções (como num laminado normal) . Esperar a cura e estocá-las a temperatura ambiente pelo menos por uma semana para evaporar e reduzir a porcentagem do estireno residual das peças (em geral , após a lamination , 4 a 5 % em peso do "gel-coat" é formada pelo estireno residual) , pois o estireno atua como plastificante , reduzindo a dureza superficial e eventualmente afetando a qualidade da pintura . pode-se reduzir o tempo de pós-cura para algumas horas utilizando estufas a 155 a 160 °C , resultando num teor de estireno inferior a 0.1 % .

Neste processo , apesar de não necessitar nenhum equipamento especial , os utilizados são :

- furadeira com cabeçote adaptado (faca cicular) para picotar o "roving" em comprimentos de 35 mm
- rolete de alumínio ou plástico
- medidor de espessura , pincéis e outros materiais auxiliares

#### 7-Estimativas do custo de fabricação

Para estimar os custo de fabricação da carroceria vamos inicialmente obter dados relativos a materiais e a peça .

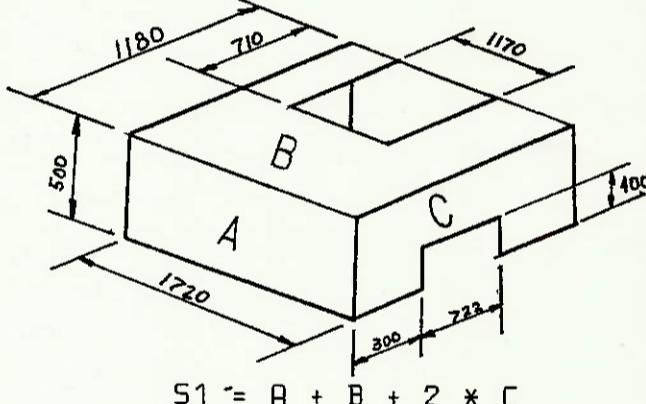
##### A-Preço dos materiais (cz\$/kg)

- resina poliéster ..... Re = 245.00
- roving ..... Ro = 252.00
- catalisador MEKP ..... Cat = 365.00
- acelerador cobalto ..... Co = 291.92
- "gel-coat" ..... Gel = 287.00

##### B-Dados da peça

- espessura estrutural..... e = 3.0 mm
- espessura do "gel-coat"..... g = 0.3 mm
- área total.....  $S_t = \sum_{i=1}^n A_i$
- perímetro total.....  $P_t = \sum_{i=1}^n P_i$
- peso total.....  $P_{et} = \sum_{i=1}^n P_{ei}$

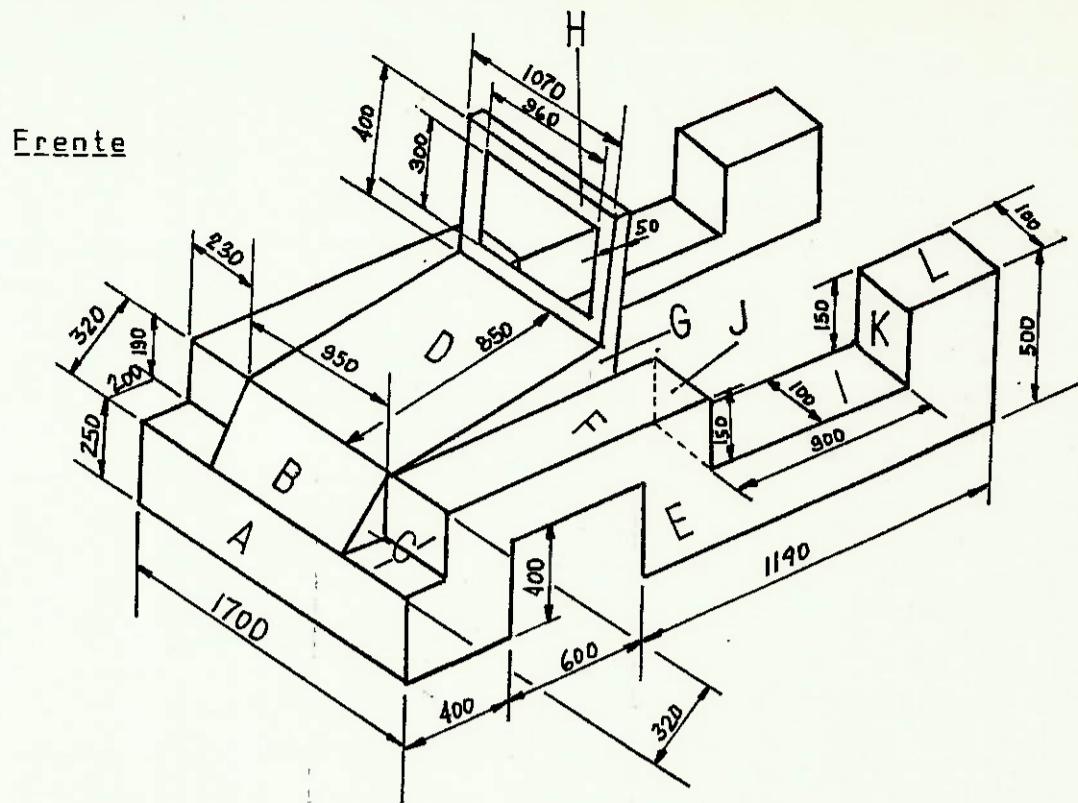
Traseira



$$S_1 = A + B + 2 * C$$

$$S_1 = 2.66 \text{ m}^2$$

$$P_1 = 9.82 \text{ m}^2$$

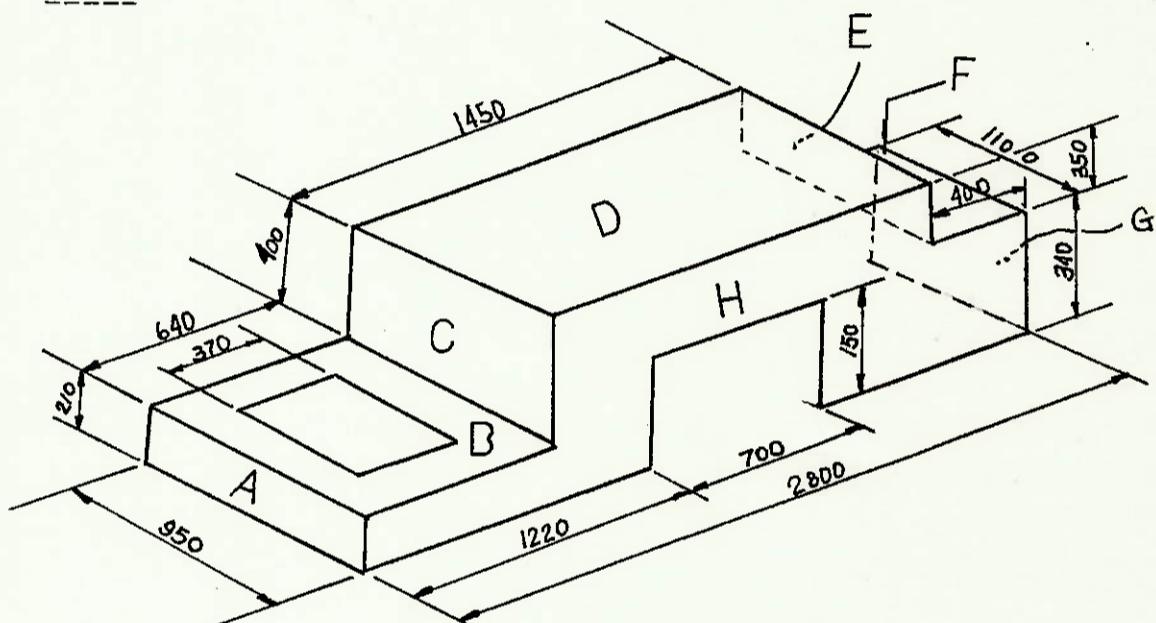


$$S_2 = A + B + D + H + 2 * ( C + E + F + G + I + J + K + L )$$

$$S_2 = 4.36 \text{ m}^2$$

$$P_2 = 13.45 \text{ m}$$

Fundo



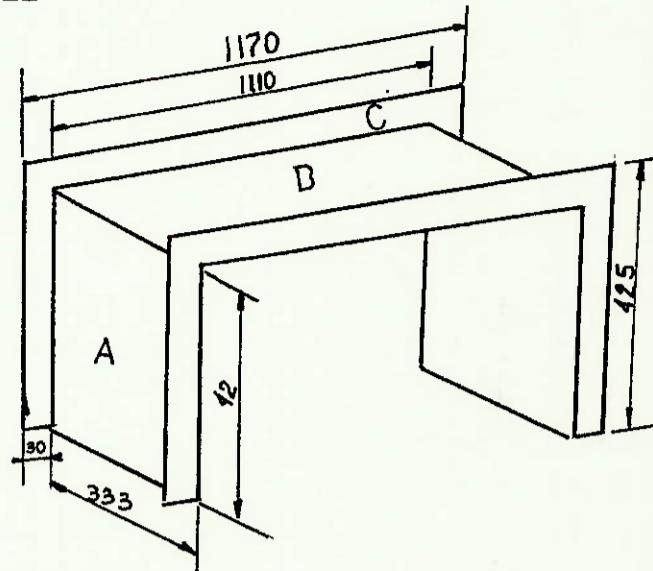
$$S_3 = A + B + C + D + E + F + G + 2 * H$$

$$S_3 = 6.26 \text{ m}^2$$

$$P_3 = 10.37 \text{ m}$$

"Santantônio"

a - interno

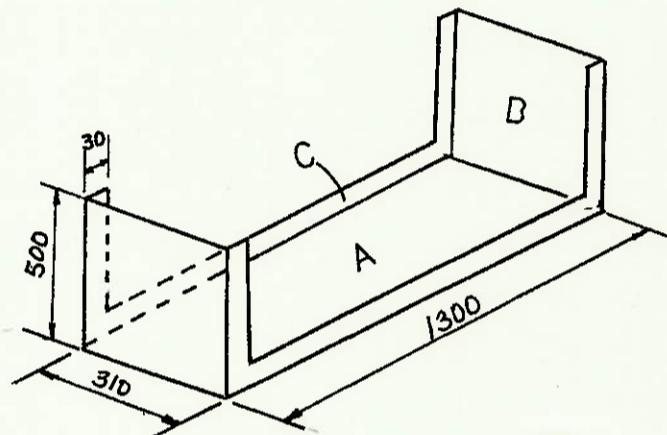


$$S4 = 2 * A + B + 2 * C$$

$$S4 = 0.75 \text{ m}^2$$

$$P4 = 4.82 \text{ m}$$

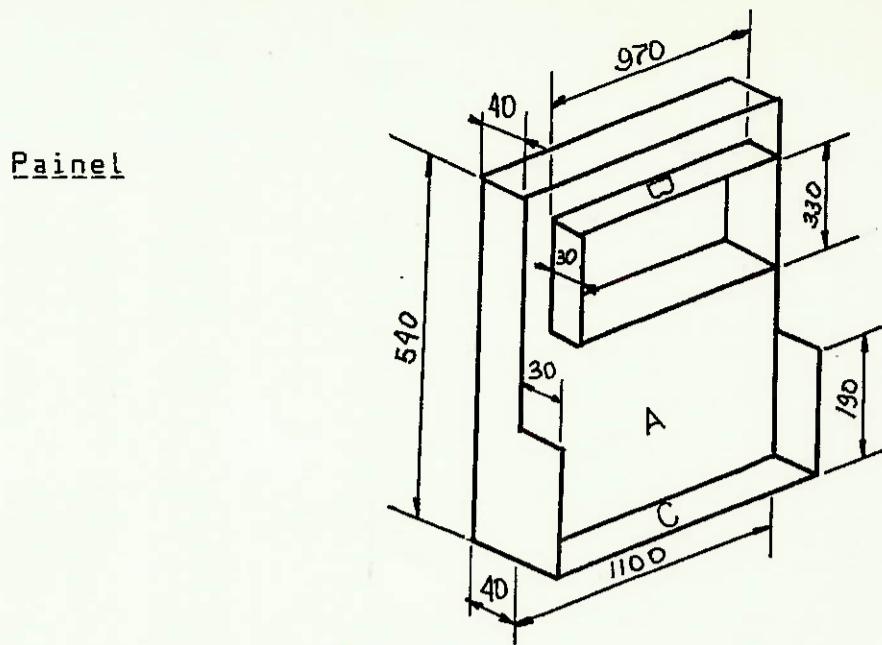
b - externo



$$S5 = A + 2 * B + 2 * C$$

$$S5 = 0.85 \text{ m}^2$$

$$P5 = 5.10 \text{ m}$$

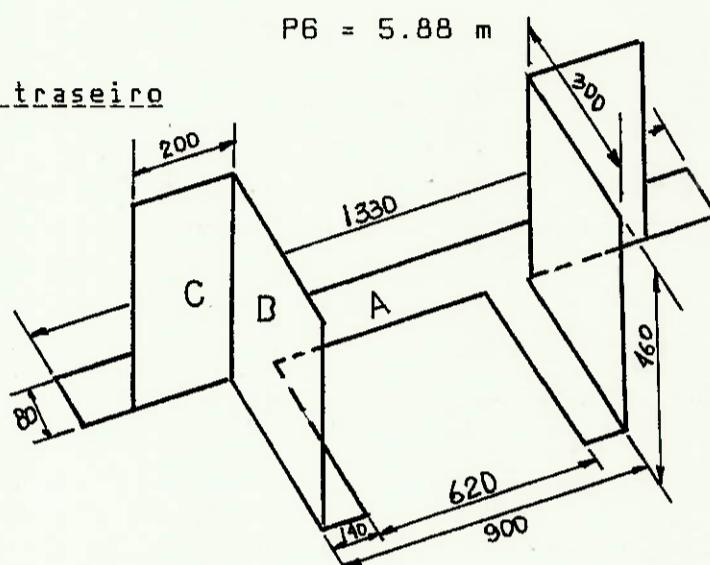


$$S6 = A + B + C$$

$$S6 = 0.40 \text{ m}^2$$

$$P6 = 5.88 \text{ m}$$

Parabarro traseiro



$$S7 = A + 2 * ( B + C )$$

$$S7 = 0.42 \text{ m}^2$$

$$P7 = 6.27 \text{ m}$$

A área total será :  $A_t = S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7$

$$A_t = 15.7 \text{ m}^2$$

O perímetro será :  $P_t = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7$

$$- P_t = 55.7 \text{ m}$$

O peso total será :  $P_{et} = 15.7 * 1.4 * 3 + 15.7 * 0.4 = 72.22 \text{ kg}$

#### C-Custo\_material\_direto

$$\begin{aligned} \text{CMD} = & ( 0.685*245.00 + 0.3*252.20 + 0.01*365.00 + \\ & 0.005*291.20 ) * ( 1.4*3.0*15.7 ) * \\ & ( 1.1 + 0.07*55.7/15.7 ) + \\ & ( 0.4*287*15.7 ) * ( 1 + 0.07*55.7/15.7 ) \end{aligned}$$

$$\text{CMD} = 25520 \text{ Cz$ / peça}$$

#### D-Custo\_do\_molde

Considerando que 100 peças devam ser produzidas em 30 dias (1 mês), para uma produção média de 2 peças por dia por molde, o número de moldes (n) deverá ser :

$$n = \frac{100}{2 * 30} = 2 \text{ moldes}$$

Se cada molde tem um custo igual ao custo de 15 peças, a incidência do molde no custo final será :

$$\text{CMOL} = \frac{2 * 15 * (\text{custo peça})}{100} = 0.3 * (\text{custo peça})$$

#### E-Mão\_de\_obra

A peça em questão pode ser considerada simples, estimando-se que a produtividade média da mão de obra direta seja de 3.0 kg / homem \* hora.

A quantidade de homem \* hora direta para a produção da peça será :

$$\frac{722.22 \text{ kg}}{3.0 \text{ kg / homem * hora}} = 24.07 \text{ homem * hora}$$

Supondo uma equipe de 4 pessoas responsável pela modelagem (composta de operador de pistola, pessoal encarregado da rebarbação, desmoldagem, repara, preparação do molde), totalizando uma folha de pagamento de Cz\$ 50000.00 temos :

$$H * h = \frac{1.8 * 50000}{4 * 180} = 125.00 \text{ Cz$/homem * hora}$$

Se homem \* hora direto custa Cz\$ 125.00 e a peça requer 24.07 homem \* hora para ser produzida , o custo da mão de obra será :

$$CMOD = (125.00 \text{ Cz\$}/\text{homem*hora}) * (24.07 \text{ homem*hora})$$

$$CMOD = 3009.00 \text{ Cz\$}/\text{peça}$$

Portanto o custo final direto será :

$$\begin{aligned} CTD &= CMD + CMOL + CMOD \\ &= CMD + 0.3 * CMD + CMOD \\ &= 1.3 * CMD + CMOD \end{aligned}$$

$$CTD = \text{Cz\$ } 36186.00$$

(considerando que o valor de referência é o DTN = Cz\$ 488.57 a CTD por carroceria equivaleria a aproximadamente 74 DTN ).

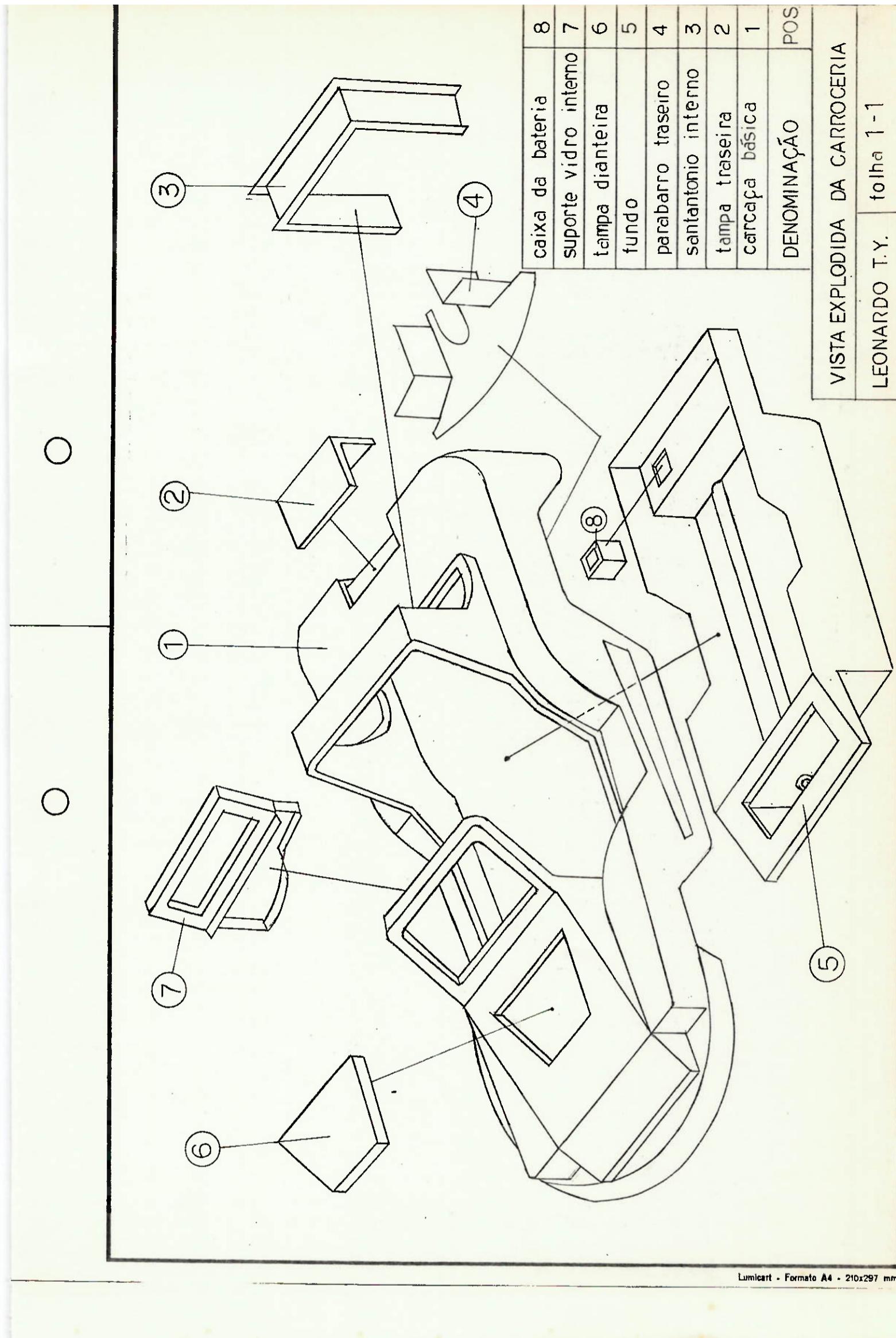
O custo direto será de 74 DTN , sendo que para calcularmos o custo final de fabricação é necessário acrescentarmos ainda os custo com a pintura e custos indiretos .O preço para a venda será igual à soma dos custos , despesas e lucro antes dos impostos .

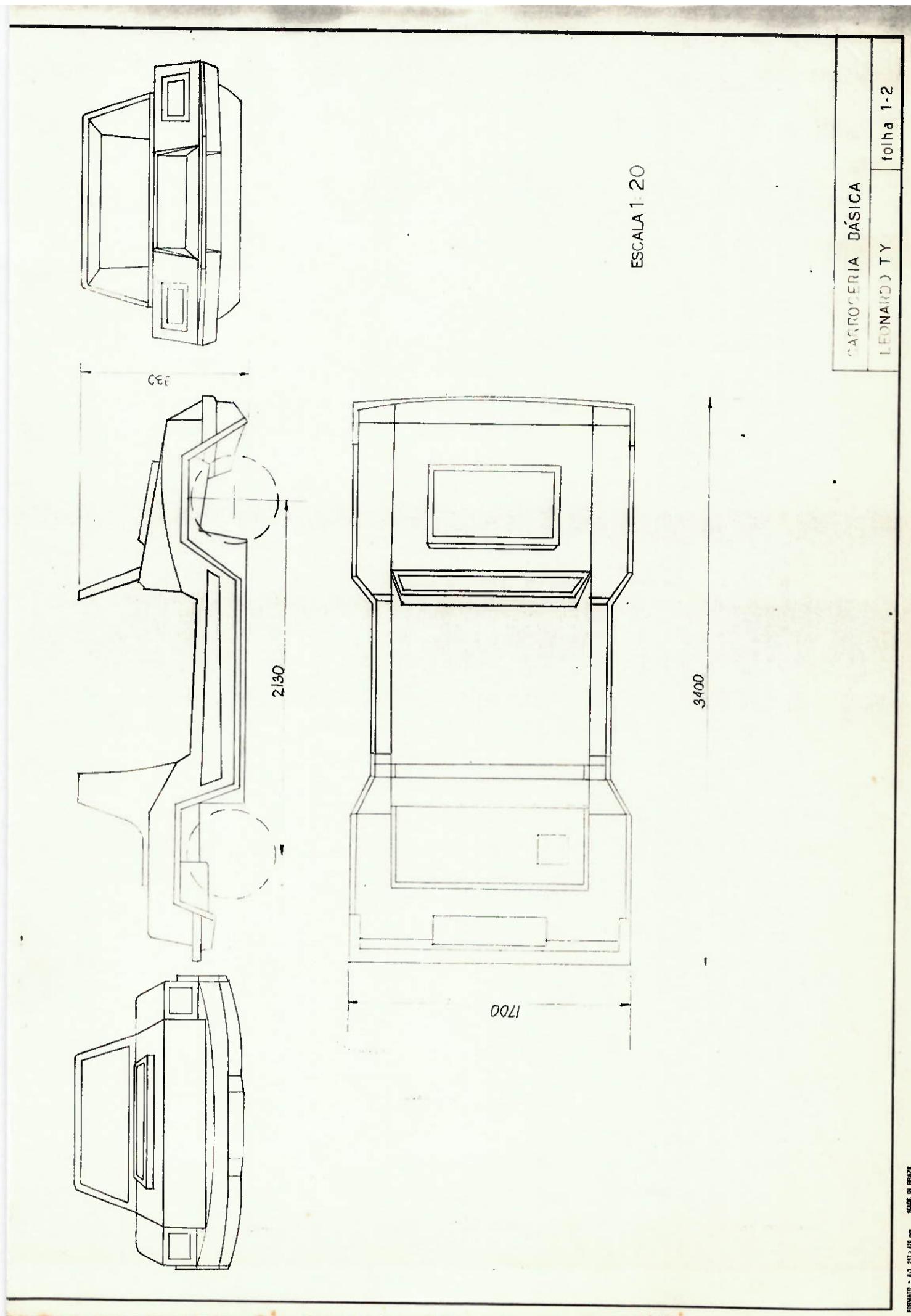
#### 8-Conclusão

Apesar de não termos o cálculo dos custos de fabricação da carroceria com chapas de aço fica evidente que a fabricação em fibra de vidro é mais econômica , principalmente para baixa produção pois o investimento em equipamentos e moldes é insignificante. Esta carroceria em chapas de aço necessitaria um investimento inicial em máquinas , ferramentas e moldes para cortar , dobrar , estampar e soldar as peças , e apenas compensaria este investimento se produzisse centenas de peças .

ANEXO - A

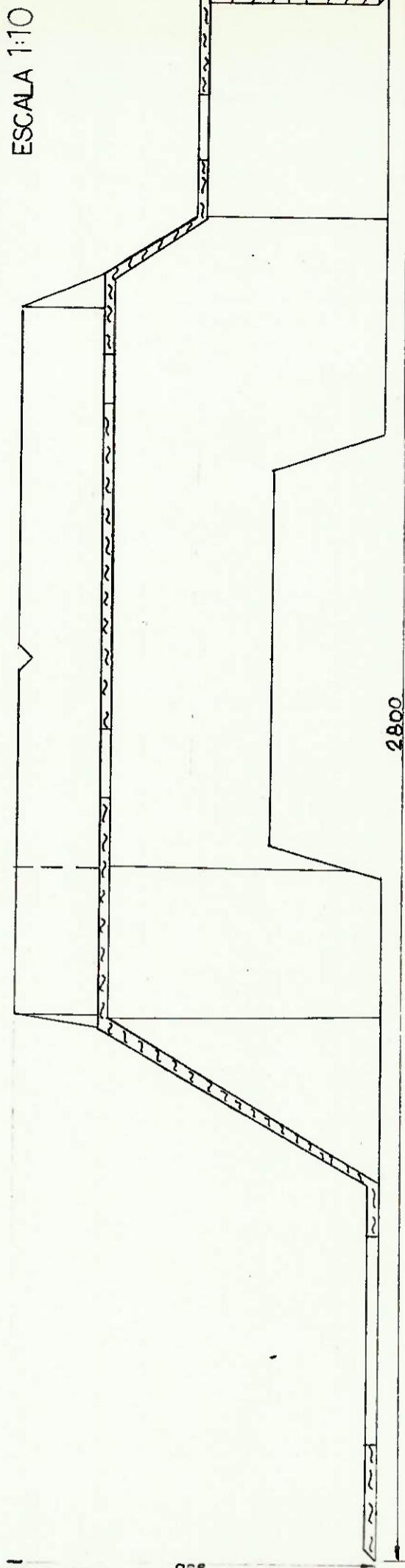
DESENHOS DA CARROCERIA E DOS MOLDES



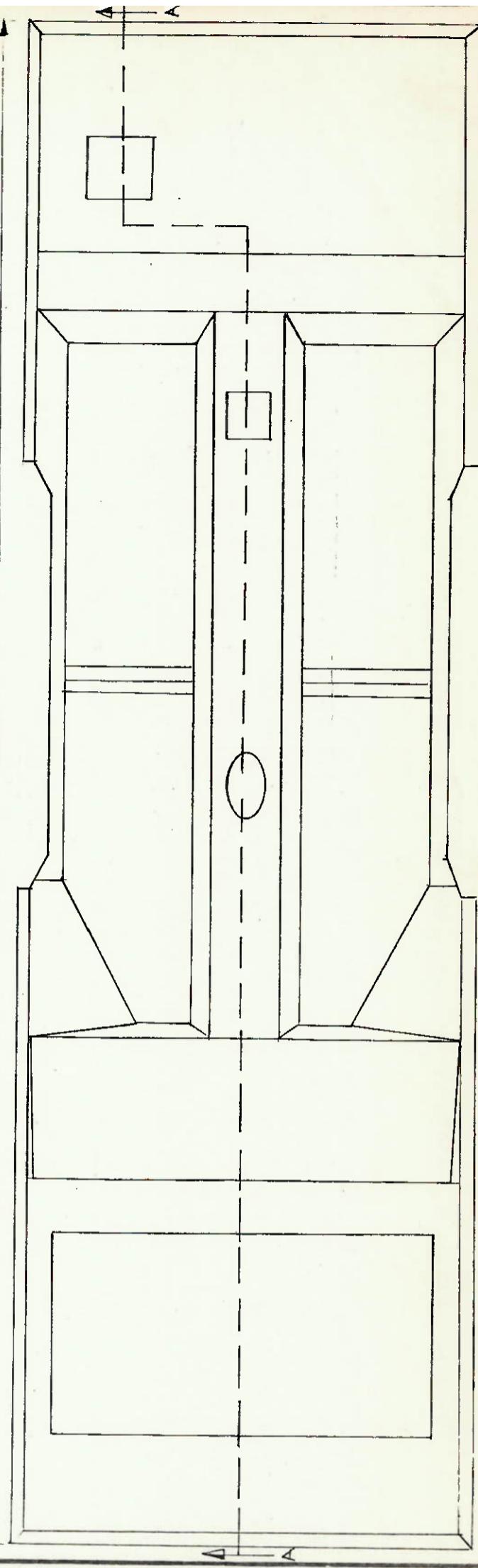


SEÇÃO AA

MOLDE FUNDO  
folha 2-1

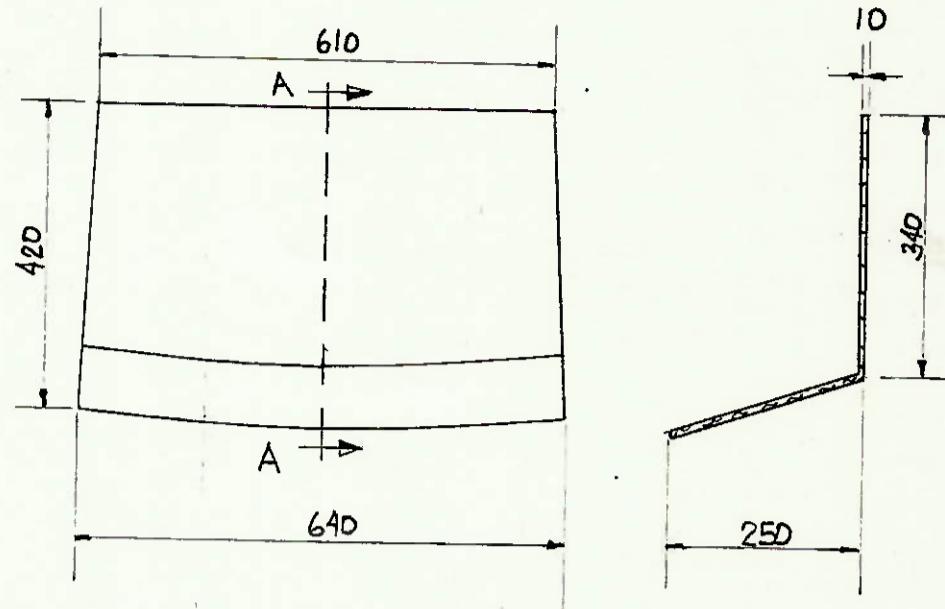


ESCALA 1:10

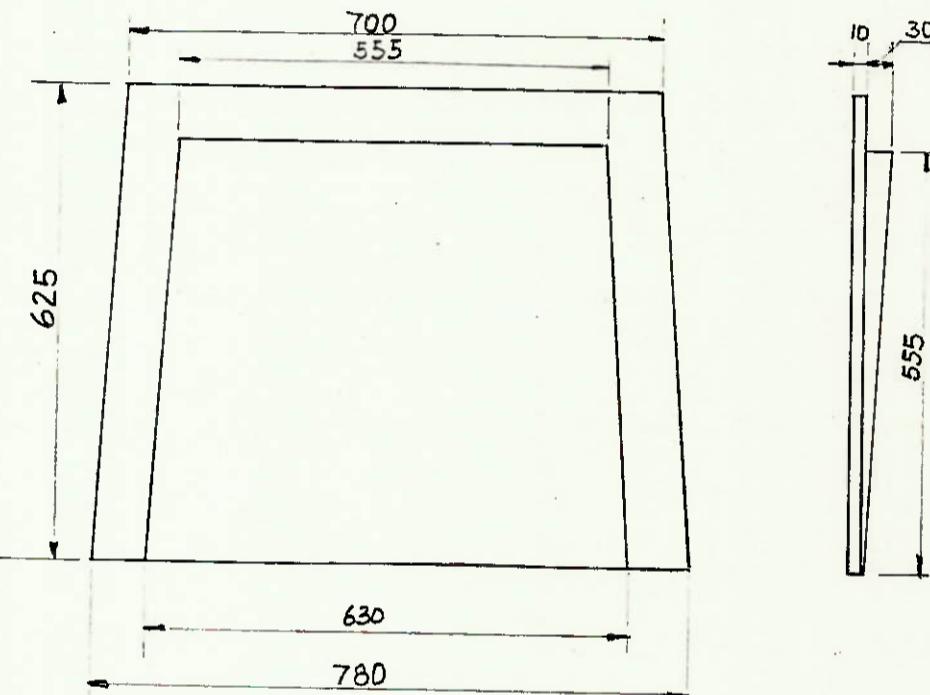


PEÇA-1

SEÇÃO AA



ESCALA 1:10



PEÇA-2

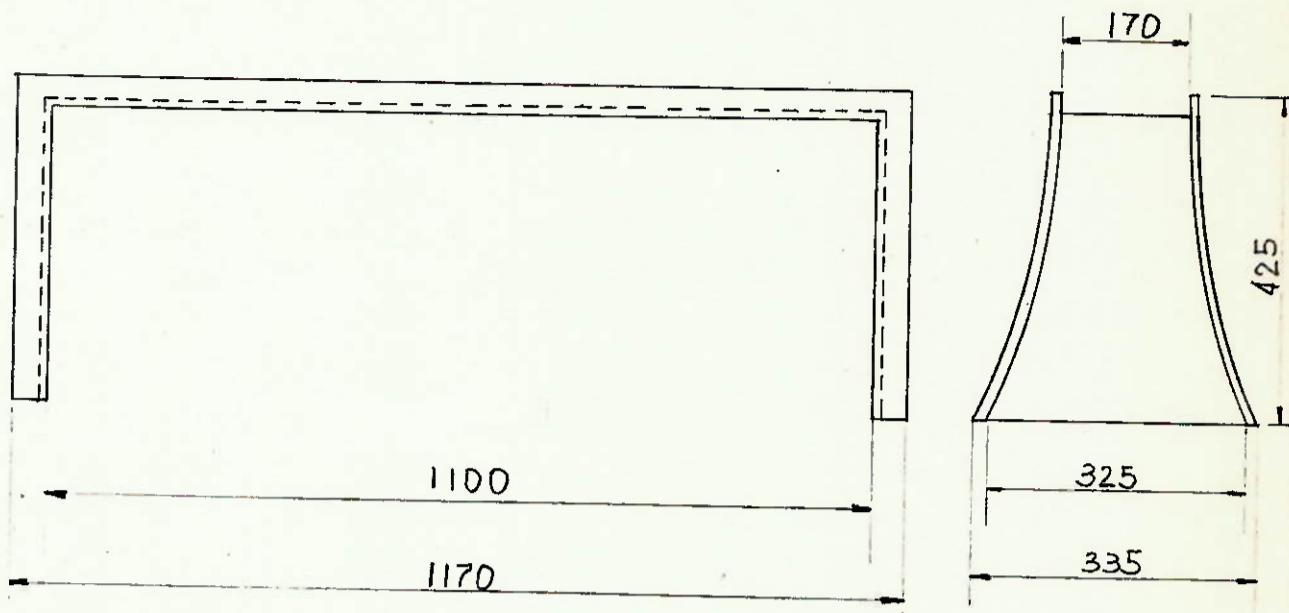
ESCALA 1:10

molde da tampa dianteira	2
molde da tampa traseira	1
DENOMINAÇÃO	POS.
LEONARDO T.Y.	folha 2-2

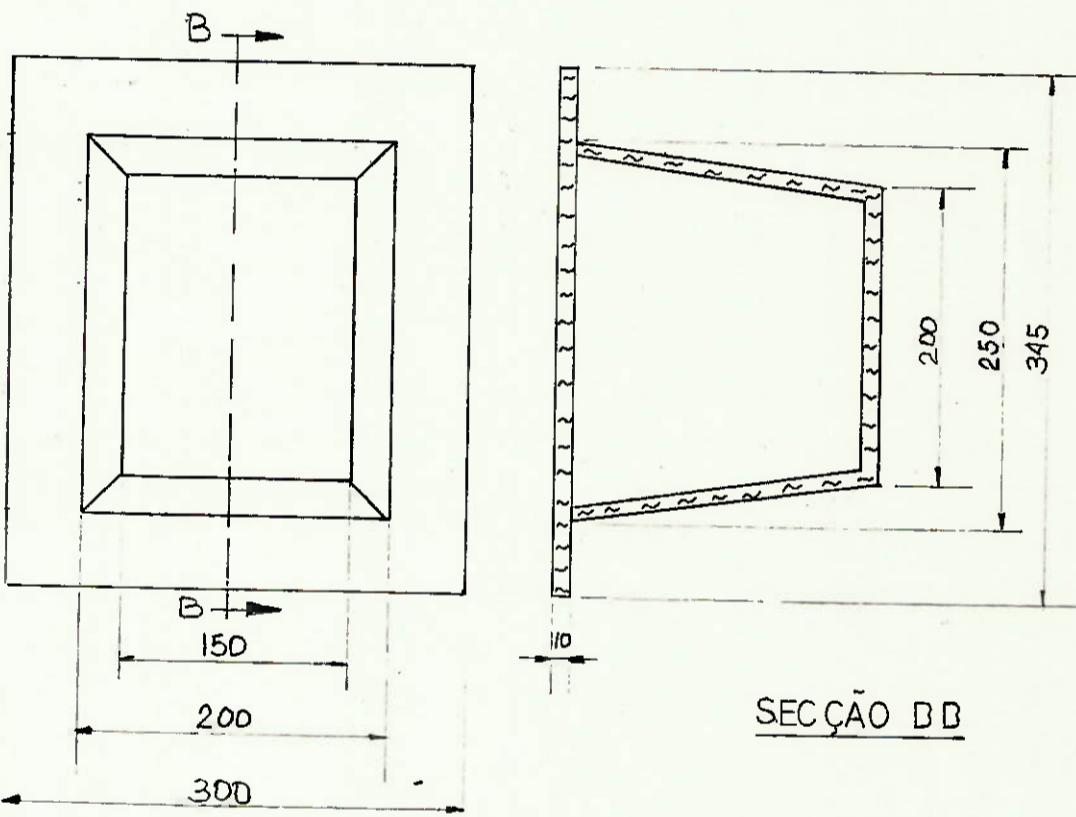
Lumicart - Formato A4 - 210x297 mm

PEÇA -1

ESCALA 1:10



PEÇA -2



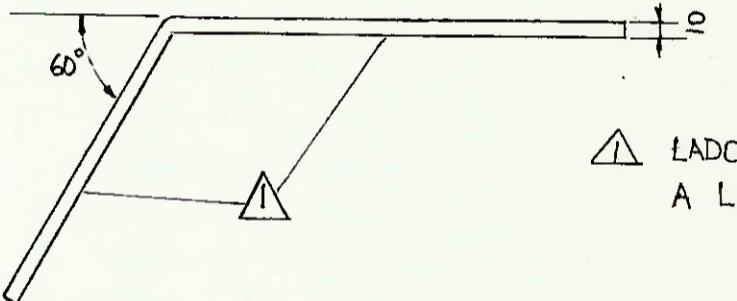
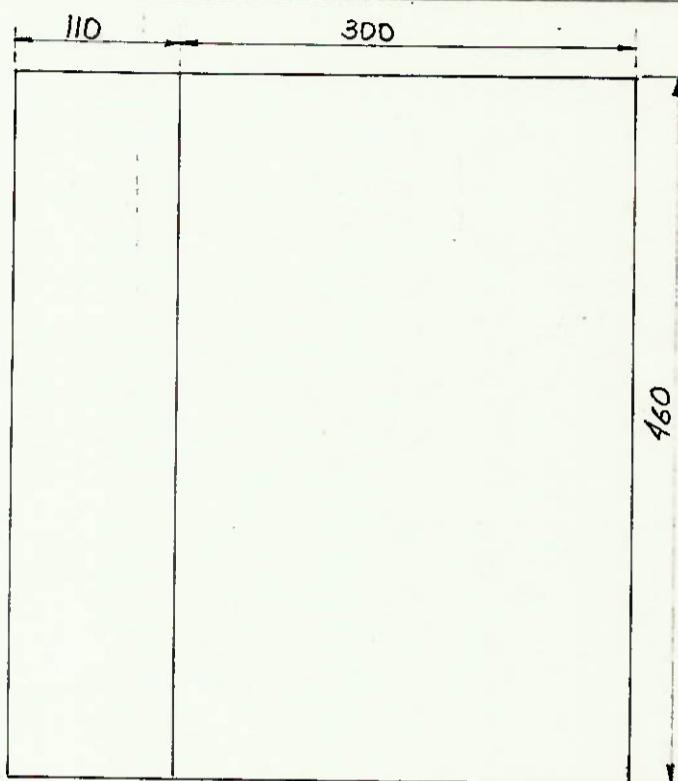
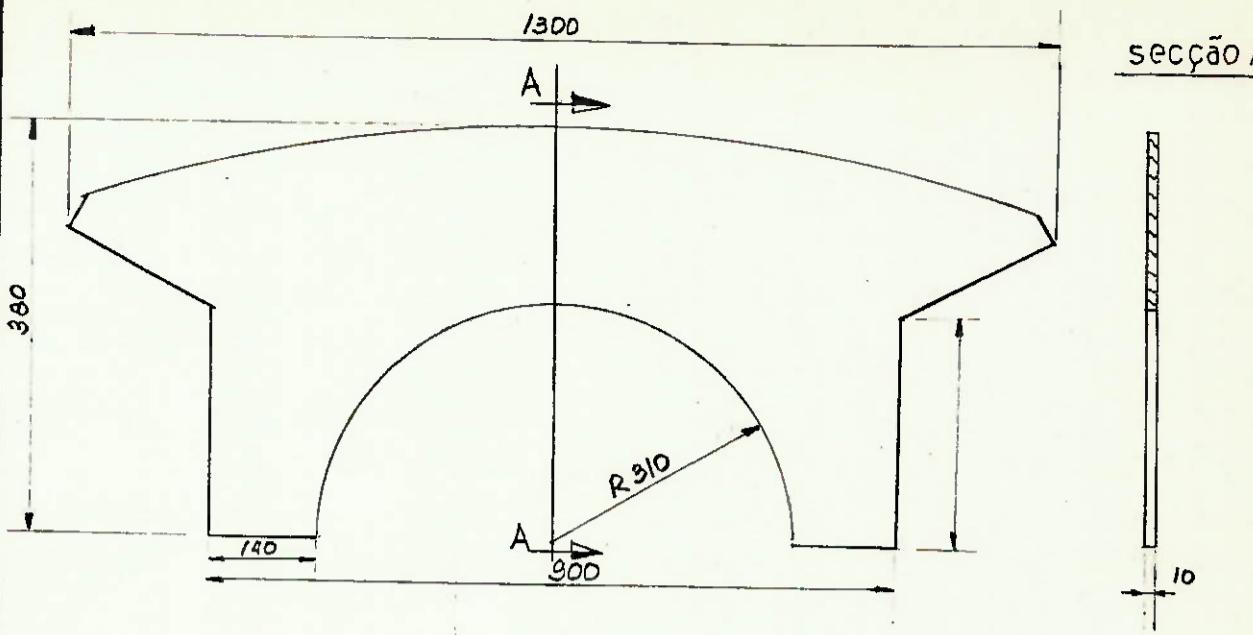
SECÇÃO BB

ESCALA 1:5

molde da caixa de bateria	2
molde do santantonio interno	1
DENOMINAÇÃO	POS
LEONARDO T.Y.	folha 2-3

Lumicart - Formato A4 - 210x297 mm

ESCALA 1:10



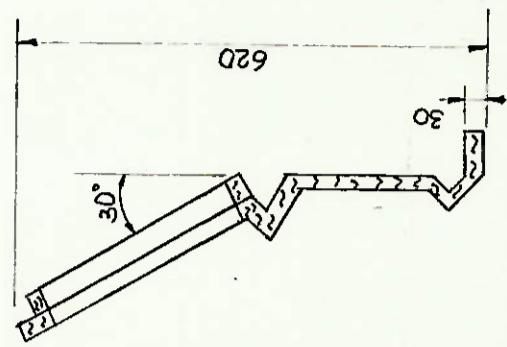
MOLDES DO PARABARRO TRASEIRO

LEONARDO T.Y.

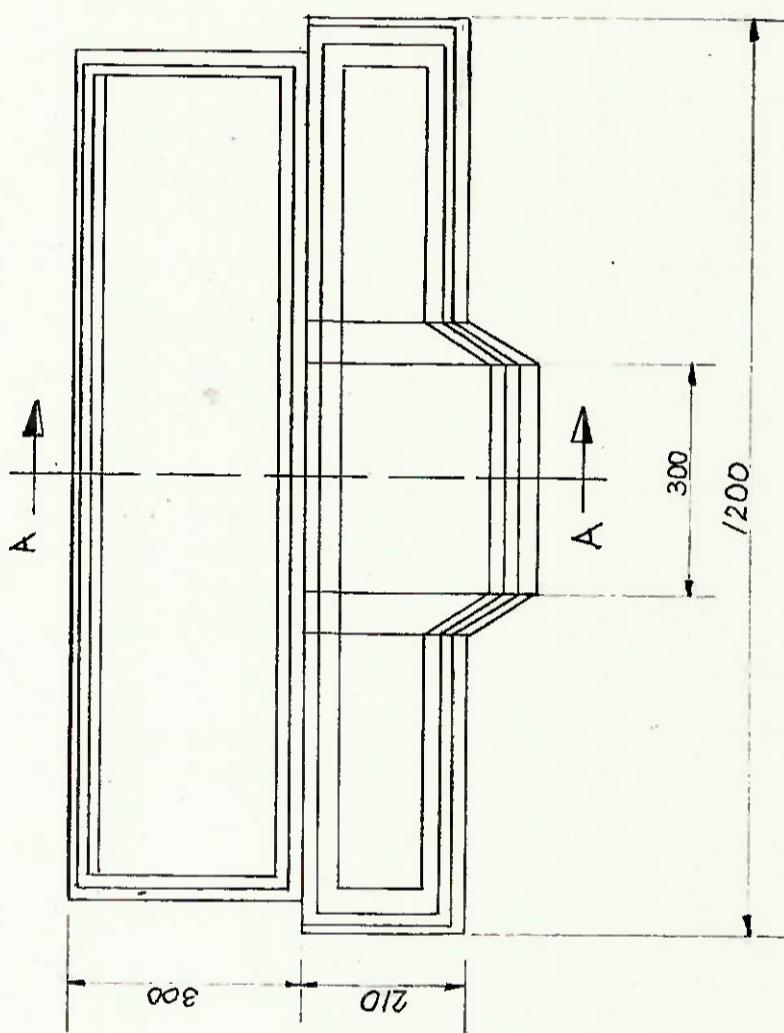
folha 2 - 4

Lumicart - Formato A4 - 210x297 mm

SEÇÃO AA



ESCALA 1:10



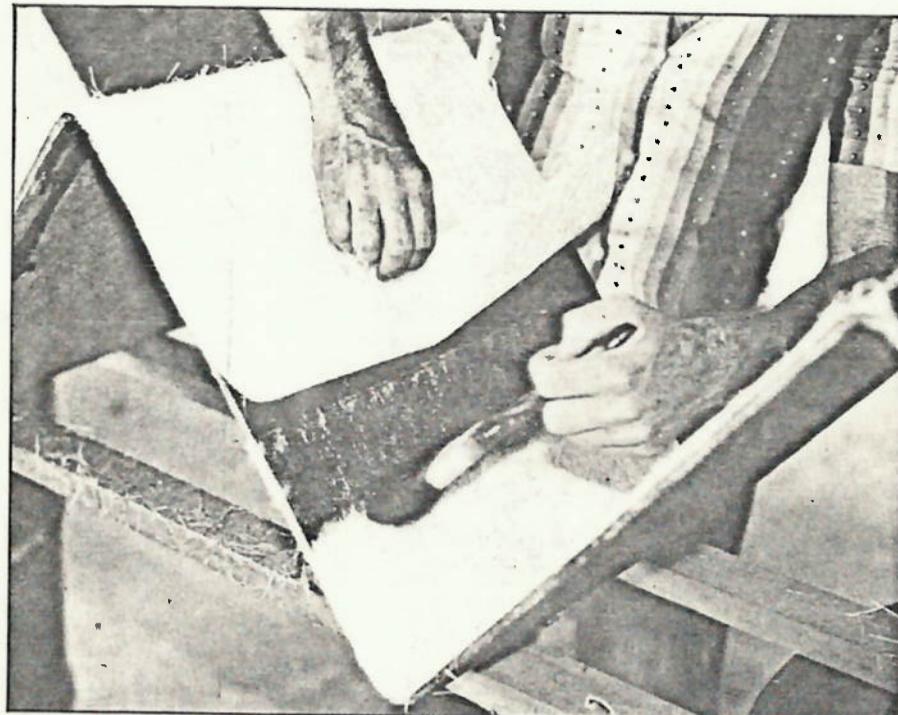
MOLDE DO SUPORTE VIDRO

LEONARDO T.Y.

folha 2-5

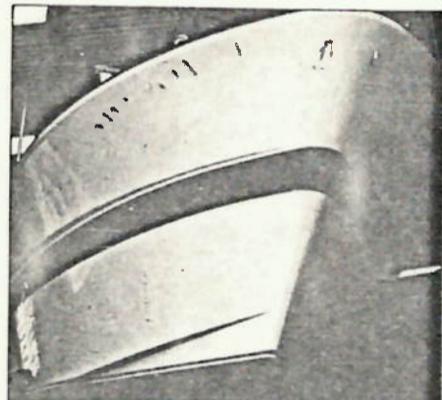
ANEXO -- B

CATALOGO DE MATERIAIS



#### DESCRÍÇÃO

A Manta 740B é feita com fibras de vidro, tratadas para compatibilidade com resinas poliéster e cortadas no comprimento de 5 cm. As fibras cortadas são ligadas umas às outras por um ligante poliéster altamente solúvel em monômero de estireno. As fibras de vidro são distribuídas de maneira uniforme e aleatória, originando laminados com propriedades isotrópicas no plano da manta.



#### APLICAÇÃO

Esta Manta foi desenvolvida para reforço de resinas poliéster moldados pelo processo de lamination manual (*Hand Lay-up*) em molde aberto, onde rápida molhagem, mínima absorção de resina e fácil conformação são considerados requisitos de grande importância.

#### ESPECIFICAÇÃO

Agente de Ligação  
Silano

Ligante  
Resina poliéster solúvel em estireno

Tipo de Vidro  
E

Comprimento das Fibras  
5 cm

Larguras disponíveis  
140 cm e 274 cm

Diâmetro Interno do Tubete  
de papelão  
10 cm

Diâmetro Externo do Rolo  
44 ± 2 cm

#### Embalagem

Rolo embalado em saco de polietileno opaco de cor branca.

Gramagens Disponíveis  
300 g/m<sup>2</sup>; 450 g/m<sup>2</sup> e 600 g/m<sup>2</sup>, com tolerância de ± 20%

#### Perda ao Fogo (%)

Gramagem (g/m <sup>2</sup> )	Perda ao Fogo (%)
300	6,40
450	4,25
600	3,75

#### Peso por Rolo (Kg)

Gramagem Nominal (g/m <sup>2</sup> )	Largura da Manta (cm)
300	140
450	274
600	—

#### Rolo com cortes

Todos os rolos com descontinuidades são sinalizados no local do corte com uma tira de papel, trazendo a inscrição "Wrap-in".

#### PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

- Rápida penetração da resina.
- Rápida molhagem
- Fácil remoção de ar
- Boa claridade do laminado
- Compatível com resina poliéster e viniléster.

**ESPESSURA DO  
LAMINADO POR  
CAMADA (mm)**

Gramagem Nominal (g/m <sup>2</sup> )	% Vidro	
	25	30
300	0,87	0,70
450	1,30	1,00
600	1,70	1,30

**PROPRIEDADES  
MÉCÂNICAS DOS  
LAMINADOS (kg/cm<sup>2</sup>)**

% Vidro	Resistência à tração	Módulo de Tração	Resistência à Flexão	Módulo de Flexão
25	700	60000	1700	45000
30	850	70000	1900	60000

**EMBALAGEM E  
MANUSEIO**

A Manta é enrolada em tubete de papelão com 10 cm de diâmetro até atingir o diâmetro externo de 44 cm. Cada rolo é embalado em saco de polietileno leitoso (opaco) e fechado com fita adesiva para proteção adequada do produto durante o seu embarque, manuseio e estocagem.

A Porcentagem de rolos com cortes em qualquer embarque deve ser controlada como segue:

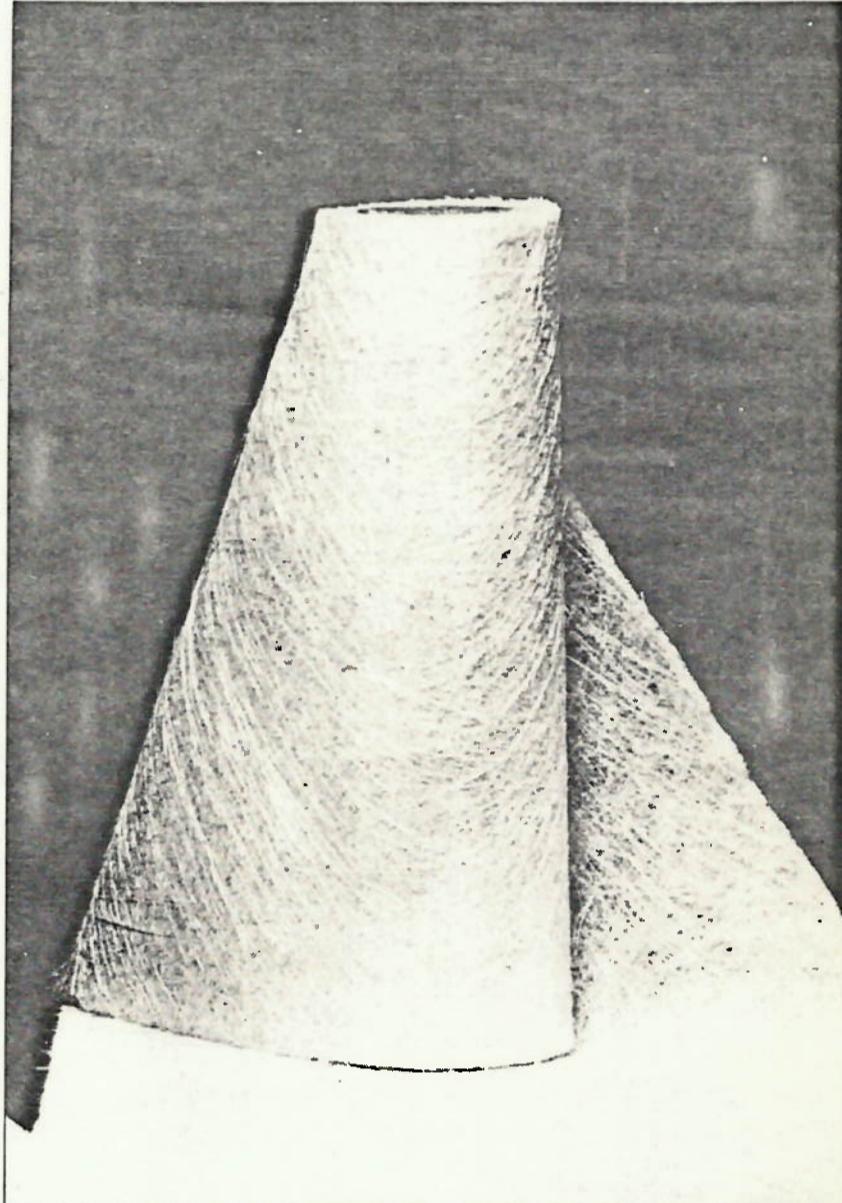
a) **Para embarques de 3200 kg ou mais**

Pelo menos 65% dos rolos devem ser rolos completos.

b) **Para embarques menores de 3200 kg**

No mínimo 35% dos rolos devem ser completos, sem cortes.

Os rolos de Manta devem ser transportados e estocados na posição vertical (em pé), para evitar amassamento. Se eles forem transportados deitados, ou seja, na posição horizontal, deverão ser colocados em empilhamento máximo de 3 rolos, de forma intercalada. É recomendável que o transporte seja feito em caminhão fechado (tipo furgão) para evitar contaminação com água e amassamento do rolo com cordas de amarração.



Subsidiária da  
Owens-Corning Fiberglas Corporation  
Div. Reforços - Depto. Marketing  
Rua Araújo, 216, Andar Intermediário  
Tel.: (011) 257-8966 - Caixa Postal 3093  
Telex (011) 60.987 - 23813  
CEP 01000 - São Paulo, SP

**DESCRÍÇÃO**

O roving 447B é formado por várias mechas de fibras de vidro contínuas, agrupadas em um feixe e enroladas sem torção, formando uma bobina cilíndrica de fácil desenrolamento. O desenrolamento é feito pela parte interna da bobina.

**APLICAÇÃO**

O roving 447B é apropriado para lamination à pistola (e picotadores manuais) com resina poliéster. Apresenta como principais características, facilidade de desenrolamento e corte, boa dispersão, bom assentamento das fibras no molde e rápida penetração da resina nas fibras. A velocidade de molhagem pela resina de lamination foi balanceada para permitir ao mesmo tempo, fácil remoção das bolhas de ar e rápida impregnação, permitindo a fabricação de laminados com altos teores de vidro.

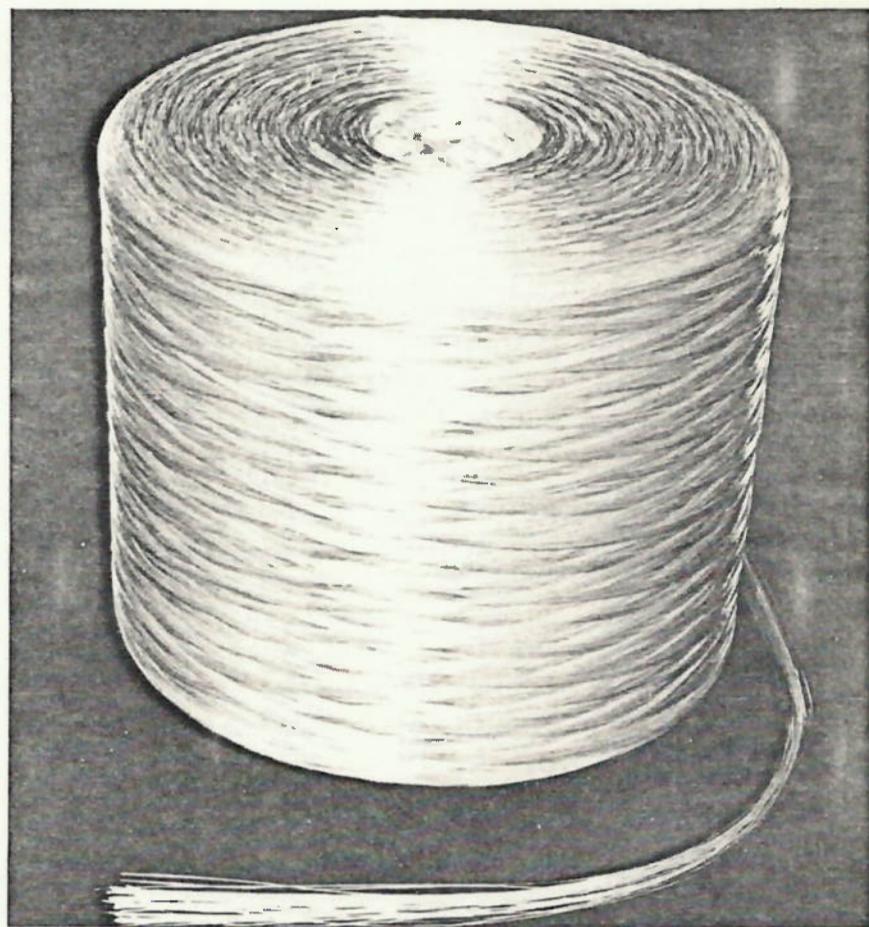
Este roving apresenta ainda baixa formação de eletricidade estática, excelente conformação das fibras no molde e laminados com boa translucidez. É recomendável a aplicação de resina sobre a superfície do gelcoat, antes da aplicação do Roving 447B, para evitar a queda das fibras cortadas em superfícies inclinadas, bem como facilitar a remoção de ar ocluído no laminado.

**ESPECIFICAÇÃO**

**Agente de Ligação**  
silano

**Tex**  
3100 g/km ± 290 g/km

**Número de mechas**  
65



**Teor de Umidade**  
0,12% (máximo)

**Perda ao Fogo**  
0,78% nominal; 0,68% mínimo, 0,88% máximo

**Tipo de Vidro**  
E

**Desenrolamento**  
Pela parte interna da bobina

**Peso da Bobina**  
21 kg

**Dimensões da Bobina**  
Altura ..... 26 cm  
Diâmetro interno ..... 8 cm  
Diâmetro externo ..... 31 cm

**Embalagem**  
Bobina envolvida em saco de polietileno e embalada em caixa de papelão.

**TEX**

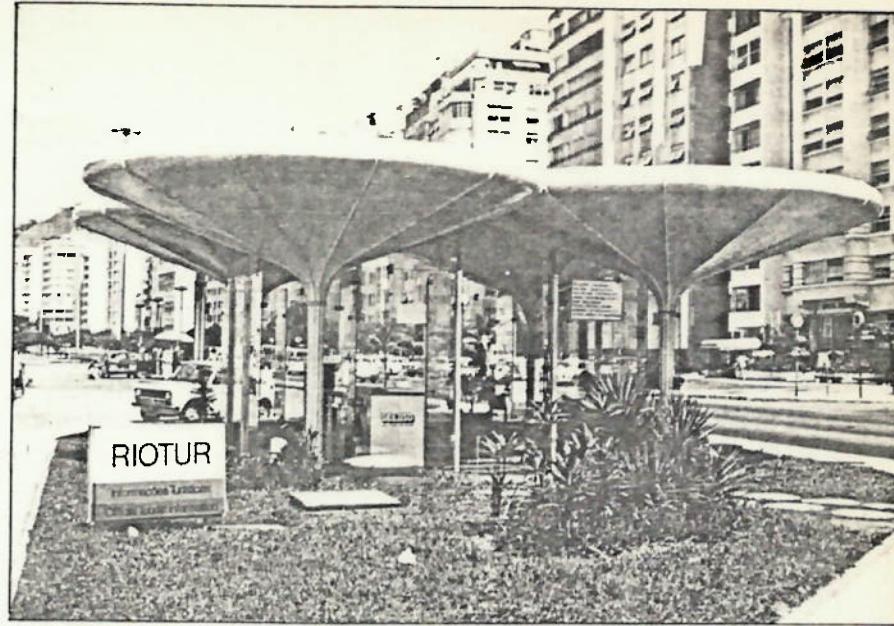
O Roving 447B é fornecido com tex 3100, isto é, com 3100 gramas por quilômetro. Com o Tex 3100 o laminador pode optar por um dos benefícios seguintes:

- Trabalhar com alta vazão de vidro e baixa velocidade do cortador.
- Reduzir a velocidade do cortador e ainda assim manter boa vazão de vidro.

Esta diminuição de velocidade, além de reduzir o desgaste do cortador, permite melhor dispersão das fibras, menor formação de eletricidade estática e excelente assentamento das fibras no molde, características que já são muito boas com o cortador em velocidade mais alta.

## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

- Facilidade de corte, dispersão e assentamento das fibras.
- Minima formação de eletricidade estática.
- Rápida molhagem e penetração da resina de laminação.
- Bom desenrolamento
- Boa translucidez do laminado
- Fácil remoção das bolhas de ar
- Boa conformação das fibras no molde

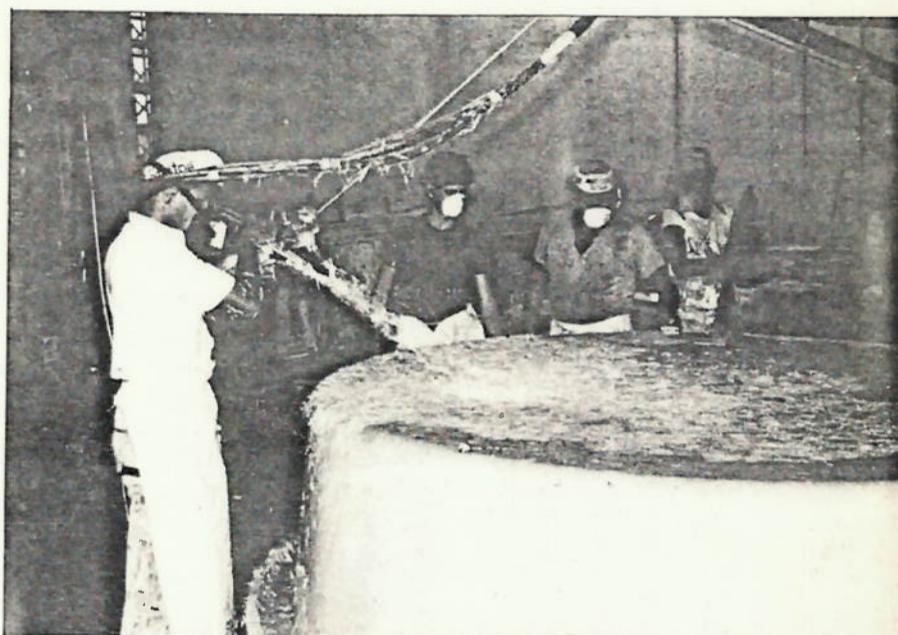


## EMBALAGEM E MANUSEIO

As bobinas são envolvidas por saco de polietileno e embaladas em caixas de papelão. A caixa de papelão abre na parte superior, é fabricada com papelão corrugado de parede simples e tem as seguintes dimensões:

- Comprimento ..... 31 cm
- Largura ..... 31 cm
- Altura ..... 26 cm

O transporte e estocagem devem ser feitos com empilhamento máximo de 4 caixas para evitar amassamento. O transporte deve ser feito em caminhão fechado para evitar contaminação com água de chuva e amassamento das caixas pelas cordas de amarração. O material deve ser estocado em sua embalagem original em local seco e fresco.



## PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS LAMINADOS (kg/cm<sup>2</sup>)

Teor de Vidro (%)	Resistência à tração	Módulo de tração	Resistência à flexão	Módulo de flexão
25	700	60000	1700	45000
30	850	70000	1900	60000

### Filiais

**Curitiba - PR**  
Rua Marechal Deodoro, 51 - conj. 607-A  
Caixa Postal 7521  
Tel.: (041) 223-0752

**Rio de Janeiro - RJ**  
Av. Marechal Câmara, 160 - sala 1116  
Tel.: (021) 220-2267

### Escritório de Vendas

**Porto Alegre - RS**  
Pça. Oswaldo Cruz 15 - 9º and. sala 907  
Tel.: (051) 21-9861

**Fiberglas**  
**Fibras de Vidro**  
**para Reforço**

Pub. nº 01 - DS-290187 Copyright ©, 1987, Fiberglas Fibras Ltda.



Subsidiária da  
Owens-Corning Fiberglas Corporation  
Div. Reforços - Depto. Marketing  
Rua Araújo, 216, Andar Intermediário  
Tel.: (011) 257-8966 - Caixa Postal 3093  
Telex (011) 60.987 - 23813  
CEP 01000 - São Paulo, SP

# AEROJET®. O maior distribuidor de matérias primas utilizadas na fabricação de produtos em fiberglass.

**ACETONA PURA**  
Forma - Líquida  
Cor - Incolor  
Finalidade - Limpar ou diluir resina ou Gel Coat  
Embalagem - 1/2, 1, 5, 18, 200 litros

**ACELERADOR DE COBALTO**  
Forma - Líquida  
Cor - Roxo  
Finalidade - Acelerar a cura de Gel ou de resina  
Porcentagem - 1/2 a 2%  
Embalagem - 20, 50, 100, 500 ml - 1 e 5 Lt - 18 kg

**AMIANTO**  
Forma - Pó  
Cor - Bege  
Finalidades - Carga técnica e para barateamento  
Porcentagem - Até 20%  
Embalagem - 1, 5, 10, 40 kg

**AEROSIL**  
Forma - Pó  
Cor - Branco  
Finalidade - Evitar escorramento  
Embalagem - 300 g, 1, 3 e 10 kg

**ARDOSIA**  
Forma - Pó  
Cor - Cinza  
Finalidade - Carga para maior resistência e barateamento.  
Embalagem - 1, 5, 10 e 40 kg

**ALCOOL 96°**  
Forma - Líquida  
Finalidade - Limpeza  
Cor - Incolor  
Embalagem - 1, 5, 18 e 200 litros

**BACIA PARA LAMINACAO**  
Finalidade - Contenção de material  
Cor - Variada

**BLOCO PARA SURF**  
Finalidade - Para fabricação de pranchas de surf  
Cor - Branca

**BORRACHA PARA PICADOR**  
Forma - Redonda  
Finalidade - Peça do cabeçote  
Cor - Branca ou preta  
Embalagem - Avulso ou 1 Dúzia

**BOINA PARA POLIR**  
Finalidade - Polimento  
Cor - Branca

**BUCHA DE CELEROM**  
Forma - Redonda  
Finalidade - Peça do cabeçote

**BORRACHA DE SILICONE**  
Forma - Pastosa  
Finalidade - Para fazer molde  
Cor - Branca, verde e vermelha  
Embalagem - 1 kg

**CABECOTE PARA PICADOR**  
Finalidade - Usado para picar fibra de vidro (Roving)  
CARBONATO DE CALCIO  
Forma - Pó  
Finalidade - Carga técnica e para redução de custo  
Cor - Branco  
Porcentagem - Até 30%  
Embalagem - 1, 5, 10, 30 kg

**CATALIZADOR MEK**  
Forma - Líquida  
Cor - Incolor  
Finalidade - Para endurecimento de resinas, massa plástica e Gel Coat  
Porcentagem - 1 a 2%  
Embalagem - 20, 50, 100, 500 g - 1, 5, 20 kg

**CORTADOR HOBBY**  
Finalidade - Para cortar rebarba de fibra de vidro  
CHAVE DE ESTRIA  
Finalidade - Abrir tambores

**CERA SIMONIZ**  
Forma - Pastosa  
Cor - Esverdeada  
Finalidade - Separar a peça do molde  
Embalagem - 1/2 kg

**CERA PS COM SILICONE**  
Forma - Pastosa  
Cor - Branca  
Finalidade - Para separar a peça do molde  
Embalagem - 1/2 kg

**DESMOLJET LIQUIDO**  
Forma - Líquido  
Cor - Azul claro  
Finalidade - Para destacar a peça do molde  
Embalagem - 100, 500 ml - 1, 5, 20 litros

**DESMOLJET PASTA**  
Forma - Pastosa  
Cor - Branca  
Finalidade - Para destacar a peça do molde  
Embalagem - 1/2, 1, 3, 13 kg

**DOSADOR MEK**  
Finalidade - Para medir porcentagem de produtos químicos  
Forma - Recipiente plástico.  
Cor - Incolor

**DIOXIDO TITÂNIO RUTILO**  
Forma - Pó  
Cor - Branco  
Finalidade - Tingir resina e Gel Coat  
Porcentagem - 10 a 15%  
Embalagem - 1, 3, 10, 25 kg

**DISCO DE LIXA**  
Finalidade - Dar acabamento  
D.M.A.  
Forma - Líquida  
Finalidade - Acelerar a cura  
Cor - Amarelo Claro  
Porcentagem - 0,01% por kilo  
Embalagem - 100, 500 g - 1, 18 kg

**DIBUTIL FTALATO**  
Forma - Líquida  
Cor - Incolor  
Finalidade - Diluir corantes em pó  
Embalagem - 100, 500, 1000 ml

**ESTOPA DE PRIMEIRA**  
Finalidade - Polimento e limpeza  
Cor - Branca  
Embalagem - 500 g

**ESPATULA DE PLÁSTICO**  
Cor - Branca  
Finalidade - Aplicação de massa plástica ou resina

**ESPUMA DE POLIURETANO**  
Forma - Líquida  
Cor - Amarelo e preto  
Finalidade - (2 componentes) Utilizada principalmente para isolamento térmica  
Porcentagem - Misturar em partes iguais por volume  
Embalagem - 1/2, 1, 5, 20 kg

**ELASTOSIL**  
Forma - Pastosa  
Cor - Incolor, branco, preto, cinza e alumínio  
Finalidade - Isolante, vedante a base de silicone  
Embalagem - 85 g, 325 ml

**FITA CREPE**  
Cor - Bege  
Finalidade - Fita adesiva para proteção em peças a serem pintadas

**FURADEIRA BOSCH**  
Cor - Verde ou azul  
Finalidade - Para adaptar cabeçote para picotar Roving ou usada como furadeira

**Kit-Jet**



Este produto destina-se a auxiliar o aprendizado do uso do fiberglass, e também, simplificar o ato da compra e transporte. O KIT-JET contém os principais produtos para laminado do fiberglass e é indicado para quase todas as necessidades, tais como: consertos em barcos, carros, móveis, piscinas, peças de motó, aviões, tanques, bijuterias, pranchas de surf e inúmeras outras. O KIT-JET contém resina, carbonato de cálcio, Desmoljet em pasta, Desmoljet líquido, monômero de estireno, tecido de fiberglass, solvente para limpeza, manta de fiberglass, aerogel, catalizador mek, acelerador de cobalto, pincel, bacia, espátula. Tudo em pequenas quantidades.

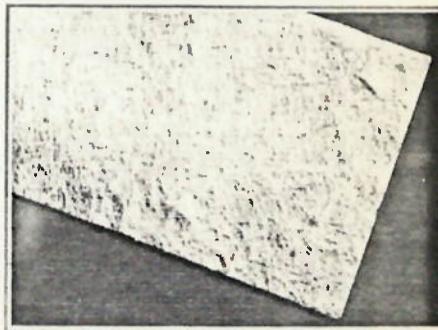
**LIXA**  
Cor - Cinza Grafite  
Finalidade - Para dar acabamento

**LAMINA PARA PICADOR**  
Cor - Alumínio  
Finalidade - Peça do cabeçote

**MASCARA PARA LAMINACAO**  
Cor - Várias cores  
Finalidade - Para proteção contra pó

**MASSA PLASTICA**  
Forma - Pastosa  
Cor - Bege ou branca  
Finalidade - Para reparos e acabamento de funilaria e pintura

## Manta de fibra de vidro



Forma - Fios de fibra de vidro cortados e emaranhados  
Cor - Branco  
Finalidade - Usadas para peças de resistência média com secções transversais uniformes  
Tipos - 225, 350, 450, 600 g/m²  
Embalagem - 1/2 kg, a granel e rolos

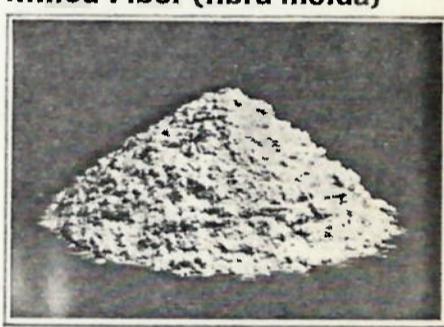
**MONOMERO DE ESTIRENO**  
Forma - Líquido  
Cor - Incolor  
Finalidade - Diluir a resina de poliéster  
Embalagem - 1/2, 1, 5, 18, 200 litros

Porcentagem - Aproximadamente 10% sobre a resina

**MASSA PARA POLIR**  
Forma - Pastosa  
Cor - Bege  
Finalidade - Para dar polimento e brilho em peças prontas

**MASSA PARA MODELAR**  
Cor - Branco  
Finalidade - Massa flexível utilizada para correção de pequenos defeitos nos moldes e para modelação

## Milled Fiber (fibra moída)



Não foi desenvolvido para laminado em Fiberglass, mas pode ser utilizado como carga, dá resistência mecânica.

Medida - 10 a 12 microns de diâmetro

140 microns de comprimento

**ÓLEO DE SILICONE**

Forma - Líquido oleoso

Cor - Incolor

Finalidade - Diluir borracha de silicone

Embalagem - 100 Grs, 1, 5 Lt

**PIGMENTO EM PASTA**

Forma - Pastosa

Cor - Várias cores

Finalidade - Pigmentação da resina ou Gel Coat

Porcentagem - Até 10%

Embalagem - 50, 100, 500, 1 Kg.

**PIGMENTO EM PÓ ALEMÃO**

Forma - Pó

Cor - Várias cores

Finalidade - Pigmentação translúcida da resina e Gel Coat

Embalagem - 5, 10, 25, 500 Grs e 1 Kg.

**PINCEL**

Finalidade - Para aplicação de resina e Gel Coat - Pintura em geral

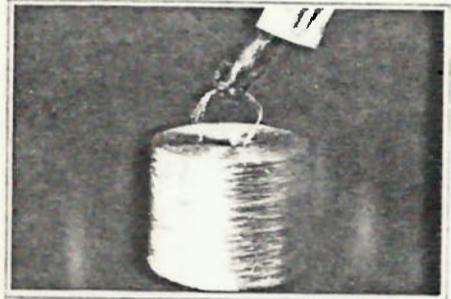
Medida - 1, 1/2, 2, 2 1/2, 3"

**PISTOLA PARA GEL COAT**

Cor - Alumínio

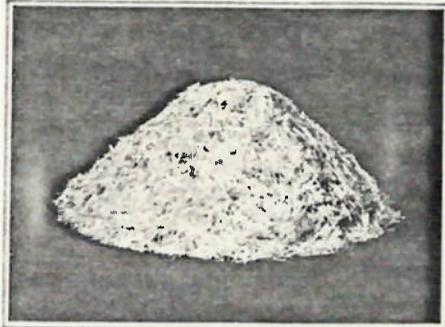
Finalidade - Para a aplicação de Gel Coat

**PISTOLA PARA ELASTOSIL**  
 Cor - Alumínio  
 Finalidade - Para aplicação do elastosil (tubo de 325 ml)  
**PIPE JET**  
 Forma - Pasta  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Usado para acabamento em alto relevo;  
 Ex.: Contorno de vitral  
**RESINA PRE-SUPER CRISTAL**  
 Forma - Líquida viscosa  
 Cor - Incolor  
 Finalidade - Laminados em geral, fundição de peças transparentes  
 Embalagem - 1/2, 1, 5, 20, 220 Kg.  
**RESINA ISOFTÁLICA**  
 Forma - Líquida viscosa  
 Cor - Amarela  
 Finalidade - Fabricação de moldes, tanques e tubulações resistentes ao ataque químico  
 Embalagem - 1/2, 1, 5, 20, 225 Kg  
**RESINA BISFENÓLICA**  
 Forma - Líquida viscosa  
 Cor - Amarelo  
 Finalidade - Confecção de peças e artefatos sujeito ao ataque químico, corrosão - moldes  
**RESINA ESTER-VINÍLICA**  
 Forma - Líquida  
 Cor - Amarela  
 Finalidade - Confecção de peças e artefatos que devam reunir alta resistência química e mecânica  
 Embalagem - 1, 5, 20, 195 Kg.  
**RESINA AUTO-EXTINGUIVEL**  
 Forma - Líquida viscosa  
 Cor - Cinza claro  
 Finalidade - Confecção de carrocerias, aplicação elétrica laminados em geral  
**RESINA PLASTIFICANTE OU FLEXÍVEL**  
 Forma - Líquida viscosa  
 Cor - Amarelo claro  
 Finalidade - Para ser misturada em outras resinas tornando-as menos rígidas  
**ROVING PICADO**  
 Forma - Fios de vidro picados em tamanhos de 5 cm.  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Juntamente com resinas plásticas, permitem ao projetista selecionar a liga que melhor se adapte a suas necessidades finais  
**Roving 374**



Forma - Feixe de fibra de vidro paralelo, enrolados em uma bobina  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Juntamente com resinas plásticas, permitem ao projetista selecionar a liga que melhor se adapte a suas necessidades finais.  
 Embalagem - Caixa de mais ou menos 20 Kg  
**ROLINHO PARA LAMINAÇÃO**  
 Forma - Ferramenta que consiste em uma peça dentada de plástico, com cabo de madeira, nos tamanhos de 8, 12, 16 cm  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Compactar o laminado e remover bolhas de ar  
**ROLETE TIRA BOLHA DE ALUMÍNIO**  
 Forma - Ferramenta que consiste de uma peça dentada de alumínio, com cabo de madeira, nos tamanhos de 8, 12, 16 e 20 cm  
 Cor - Alumínio  
 Finalidade - Compactar o laminado e quebrar grandes bolhas de ar para permitir sua retirada mais fácil  
**ROVING 800**  
 Forma - Fios contínuos de fibra de vidro  
 Cor - Branco  
 Embalagem - Caixa com mais ou menos 25 kg  
 Finalidade - Mesmo que o roving 374, dando maior transparência e resistência mecânica  
**ROLO PARA LAMINAÇÃO DE LÁ**  
 Forma - Rolos de lã de carneiro nos tamanhos de 10, 16 e 20 cm, apresentado com cabo ou avulso  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Aplicação de resina poliéster ou Gel Coat pinturas em geral

**FALINHO PARA PRANCHA**  
 Cor - Marrom  
 Finalidade - Fixar a corda para surf em pranchas de surf  
**SOLVENTE PARA LIMPEZA**  
 Forma - Líquida  
 Cor - Incolor  
 Finalidade - Limpeza de mãos, pincéis, rolos para pintura, etc.  
 Embalagem - 1/2, 1, 5, 18, 200 lt  
**SOLUÇÃO DE PARAFINA**  
 Forma - Líquido  
 Cor - Esbranquiçado  
 Finalidade - Facilitar a secagem e lixamento do laminado de fibra  
 Embalagem - 100 Grs, 1/2, 1, 5, 18 lt  
**Shopped Strand (Roving Picado)**

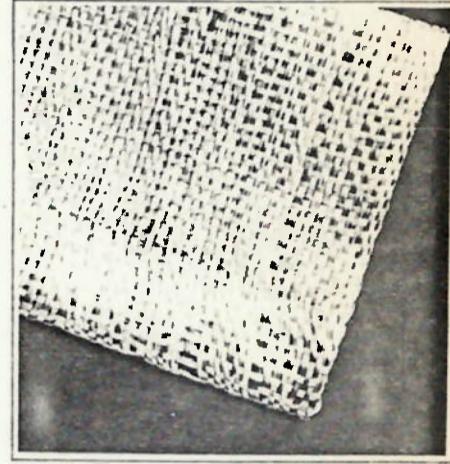


Finalidade - Reforço para peças em geral  
 Cor - Branca  
 Medidas - 1/4" e 1/8"  
**SABÃO EM PASTA**  
 Forma - Pasta  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Limpeza das mãos  
 Embalagem - 1 kg  
**SURFACING VEU DE SUPERFÍCIE**  
 Forma - Véu de fibra de vidro  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Cobre irregularidades, dando-lhe uma superfície lisa. Usado como barreira química  
**SURFACING NACIONAL**  
 Forma - Véu de poliéster  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Barreira química contra ácidos que atacam o vidro  
**THINNER EXTRA**  
 Forma - Líquida  
 Cor - Incolor  
 Finalidade - Diluente de tintas  
**TALCO INDUSTRIAL**  
 Forma - Pó  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Carga para baratear o custo da resina e para fabricação de massa plástica  
**TECIDO 600 GR.**  
 Forma - Fios de fibra de vidro grossos trançados em tela, também conhecido como roving tecido  
 Cor - Branco  
 Finalidade - É usado principalmente na fabricação de grandes peças industriais, como barcos, piscinas etc...



Forma - Fios de fibra de vidro trançados em tela  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Pode ser utilizado de modo geral como reforço em aplicações de resinas, bom poder de absorção em molhagens rápidas.  
**TORNEIRA PARA TAMBOR**  
 Nylon 3/4 e 2"  
 Finalidade - Facilitar a retirada de material do tambor  
 Cor - Cores variadas

**Woving Roving**



Finalidade - Tanto os rovings contínuos como os "Spun" rovings são tecidos trançados em forma de tela, também conhecidos como "Roving tecido".  
 Cor - Branco  
 Finalidade - Utilizado na fabricação de grandes peças estruturais como barcos, piscinas e ferramentas para a indústria de estampagem de metais.  
 Peso - 510 a 1650 g/m<sup>2</sup>.  
 Sob aspecto nenhum possuímos a palavra final, tudo é passível de modificação e outras formas de interpretação.  
 Todos os dados contidos neste catálogo são para simples informação, a empresa não se responsabiliza por usos indevidos e se reserva o direito de efetuar as mudanças em sua linha de produtos que se fizerem necessárias para o bom andamento comercial.

**PRINCIPAIS MERCADOS PARA PLÁSTICOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE VIDRO**

Vantagens do Fiberglas	Transportes	Construções	Marítimo	Manuseio de Materiais Elétrico	Equipamento de Diversão	Bancos	Aplicações corrosivas	Cobertura e Invólucros Protetores	Eletrodomésticos	Aeronáutica e Militar
Não-corrosivo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Menor trabalho de acabamento	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Propriedades elétricas		✓		✓				✓	✓	
Precisão de detalhes	✓	✓		✓	✓			✓	✓	
Cor inerente	✓	✓		✓				✓	✓	
Decorativo	✓	✓		✓	✓			✓	✓	
Calidez	✓				✓					
Translúcidez	✓					✓				
Bom acabamento superficial		✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Amarrações embutidas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Moldagem em peça única	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
Resistência Mecânica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
Estabilidade dimensional										
Resistência à altas temper.										
Leveza	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Baixa manutenção	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

✓ MUITO IMPORTANTE PARA ESTES MERCADOS

□ TAMBÉM IMPORTANTE PARA ESTES MERCADOS

# Fiberglass. A opção inteligente, econômica e prática.

Material	Resistência à flexão			Rigidez		Resistência à tração		Alongamento sob tração		*N.D. — NÃO DISPONIVEL	RESINA POLIÉSTER		
	% Vidro (pvc)	Densidade (g/cm³)	[10³ Kg/cm³]	Modulo de flexão Kg/cm² x 10³	Espessura (mm)	Kg/cm² x 10³	Espessura (mm)	Espessura (mm)	Modulo de tração Kg/cm² x 10³		Características	Aplicações Usuais	
Manta	25%	1,5	1,27	3,27	5,63	7,42	8,44	2,13	3,63	4,92	Comum, de uso geral	Peças rígidas	Bandejas, barcos, tanques, caixas, bancos, etc.
Roving	25%	1,5	1,27	3,27	5,63	7,42	8,44	2,13	3,63	4,92	Flexível e semi-rígido	Rijo, boa resistência ao impacto, alta resistência à flexão, baixo módulo de flexão (rigidez)	Amortecimento de vibrações: cobertura e proteção de máquinas, capacetes de segurança, encapsulamento de peças eletrônicas, gel-coats, massas plásticas, carrocerias de automóveis, barcos, etc.
Roving Tecido	50%	1,6	2,81	2,29	14,06	5,49	28,12	0,64	1,27	14,06	Resistente às intempéries e estável à luz	Resistem às intempéries e à deterioração por ação dos raios ultra-violeta	Painéis estruturais, clarabóias, glazings
Tecido 1000	45%	1,6	2,60	2,21	11,95	5,79	19,69	0,92	1,50	11,95	Resistente ao ataque químico	Possue a maior resistência química do grupo poliéster, excelente resistência aos ácidos, boa resistência aos álcalis	Aplicações anticorrosivas tais como: tubos, tanques, dutos, exaustores, etc.
Alumínio		2,7	0,84	4,01	70,31	3,20	8,44	2,11	0,25	70,31	Auto extingüível	Não espalha a chama; rígido	Painéis para construção (interior), componentes elétricos, tanques de combustível
Aço	6,6	1,97	2,61	210,93	2,21	19,69	0,92	0,08	210,93		Alto ponto de distorção térmica	Trabalham até 20°C; rígido	Peças para aviões
Aço Inox	8,0	2,46	2,34	196,87	2,26	21,08	0,84	0,10	196,87				
Madeira Compensada	0,6	0,14	9,88	11,25	5,89	1,41	13,36	N.D.*	N.D.*				
Poliestireno	1,1	0,98	3,71	3,52	8,78	5,64	3,20	6,35	2,81				

PROPRIEDADES FÍSICAS DE LAMINADOS FEITOS COM RESINA POLIÉSTER E DIVERSAS COMPOSIÇÕES DE FIBRA DE VIDRO										
Lami-nado	Camadas	Material	Espes-sura (mm)	% Vidro	Resis-tência à tração (kg/cm²)	Resis-tência à flexão (kg/cm²)	Módulo Elasticida-de (kg/cm²)	Peso Vidro (g/m²)	Peso Resina (g/m²)	Peso Laminado (g)
1	2	Manta 600 g/m²	3,2	28,2	990	1650	64400	1230	3150	4380
2	1	Tecido 342 g/m²								
	1	Manta 600 g/m²	2,5	28,4	740	1300	62300	950	2400	3350
3	1	Tecido 342 g/m²								
	2	Manta 450 g/m²	2,8	32,0	970	1550	77000	1260	2700	3960
4	1	Tecido 342 g/m²								
	2	Manta 600 g/m²	3,3	30,1	1050	1500	66500	1570	3630	5200
5	1	Tecido 342 g/m²								
	3	Manta 600 g/m²	4,6	32,0	930	1300	64400	2200	4770	6970
6	1	Tecido 342 g/m²								
	1	Manta 450 g/m²								
	1	Tecido 342 g/m²	3,1	24,9	640	2600	103000	1140	3450	4590
7	1	Tecido 342 g/m²								
	2	Manta 450 g/m²								
	1	Tecido 342 g/m²	4,6	22,6	740	2000	84000	1600	5480	7080
8	1	Manta 450 g/m²								
	3	FABMAT 2415	6,5	39,2	2100	3000	111000	4315	6770	11085
9	1	Tecido 342 g/m²								
	1	Roving Tecido 820 g/m²								
	1	Tecido 342 g/m²	2,3	42,5	1300	2000	54600	1540	2060	3600
10	1	Tecido 342 g/m²								
	1	Manta 450 g/m²								
	1	Roving Tecido 820 g/m²	3,2	38,3	1200	1600	87500	1660	2650	4310
11	2	Roving Tecido 820 g/m²	2,0	52,7	2730	3150	130000	1540	1390	2930
12	1	Roving Tecido 820 g/m²								
	1	Manta 450 g/m²								
	1	Roving Tecido 820 g/m²	2,5	53,2	2000	3200	154000	2150	1910	4060
13	1	Manta 600 g/m²								
	1	Roving Tecido 820 g/m²								
	1	Tecido 342 g/m²	3,2	36,0	805	1600	51100	1820	3230	5050
14	1	Manta 450 g/m²								
	2	Roving Tecido 820 g/m²	2,5	47,0	1550	2950	133000	2150	2430	4580
15	1	Manta 450 g/m²								
	1	Roving Tecido 820 g/m²								
	1	Manta 450 g/m²	2,5	47,9	1750	2200	78000	2100	2310	4410



Brasileira de Fiberglass Ltda.

CEP 04713 - RUA DA PAZ, 637 - TELEFONE: 523-8955  
CH. STO. ANTONIO - SANTO AMARO - SÃO PAULO - SP  
ENDEREÇO TELEGRÁFICO: «AEROFIBRA»

### Bibliografia

- Plástico Reforçado com Fibra de Vidro - Guia de fabricação pelos processos manual ("hand lay-up") e à pistola ("spray-up")  
A.Carvalho Filho - OCFIBRAS
- Fiberglass . Custo , dimensionamento e lay-out  
OCFIBRAS
- Equipamento de fiberglass para ambientes agressivos  
OCFIBRAS
- Pintura sobre substrato de poliéster reforçado com fibra de vidro  
OCFIBRAS
- Resinas Poliéster  
Polidura S.A.
- Manual de resinas Dérakene  
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento - Dow Química S.A
- The Manufacturing Technology of Continuous Glass Fibres  
Loewenstein , K .L
- Tecnologia de materiais poliméricos  
Zavaglia , Cecília Amélia de Carvalho  
DEMa - FEC - UNICAMP