

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 TAKAKI YOSHIDA

orientador: ETTORE BRESCIANI FILHO

- 1987 -

AGRADECIMENTOS

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

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

TF-1987
V83p

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 mánicas 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 violete.....	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).

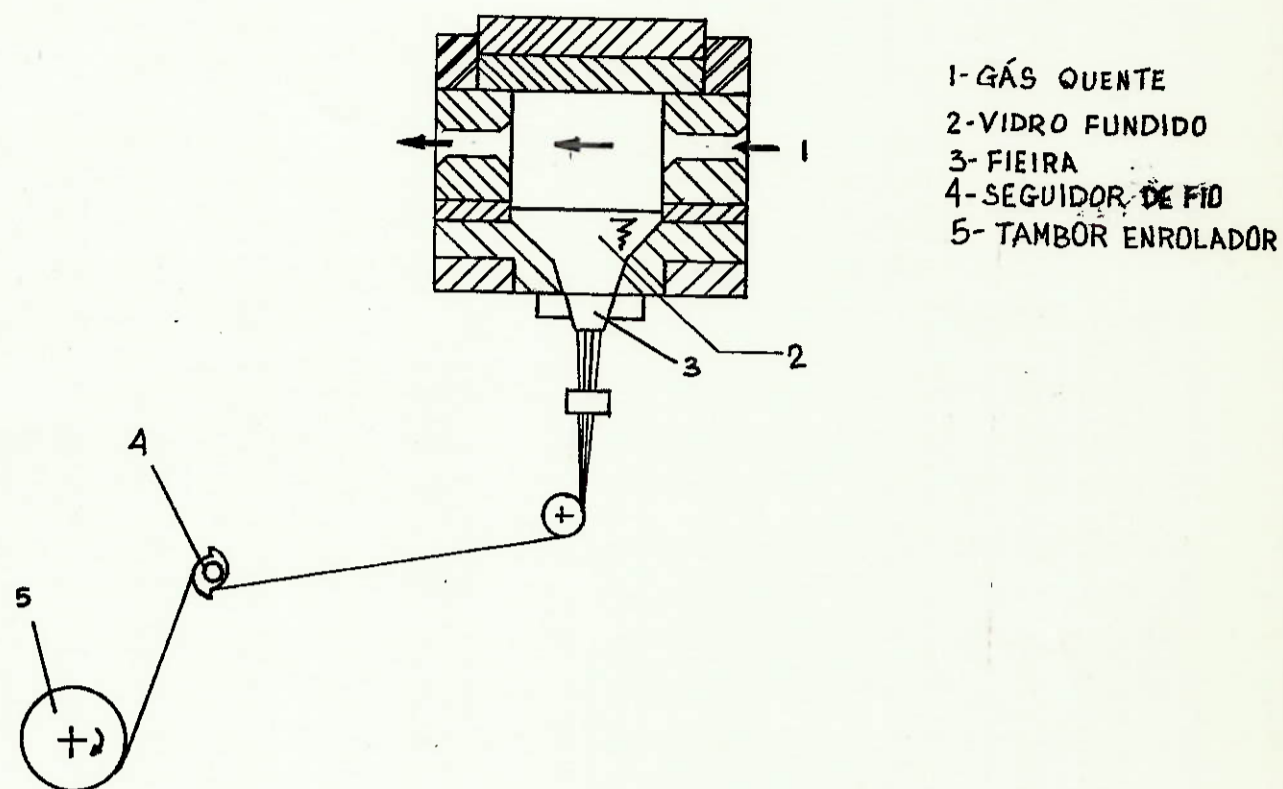


Figura 1 - Esquema simplificado do processo de fabricação da fibra

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 Na₂O e K₂O) 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 ₂	55.1	65.0	72.3	65.0
Al ₂ O ₃	14.6	4.0	2.5	25.0
B ₂ O ₃	7.3	5.0	0.5	--
MgO	3.3	3.0	0.9	10
CaO	18.6	14.0	9.0	--
Na ₂ O	0.3	8.5	12.5	--
K ₂ O	0.2	--	1.8	--
Fe ₂ O ₃	0.3	0.5	0.5	--
F ₂	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 C 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 laminação, 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 laminação sobre o "gel-coat"). São fornecidas em gramagens variando de 225 a 600 g/m². Cada camada de manta com 450 g/m² requer cerca de 1000 g de resina poliéster para uma espessura média de 1 mm.

B.2-Manta_com_ligante_em_emulsão

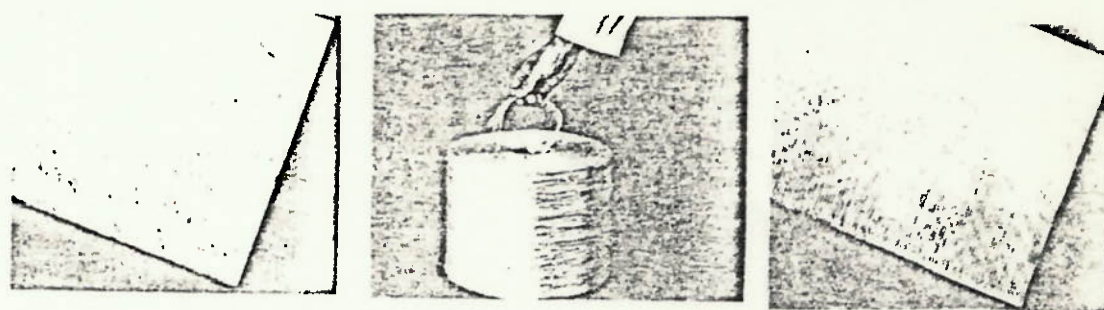
Esta manta é formada com ligante que garante rápida penetração e molhagem pela resina além de facilitar o corte, manuseio e acomodação das camadas de reforço no molde. Não deve ser utilizada como reforço de estrutura submetido a intempérie. Fornecida em gramagens variando de 225 a 600 g/m² proporciona 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 mecânicas e resistência ao impacto. São disponíveis nas gramagens de 600 a 800 g/m², proporcionando espessuras de aproximadamente 1mm após a laminação.

D-Roving_(fio_contínuo)

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 laminação 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/m²) 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.

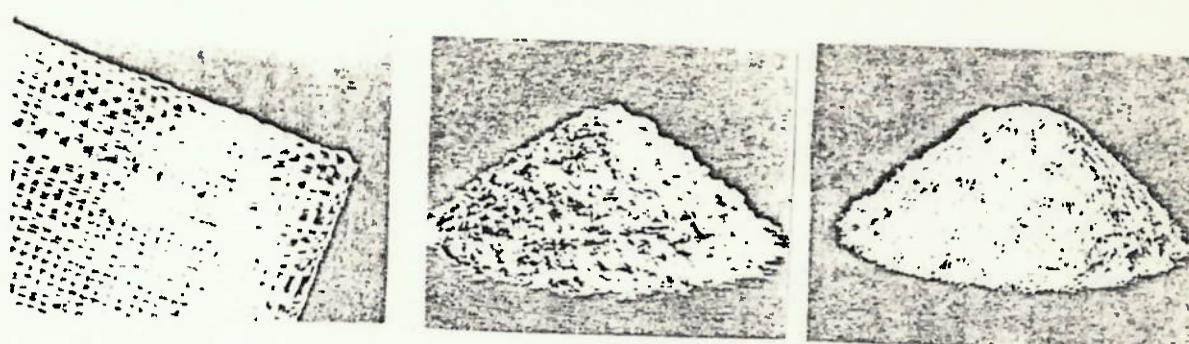
Deve ser observado que existe uma diferença apreciável na resistência deste tecido nas direções normal e radial (trama e urdume), sendo que na medida do possível fazer com que as direções principais do tecido coincidam com a direção de aplicação da força.

F-Flocos (fibra moída e picada)

Os flocos ou escamas de vidro C 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 mecânicas 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.



"roving"-tecido

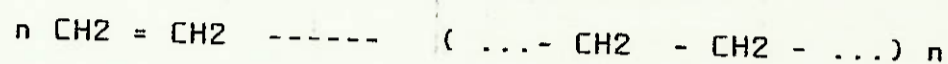
fibra moida

fibra picada

Figura 3 - Outros tipos de fibra de vidro

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 .



etileno
(monômero)

polietileno
(polímero)

Os polímeros são macro-moléculas classificados em:

- 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 vinílico - 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 H₂O 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.

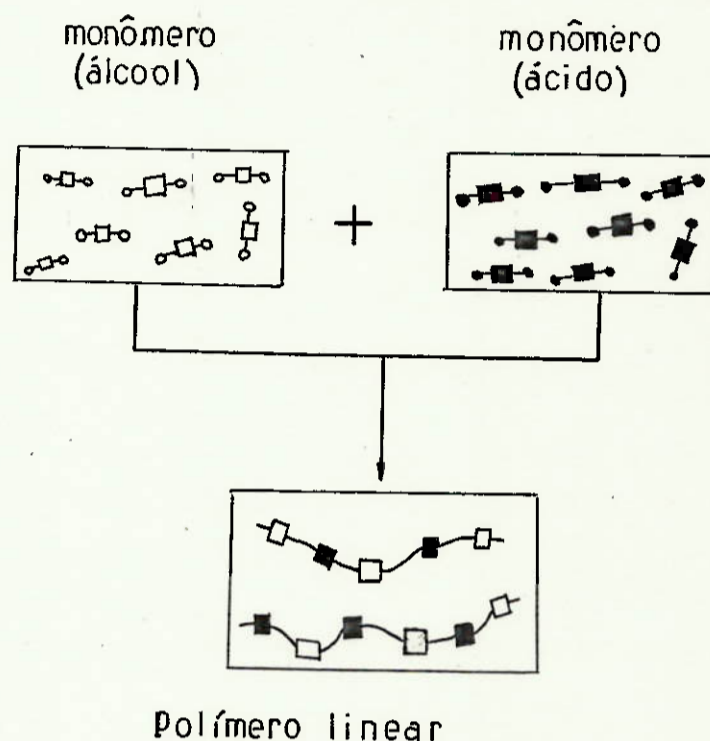
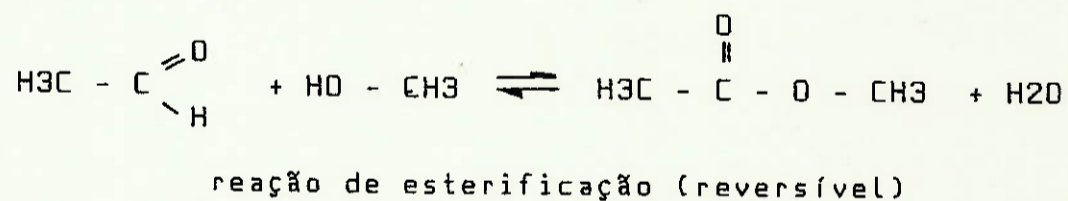


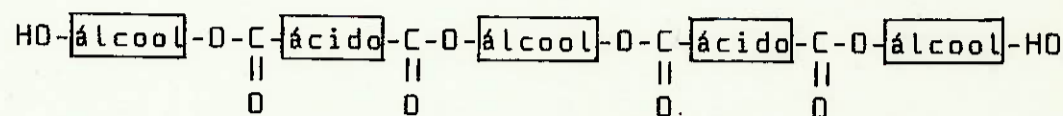
Figura 4 - Representação simplificada do processo de polimerização por condensação

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



Os grupos funcionais $\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{O} \end{array} \right]$, $\left[-\text{OH} \right]$ e $\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array} \right]$ 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.

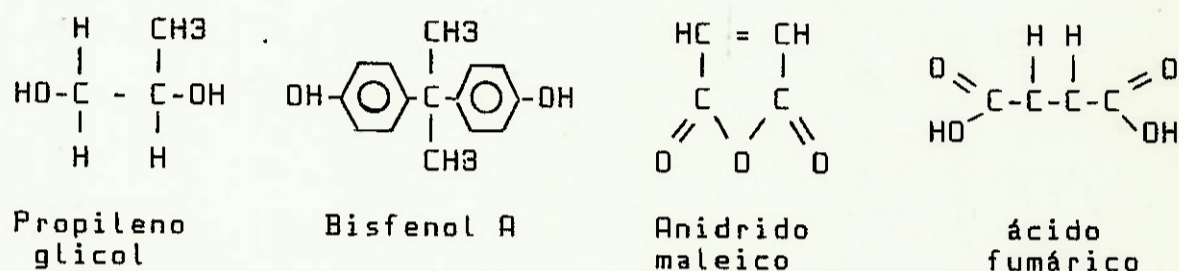


Figura 5 - Alguns compostos utilizados na resina poliéster

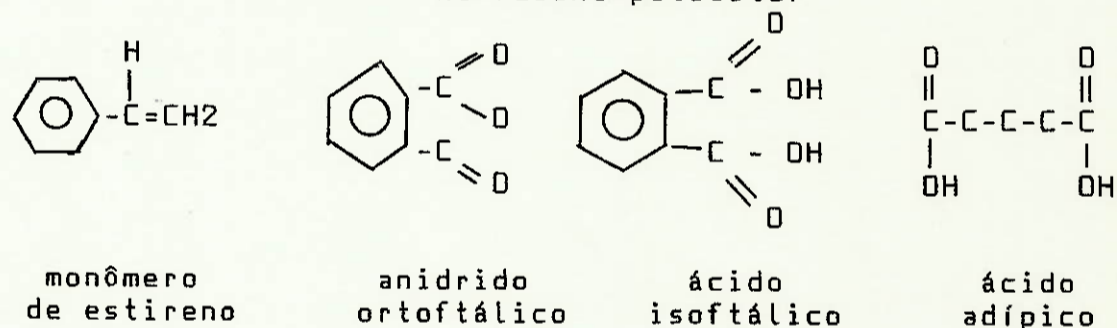


Figura 6 - Produtos que auxiliam a cura

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 estireno. 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 (20oC)	centipoise	1000-1100	----
densidade (20oC)	g/cm ³	1,12	1.22
coef.dilat.cubica	10 ⁶ cm ³ /oC	780	120
calor específico	cal/oC/g	0.40	0.35
dureza Barcol	kg/cm ² /cm ³	---	40-110
tenacidade	*10 ⁶ g/cm ²	---	0.63
resist.flexão	kg/cm ²	---	1550
resist.impacto	kg/cm ²	---	10
resist.tração	kg/cm ²	---	3.5 *10 ⁴
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. $\approx 30^{\circ}\text{C}$	O. K.
Ácido acético, 75%	não usar	não usar	O. K. $\approx 70^{\circ}\text{C}$
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. $\approx 80^{\circ}\text{C}$
Ácido crômico, 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 tânico	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.
Alcool 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.
Bissulfito de sódio	O. K.	O. K.	O. K.
Butileno glicol	O. K.	O. K.	O. K.
Carbonato de bário	não usar	O. K.	O. K. $\approx 80^{\circ}\text{C}$
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.
Clorato de alumínio, (todas concentrações)	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato de amônio	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato de bário	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato de cálcio, saturado	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato cúprico e cuproso	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato férrico e ferroso	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato de magnésio	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato de níquel	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato de sódio, saturado	O. K.	O. K.	O. K.
Clorato 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.
Ftalato de dialila	O. K.	O. K.	O. K.
Ftalato de dibutila	O. K.	O. K.	O. K.
Gasolina	O. K. \approx 30°C	O. K. \approx 30°C	O. K.
Glicerina	O. K.	O. K.	O. K.
Hidróxido de amônio, 10%	não usar	O. K. \approx 30°C	O. K. \approx 70°C
Hidróxido de amônio, 18%	não usar	não usar	O. K. \approx 60°C
Hidróxido de bário, 10%	não usar	não usar	O. K. \approx 60°C
Hidróxido de cálcio, 20%	não usar	não usar	O. K. \approx 60°C
Hidróxido de potássio, 10%	não usar	não usar	O. K.
Hipoclorito de sódio, 10%	não usar	não usar	O. K. \approx 60°C
Hidróxido de sódio, 10%	não usar	não usar	O. K. \approx 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.
Nitrato de amônia, 47%	não usar	O. K.	O. K.
Nitrato cúprico e cuproso	O. K.	O. K.	O. K.
Nitrato férrico e ferroso	O. K.	O. K.	O. K.
Nitrato de magnésio	O. K.	O. K.	O. K.
Nitrato de níquel	O. K.	O. K.	O. K.
Nitrato de sódio	O. K.	O. K.	O. K.
Nitrato de zinco	O. K.	O. K.	O. K.
Nitrito de sódio	O. K. \approx 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.

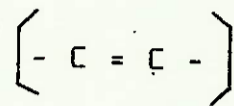
Óleo de Tunge	O. K.	O. K.	O. K.
Pentaclorofenol, 6%	não usar	O. K.	não usar
Persulfato de amônio	O. K.	O. K.	O. K.
Potássio (Clorito, Cianeto, Nitrato, Persulfato, Sulfato)	O. K.	O. K.	O. K.
Propileno glicol	O. K.	O. K.	O. K.
Querosene	O. K.	O. K.	O. K.
Salmoura saturada	O. K.	O. K.	O. K. †
Solvesso 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.
Sulfato de bário	não usar	não usar	O. K. $\leq 70^{\circ}\text{C}$
Explicação:	O. K. = serve para serviço contínuo até 50°C O. K. $\leq 30^{\circ}\text{C}$ = 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.

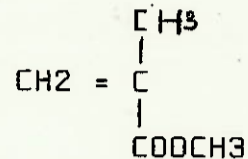
3.2-Resina éster vinílica

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 possuírem o grupo éster adjacentes ao grupo vinílicos, são obtidos 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.



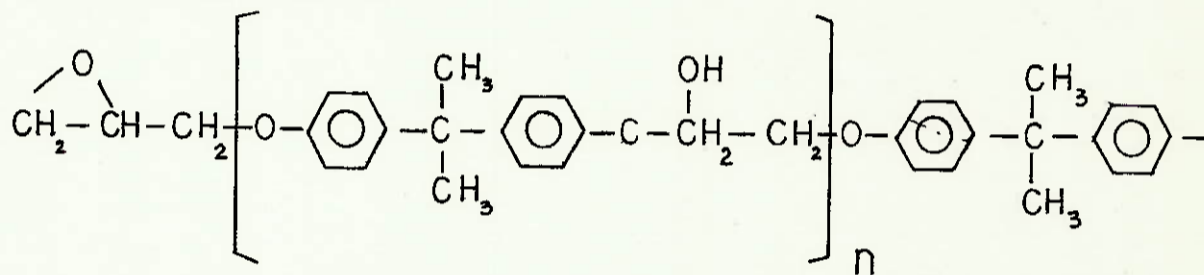
grupo vinílico



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 epicloridrina. 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).

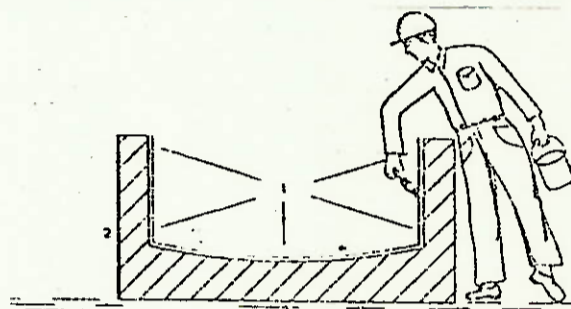
4.1-Descrição dos processos de moldagem

Existem numerosos processos 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 laminação 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 laminação fibra mais resina é prosseguida até atingirmos a espessura final desejada, sendo que em cada laminação 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 laminação recobrimos a superfície do molde com uma camada de "gel-coat" (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 laminação 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, catalizador 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 qualquer processo de molde aberto apenas uma das superfícies 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 laminação manual, apresenta menor incidência da mão-de-obra no custo final da peça.

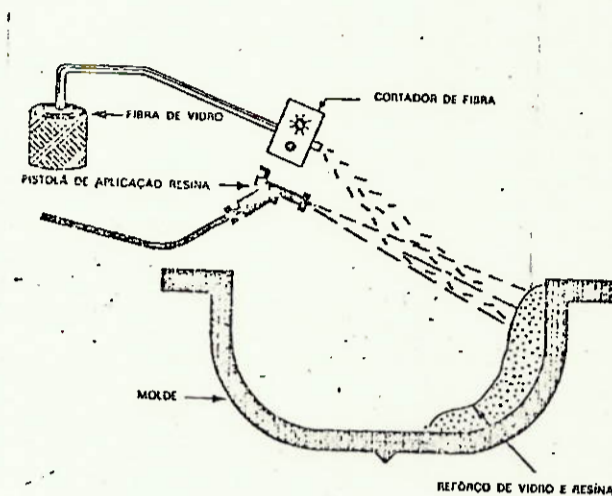


FIGURA 8 - Processo à pistola

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.

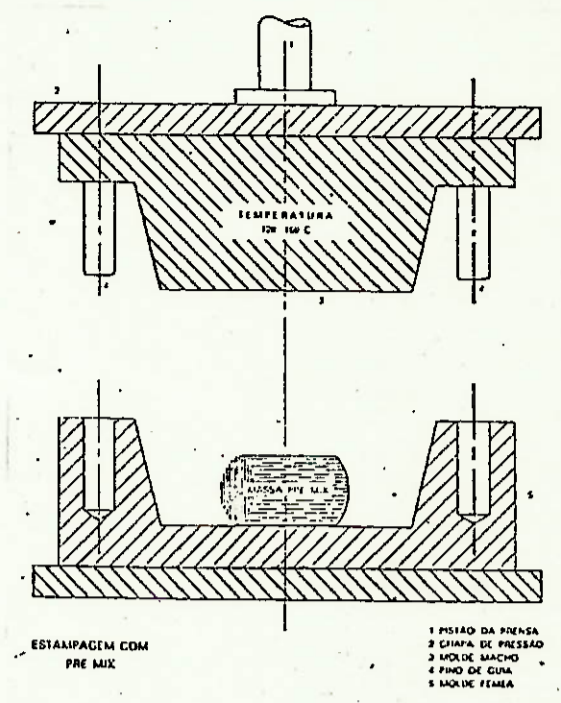


Figura 9 - Processo Premix

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/cm² a 100 - 150 °C. Ependendo 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 de sua utilização somente na fabricação contínua de numerosas peças.

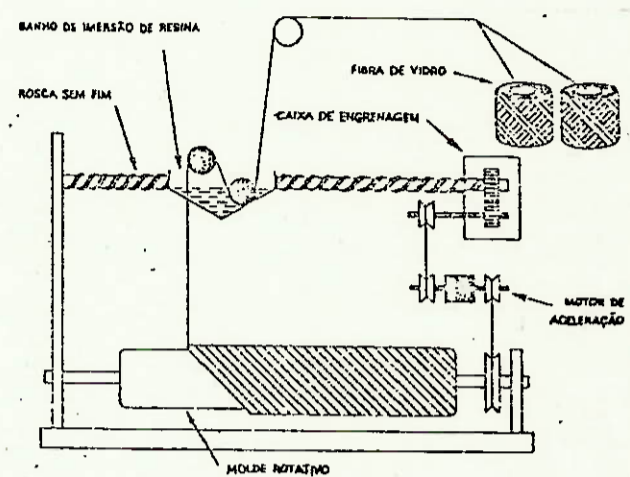


Figura 10 - Processo por enrolamento de fio

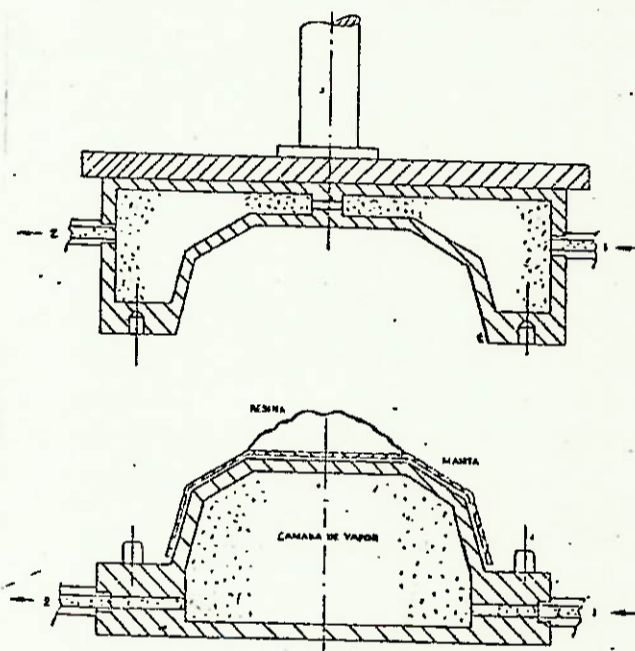


Figura 11 - Processo com molde macho e fêmea

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 às aquelas 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		tecido	aço	alumi nio	
% 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	25	35	2.1	1.4
compressão	1.2	1.4	---	20	1.6	---	20	40	1.9	---
res.flexão	1.6	1.7	1.9	30	22	2.4	30	60	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/cm³ ; resist. tração, compressão, flexão e módulo de compressão e flexão são em * 10³ kg/cm²

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

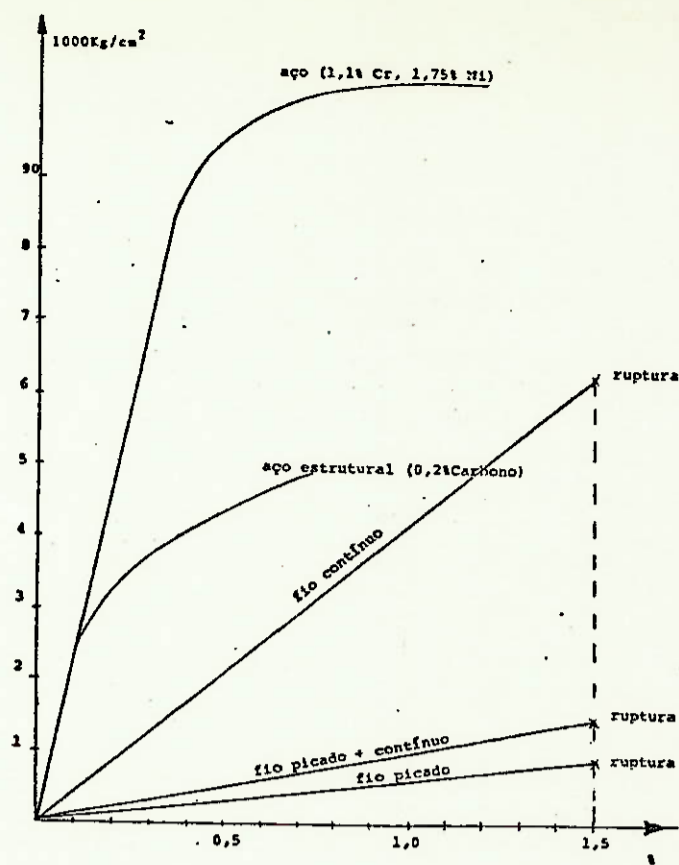


Gráfico 1 - Curva tensão X deformação para aço e fibra

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 dúctil 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.

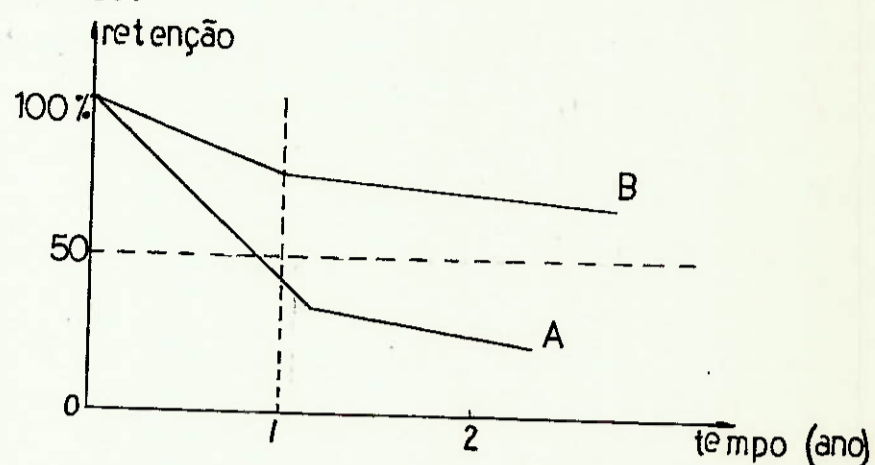


Gráfico 2 - Curva de retenção de propriedades mecânicas X tempo

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 diminui o tempo de manuseio,
- tipo e quantidade de catalisador, acelerador, corante, e outros produtos alteram o tempo de manuseio e polimerização.

5.1-Catalisador

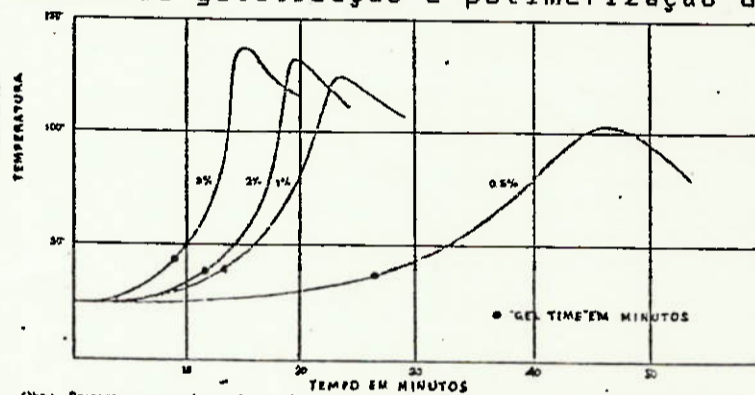
Os catalisadores são substâncias químicas de alta reatividade que se decompõem facilmente, dando início à polimerização. Entre os catalisadores há uma grande variedade, entre os quais os peróxidos orgânicos, água oxigenada e peróxidos inorgânicos que se decompõem por si só, sob influência externa ou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



Obs: Porcentagens se referem à quantidade de peróxido de MEK adicionado a uma resina Pebetron 722 acidulada com 0.2% de nitrato de cobalto a 6% e 25°C

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 pode levar muito tempo, o que causaria uma gelatização 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 claro 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 BPD (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 estender a vida útil de armazenamento. A quantidade de inibidor presente na resina afeta o tempo de gelatização 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 moído, caulim, mica

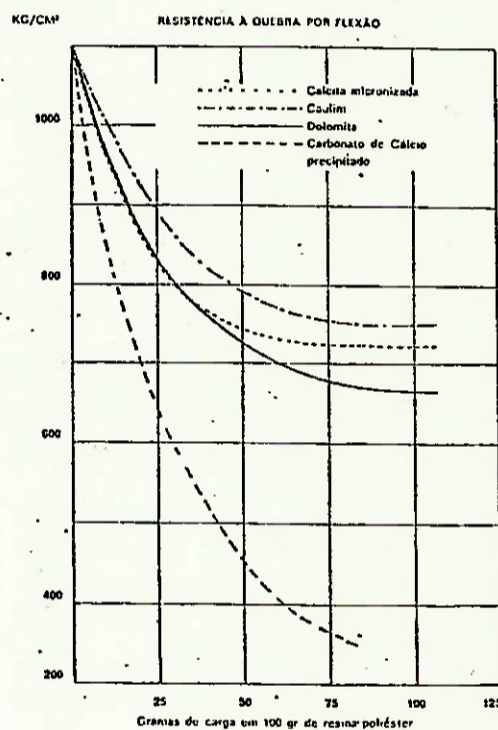


Gráfico 4 - Influência da carga inerte na resistência à quebra por flexão

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 esorra e não permaceça 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 tipo 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 diluídas 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 itens.

Entre os desmoldantes conhecidos 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 .

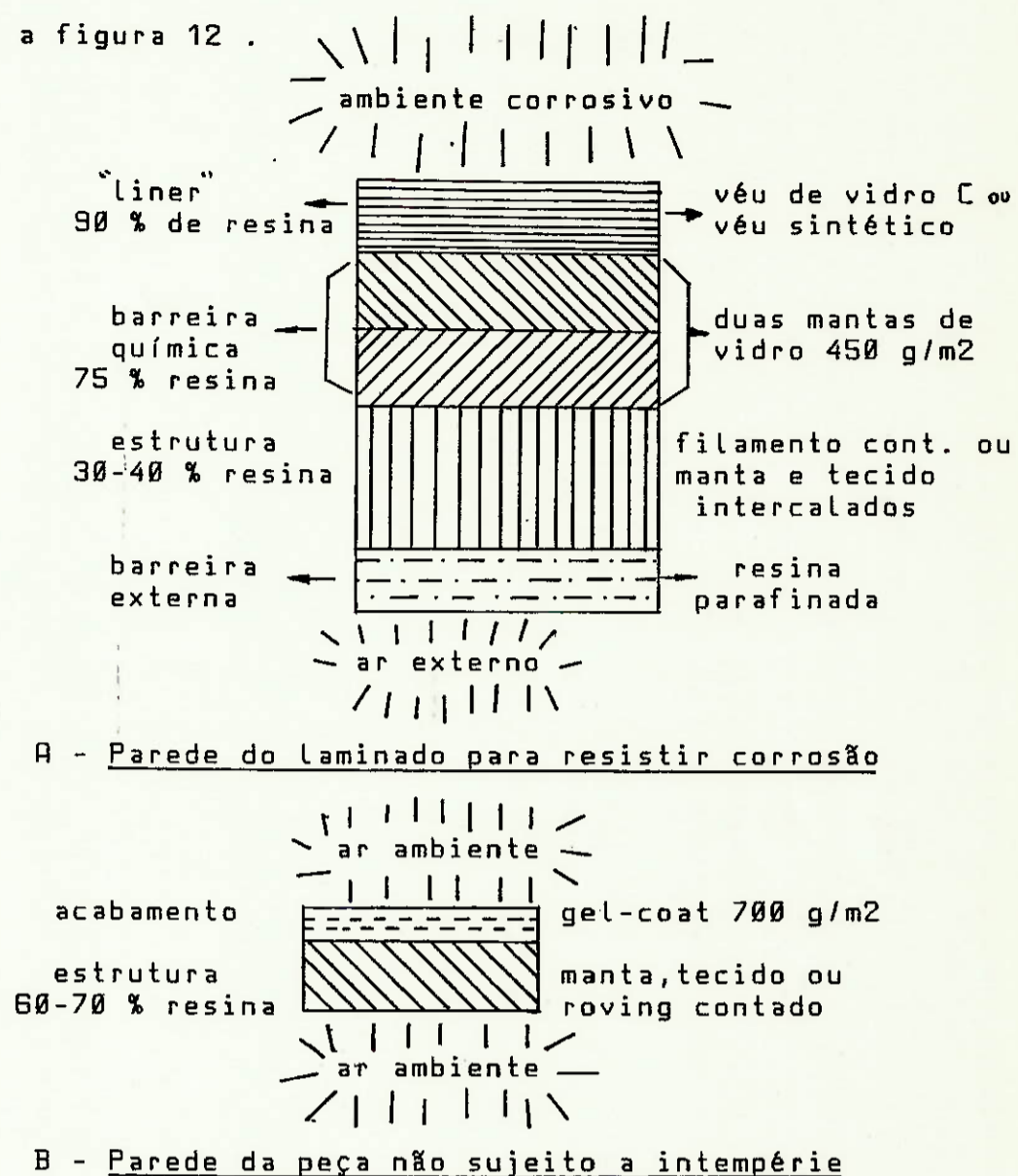


Figura 12 - Tipos de parede

-liner : deve ser construído com uma camada rica em resina (90 % resina) empregando vêu 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.

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

t_a = espessura desejada do PRFV (mm)
 t_b = espessura da peça com material conhecido (mm)
 I_a = índice de espessura desejada
 I_b = índice espessura do material conhecido
 I_a e I_b são tabelados a seguir

material	% vi- dro	densi- dade	resit. flexão	resist. rigidez	resist. tração	resist alonga.
manta/roving	25	1.3	1.00	1.00	1.00	1.00
rovinr 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 analisando 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 ²	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 ²	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 ²	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	26,29	28,20
	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	26,04	27,95
	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	25,78	27,69
		SPRAY-UP														
		Deposição de vidro g/m ²														
		616	1230	1850	2450	3100	3700	4300	4900	5550	6150	6800	7400	8000	8600	9250
Spray-up	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	18,62	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 laminação 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.

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

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 duração2
- 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 refugo . 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 o 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 peça 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 influi 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 tapaporos (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 a 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 laminação, 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 laminação 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 accidental.

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 catalisadore (nesta ordem), na proporção de 0.5 % do acelerador de cobalto e 1 % do

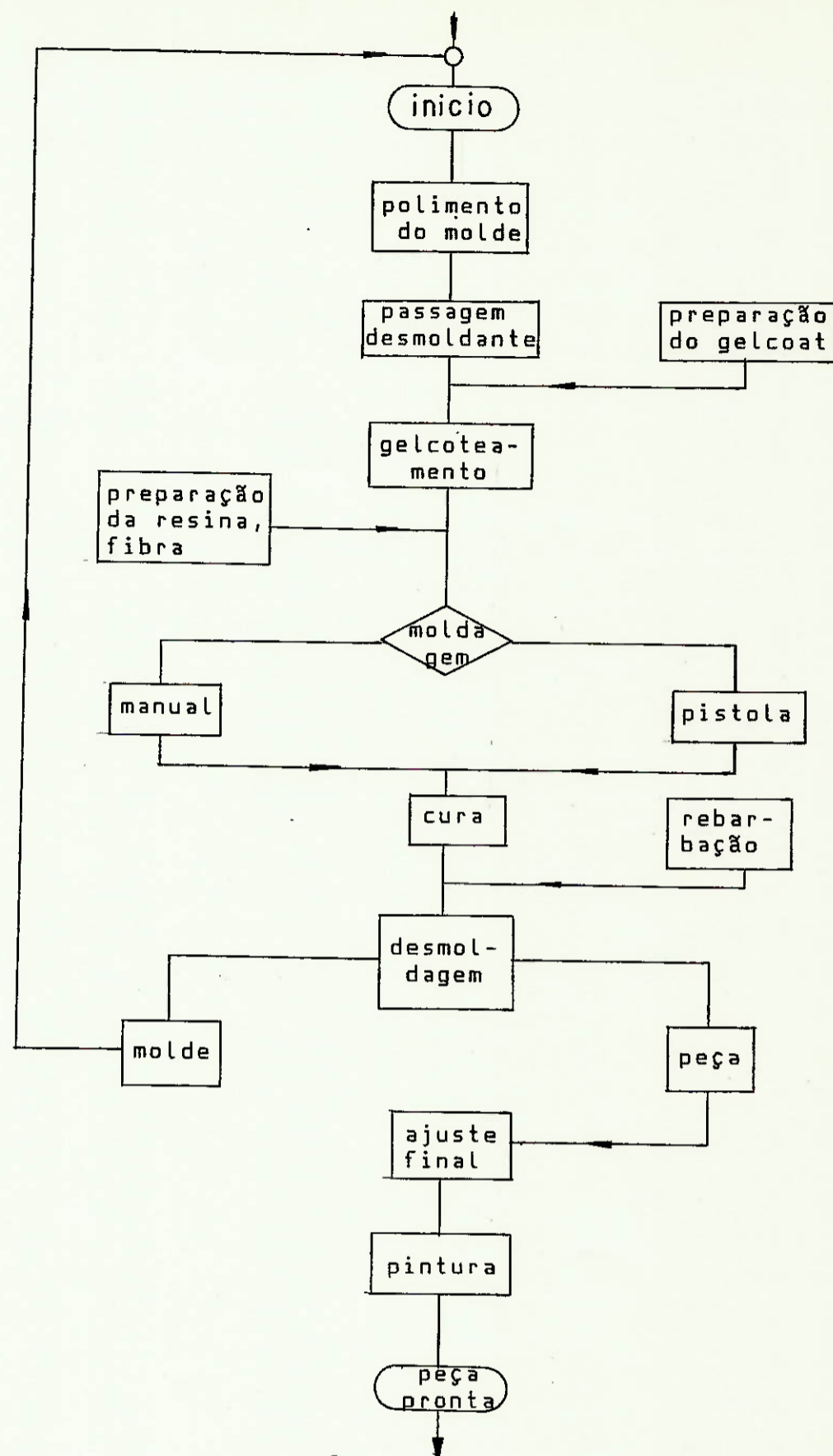


Figura 13 - Sequência de moldagem pelos processos manual e à pistola

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 laminação 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 laminação 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 , trataremos junto neste item .

No processo manual espalhamos primeiro uma camada de resina e depois colocamos as fibras de modo que a resina molhe as fibras de baixo para cima , 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/m2 forma aproximadamente 1 mm de espessura enquanto que o de 600 g/m2 forma 1.5 mm).

Após cada laminação 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 oC durante 16 a 20 horas
- * 80 oC durante 4 a 8 horas
- * 95 oC 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 CO₂ 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 peça que apresentarem defeitos como espaços vazios , arranhões e rachaduras podem ser facilmente consertadas , empregando a resina e pigmento

do laminado original . 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 DC por 20 a 30 minutos para completa liberação dos solventes.

10-Estimativas do custo de fabricação

Estimar os custo 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 laminação, 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 custo 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

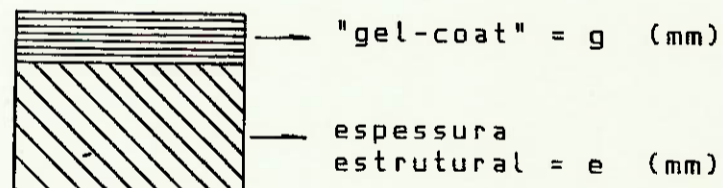
-molde :

- * 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/cm² 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/m² , espessura "e" , área superficial "A" e "G" g/m² de "gel-coat" será :

resina = (0.685) * (Re) * (1.4) * (e) * (A)
 roving = (0.300) * (Ro) * (1.4) * (e) * (A)
 MEKP = (0.010) * (Cat) * (1.4) * (e) * (A)
 acelerador = (0.005) * (Co) * (1.4) * (e) * (A)
 gel = (G) * (Gel) * (A)

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 (m²)

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:

$$(CMD) = \left[(0.685) * (Re) + (0.30) * (Ro) + (0.01) * (Cat) + (0.05) * (Co) \right] * \left[(1.4) * (e) * (A) (1.1 + 0.07 * P / A) \right] + (0.40) * (Gel) * (A) * (1 + 0.07 P / A)$$

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 se 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/m²) , 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 enrigecimento 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 do molde , por peça , será de aproximadamente :

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

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.

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

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 :

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

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

$$CTD = CMD + CMOL + CMOD$$

CAPÍTULO II

FABRICAÇÃO DA 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 itens 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 .

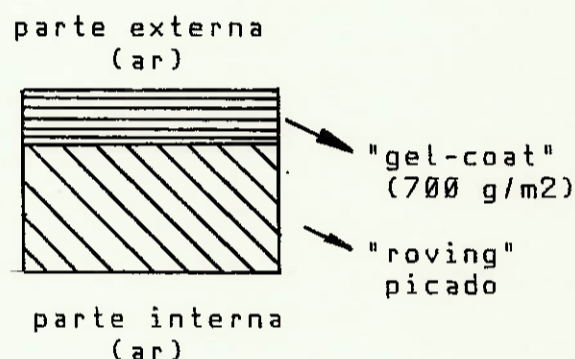
3-Seleção do material

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 ultra-violeta 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:

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

onde : t_a = espessura desejado em PRFV
 t_b = espessura chapa de aço = 1 mm
 I_a = índice de espessura = 1.0
 I_b = 0.30

Resolvendo , encontramos que $t_a = 3.3$ mm de espessura em PRFV terá a mesma rigidez de uma chapa de aço de 1.0 mm.

B-Método empírico

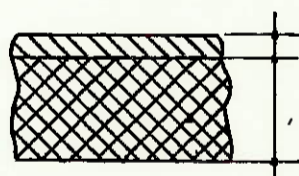
Sabendo-se que a espessura da parede do laminado depende da quantidade (g/m²) e teor (por peso) de fibra de vidro na resina , de experiências passadas temos que paralamas de automóveis apresentam aproximadamente 1300 g/m² num laminado com 30 % de vidro. O resultado será uma espessura aproximada de 4.0 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 :



0.3 mm "gel-coat"

e = 2.5 a 3.0 mm (espessura estrutural)

A espessura de 0.3 mm ao "gel-coat" é arbitrária (400 g/m²) , 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 aproximado 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 componetes 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 laminação , 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 oC , 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 circular) 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 .

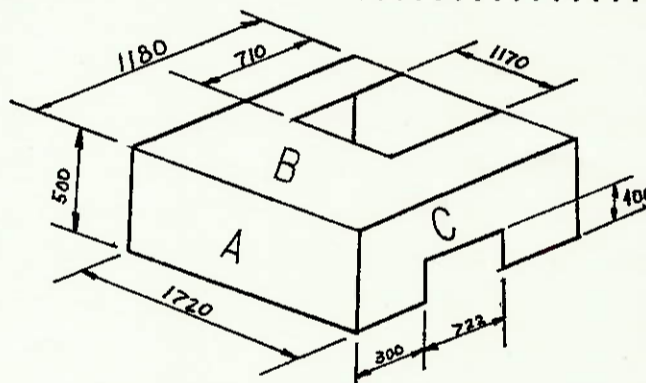
A-Preço dos materiais (cz\$/kg)

- 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.....	St = $\sum_{i=1}^n A_i$
- perímetro total.....	Pt = $\sum_{i=1}^n P_i$
- peso total.....	Pet = $\sum_{i=1}^n P_{ei}$

Traseira



$$S1 = A + B + 2 * C$$

$$S1 = 2.66 \text{ m}^2$$

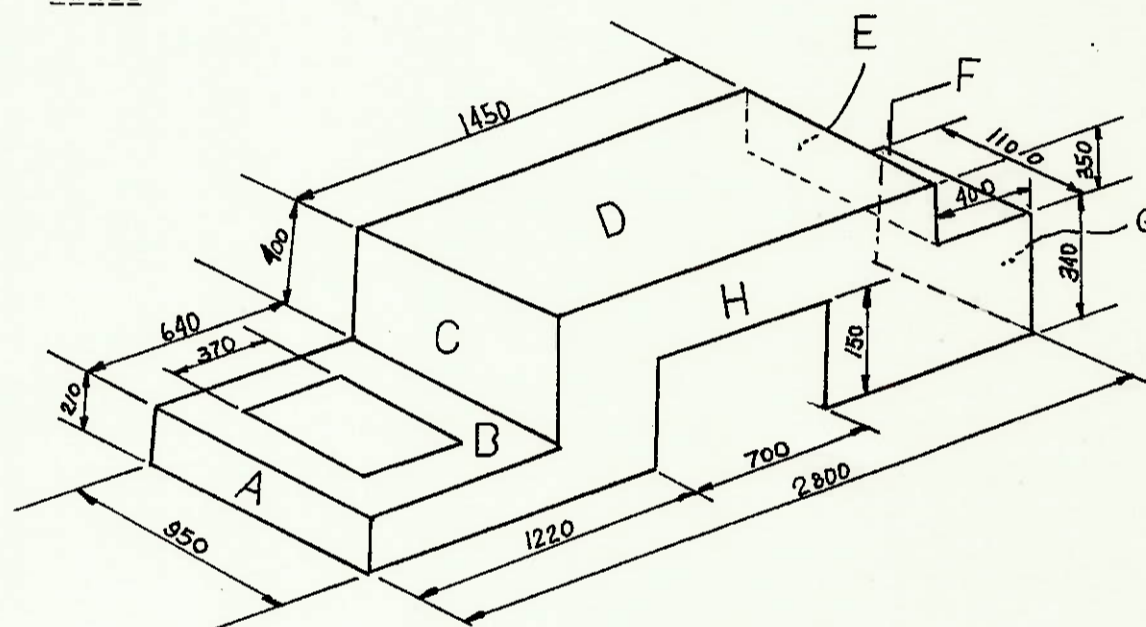
$$P1 = 9.82 \text{ m}^2$$

Isometric drawing of a mechanical part with the following dimensions and labels:

- Overall Dimensions:**
 - Length: 1700
 - Width: 1190
 - Height: 500
- Labels and Features:**
 - A:** Main base block.
 - B:** Front-left vertical support.
 - C:** Front-right vertical support.
 - D:** Top surface of the main base.
 - E:** Right-side vertical support.
 - F:** Top surface of the right-side support.
 - G:** Small rectangular block on top of the right-side support.
 - H:** Small rectangular block on top of the main base.
 - I:** Small rectangular block on top of the right-side support.
 - J:** Small rectangular block on top of the main base.
 - K:** Small rectangular block on top of the right-side support.
 - L:** Small rectangular block on top of the main base.
- Other Dimensions:**
 - Front-left support height: 250
 - Front-left support width: 320
 - Front-left support depth: 190
 - Front-right support height: 230
 - Front-right support width: 950
 - Front-right support depth: 850
 - Right-side support height: 400
 - Right-side support width: 600
 - Right-side support depth: 320
 - Small block G height: 50
 - Small block H height: 1070
 - Small block H width: 960
 - Small block I height: 150
 - Small block I width: 100
 - Small block I depth: 900
 - Small block J height: 150
 - Small block J width: 100
 - Small block J depth: 900
 - Small block K height: 150
 - Small block K width: 100
 - Small block K depth: 900
 - Small block L height: 150
 - Small block L width: 100
 - Small block L depth: 900

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

Fundo

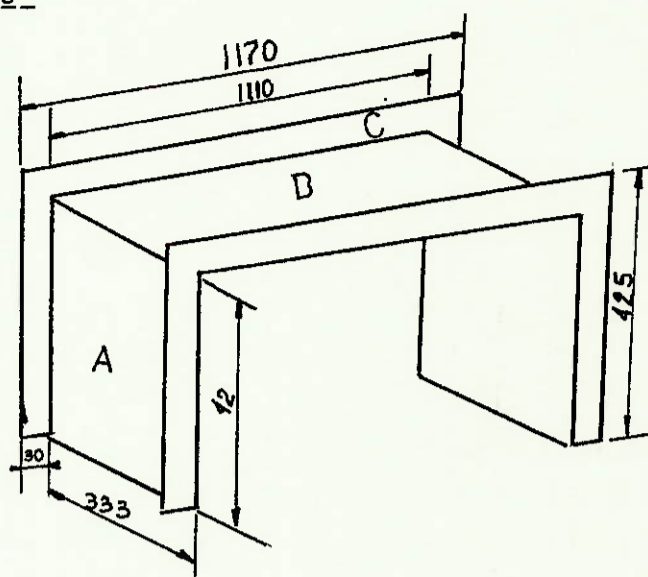


53 = 6.26 m2

P3 = 10.37 m

"Santantônio"

a-interno

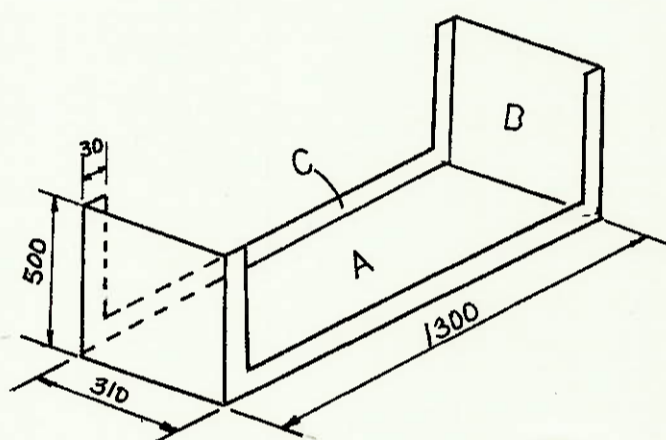


$$S4 = 2 * A + B + 2 * C$$

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

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

b-externo

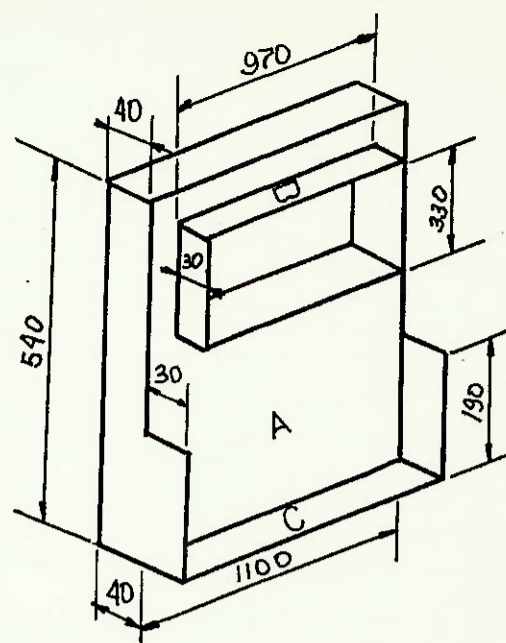


$$S5 = A + 2 * B + 2 * C$$

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

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

Painel

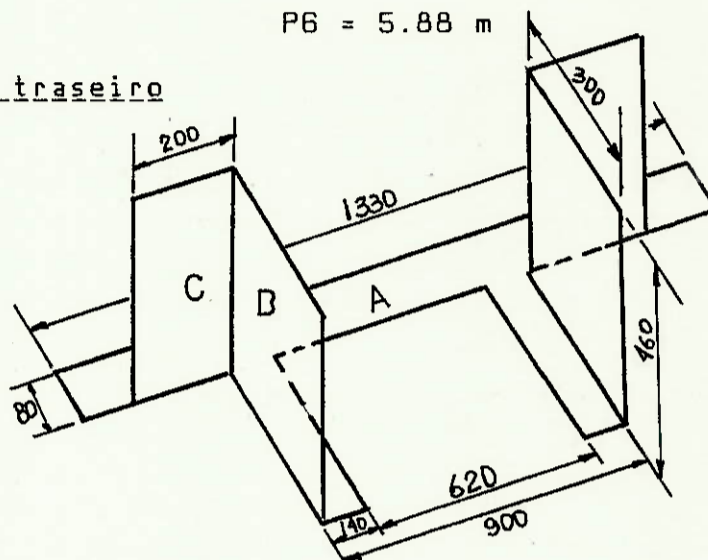


$$S6 = A + B + C$$

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

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

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 : $P_{et} = 15.7 \times 1.4 \times 3 + 15.7 \times 0.4 = 72.22 \text{ kg}$

C-Custo_material_direto

$$\begin{aligned} \text{CMD} &= (0.685 \times 245.00 + 0.3 \times 252.20 + 0.01 \times 365.00 + \\ &\quad 0.005 \times 291.20) \times (1.4 \times 3.0 \times 15.7) \times \\ &\quad (1.1 + 0.07 \times 55.7 / 15.7) + \\ &\quad (0.4 \times 287 \times 15.7) \times (1 + 0.07 \times 55.7 / 15.7) \\ \text{CMD} &= 25520 \text{ Cz\$/peça} \end{aligned}$$

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:

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

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

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

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:

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

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 :

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

$$CMOD = 3009.00 \text{ Cz\$/peça}$$

Portanto o custo final direto será :

$$CTD = CMD + CMOL + CMOD$$

$$= CMD + 0.3 * CMD + CMOD$$

$$= 1.3 * CMD + CMOD$$

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

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

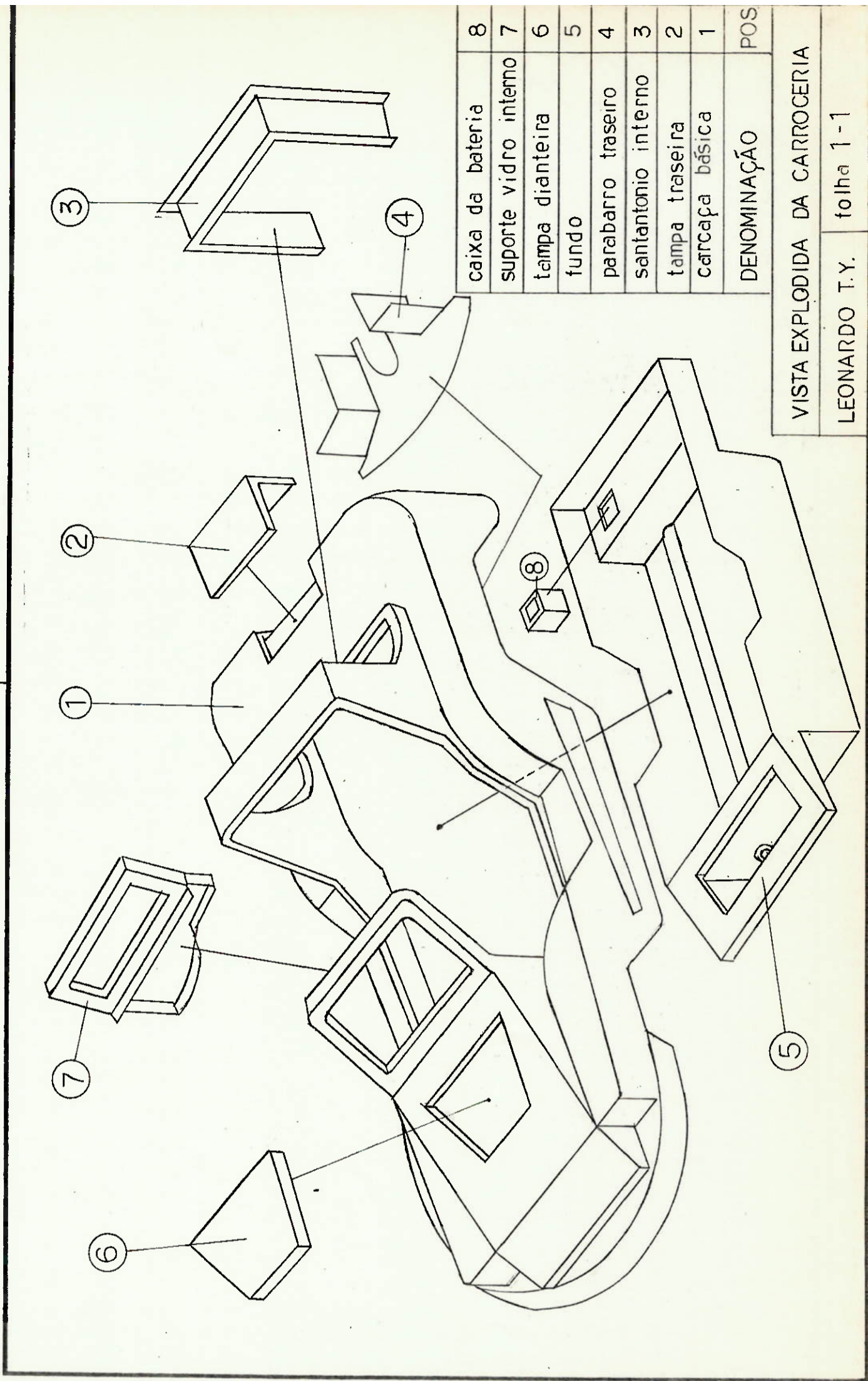
O custo direto será de 74 DTN , sendo que para calcularmos o custo final de fabricação é necessário acrescentarmos ainda os custos com a pintura e custos indiretos .O preço para a venda será igual à soma dos custos , despesas e lucro antes dos impostos .

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

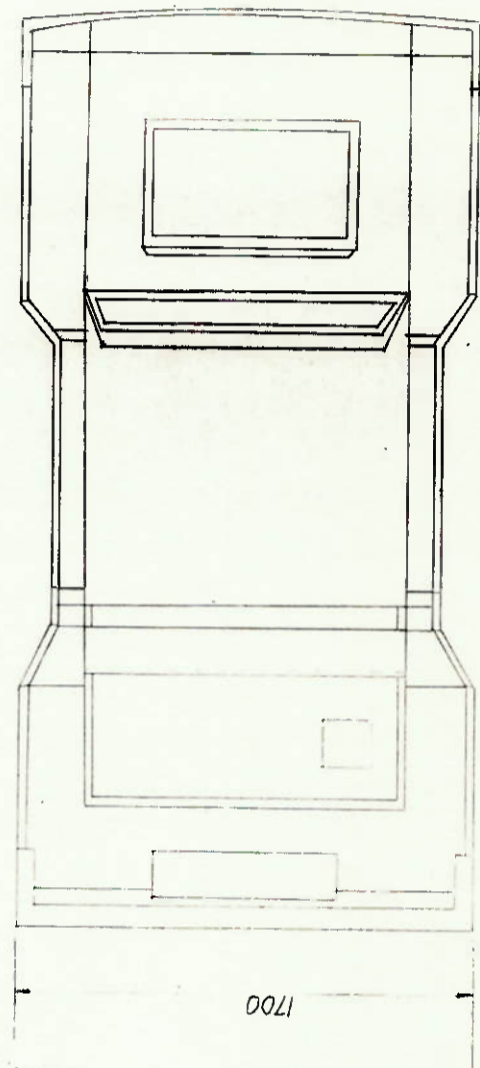
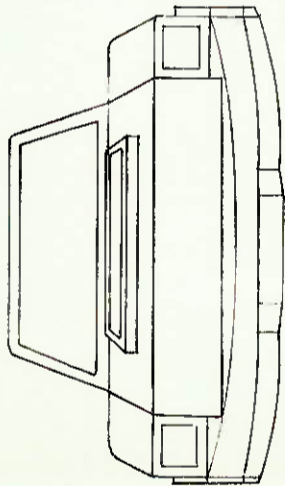
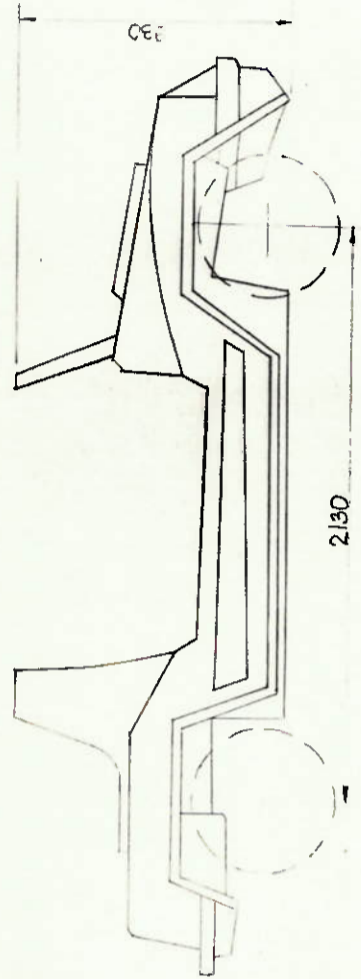
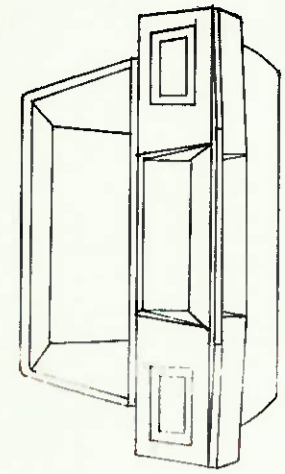
DESENHOS DA CARROCERIA E DOS MOLDES



caixa da bateria	8
suporte vidro interno	7
tampa dianteira	6
fundo	5
parabarro traseiro	4
santantonio interno	3
tampa traseira	2
carcaça básica	1
DENOMINAÇÃO	POS

VISTA EXPLODIDA DA CARROCERIA

LEONARDO T.Y. folha 1-1



ESCALA 1:20

CARROÇERIA BÁSICA

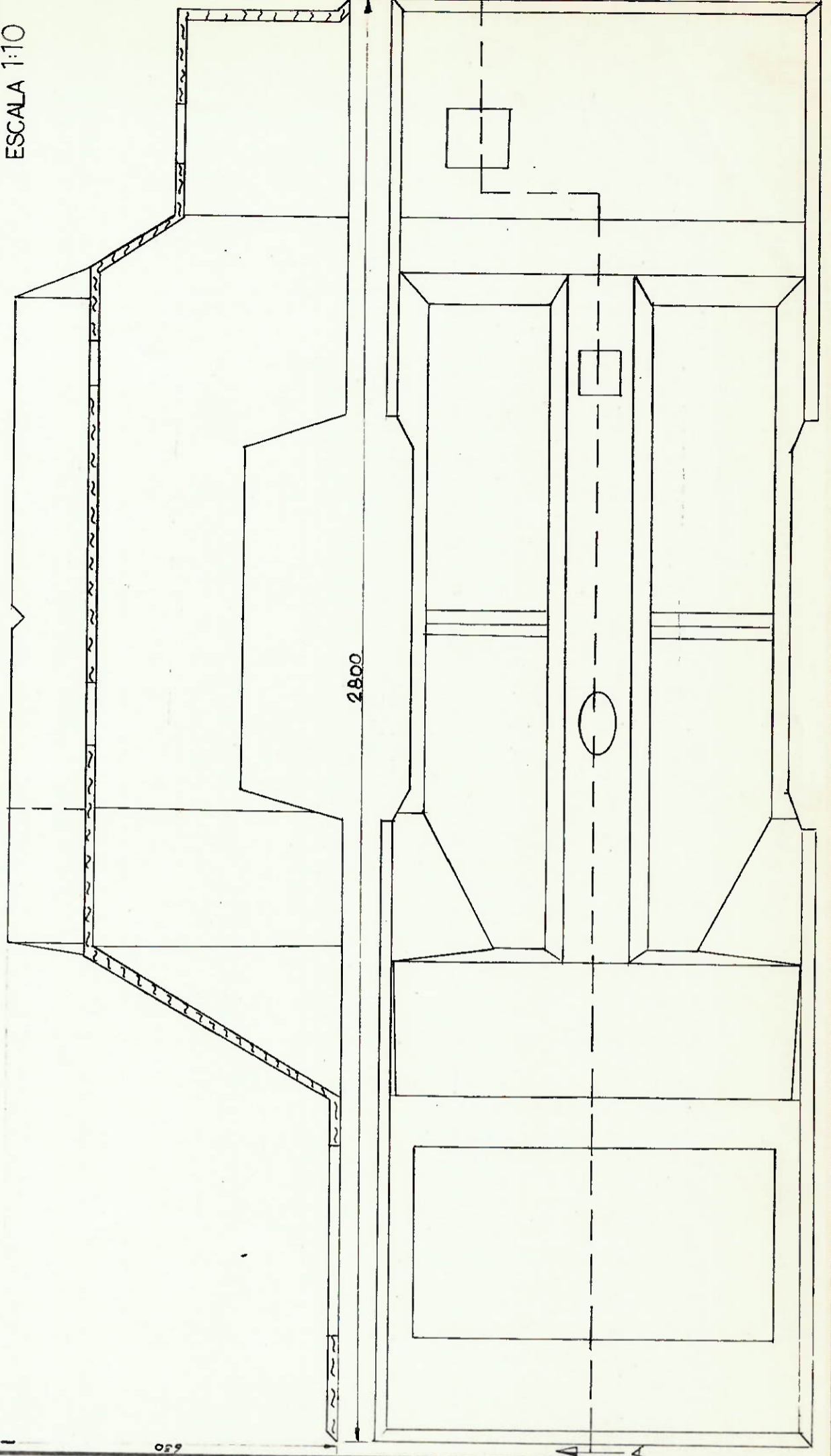
LEONARDO TY

folha 1-2

SEÇÃO AA

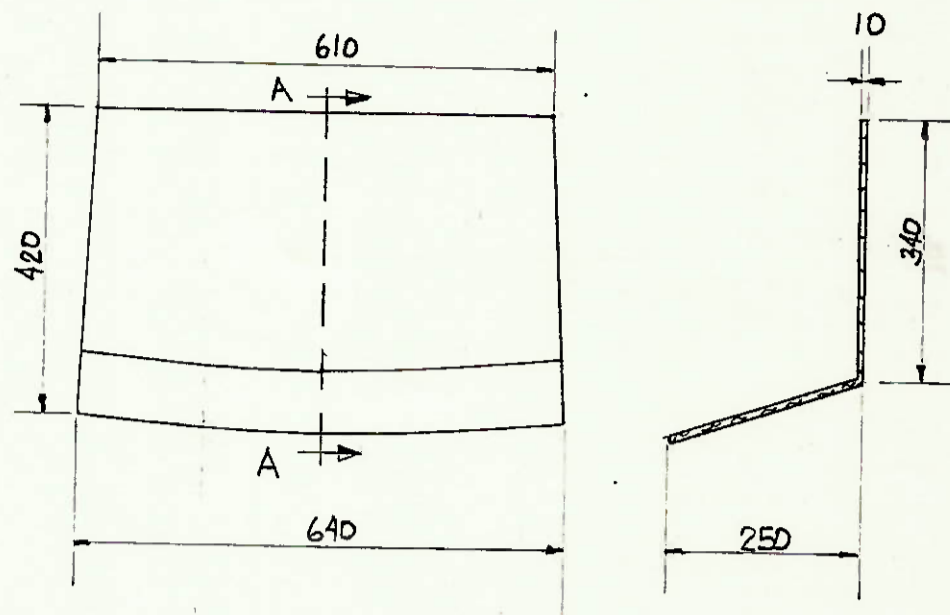
MOLDE FUNDO
folha 2-1

ESCALA 1:10

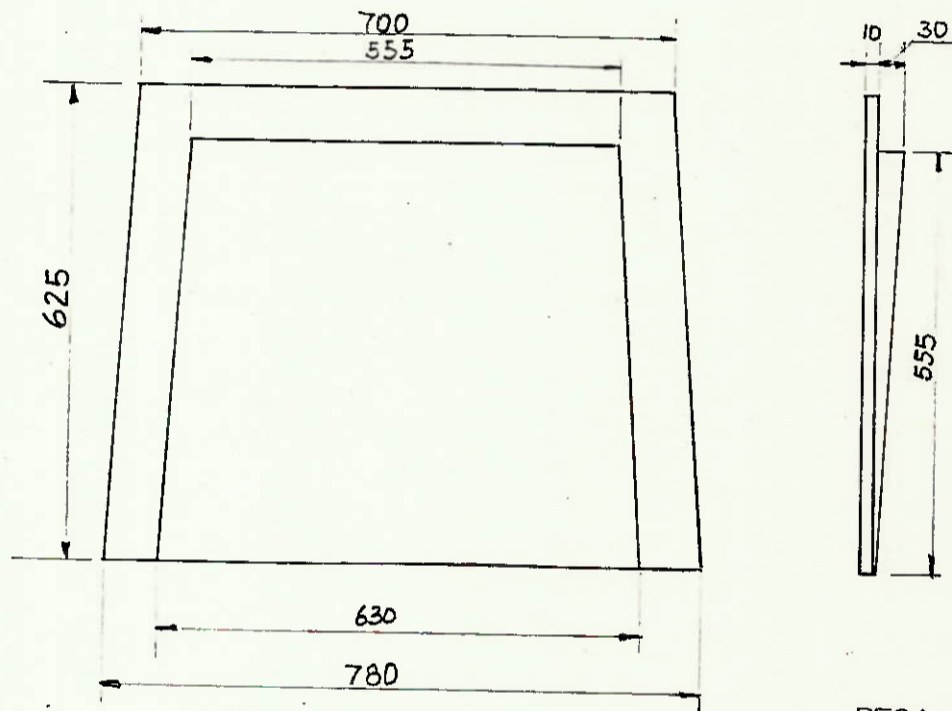


PEÇA-1

SECÇÃO AA



ESCALA 1:10



PEÇA-2

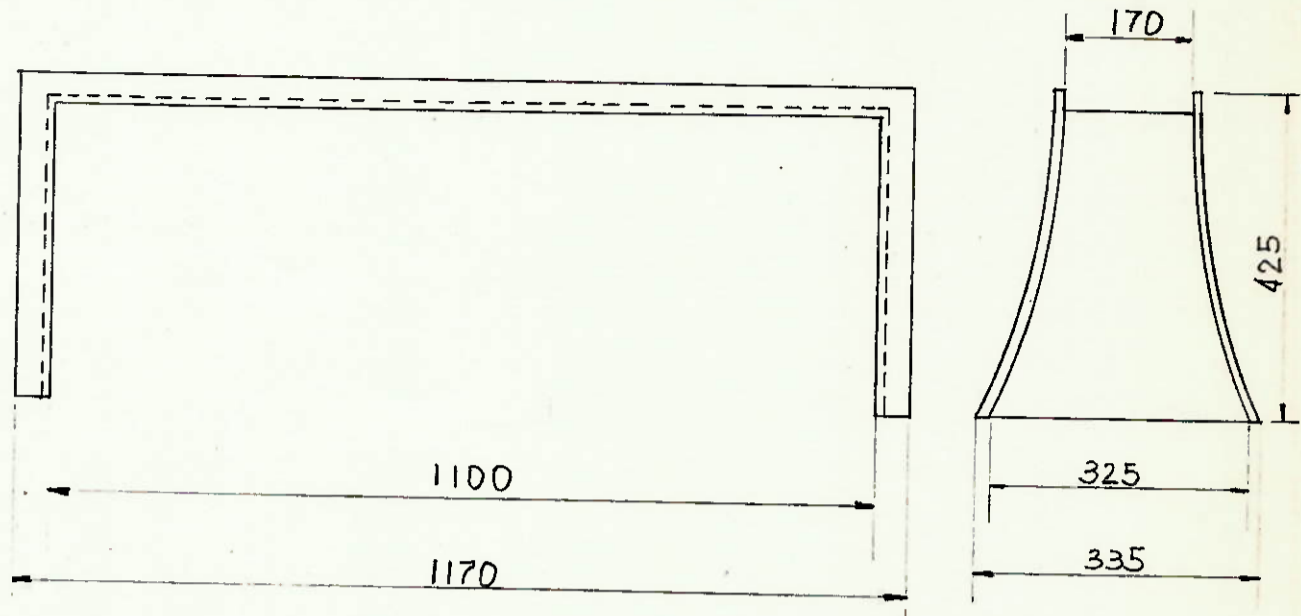
ESCALA 1:10

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

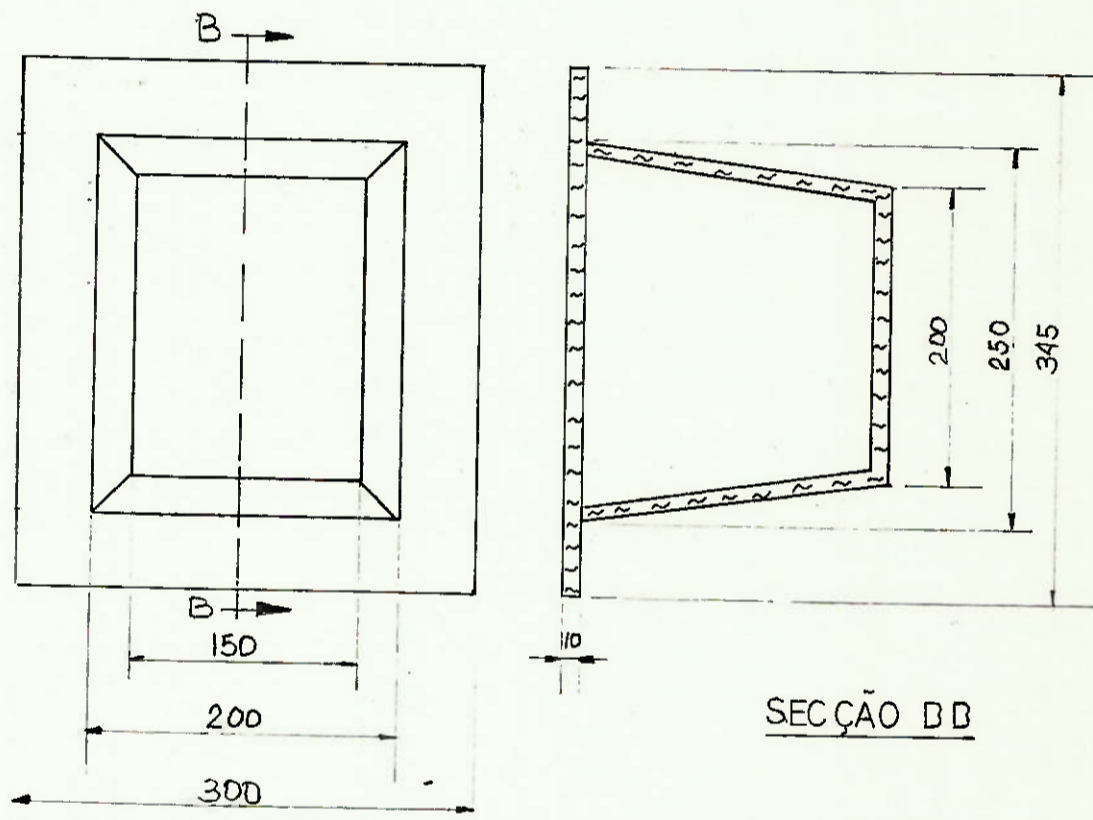
Lumicart - Formato A4 - 210x297 mm

PEÇA - 1

ESCALA 1:10



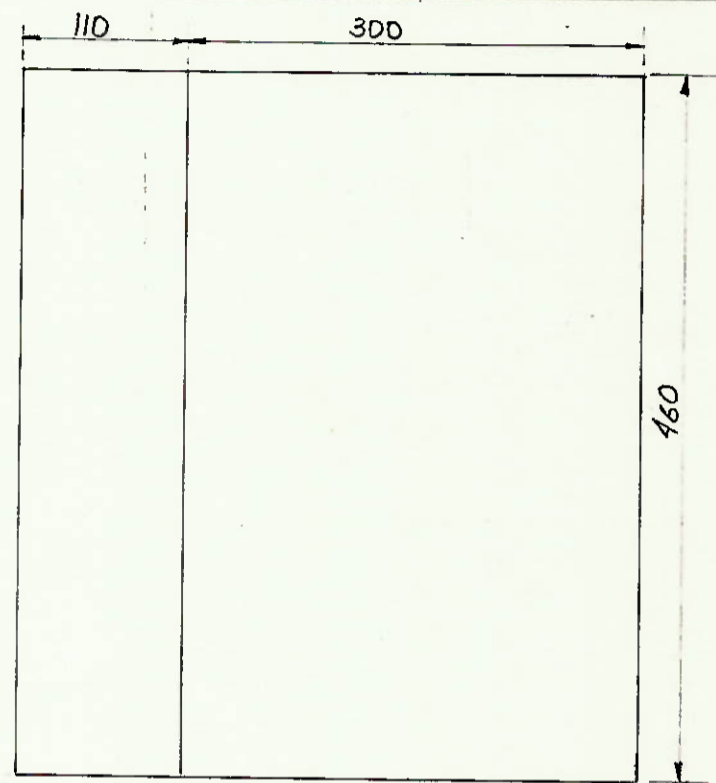
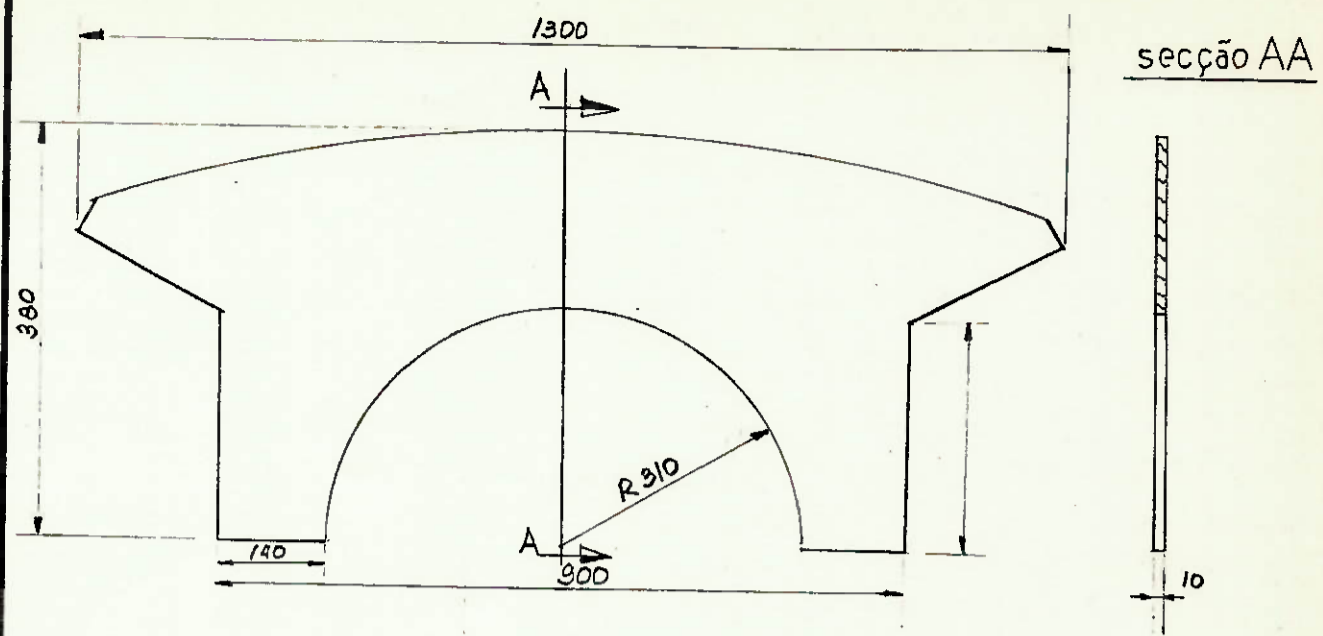
PEÇA - 2



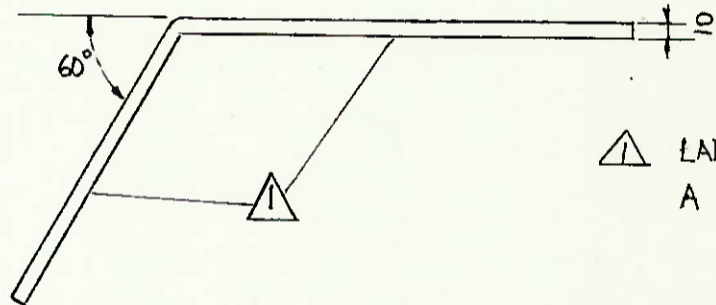
ESCALA 1:5

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

ESCALA 1:10



ESCALA 1:5



NOTA
△ LADO A RECEBER
A LAMINAÇÃO

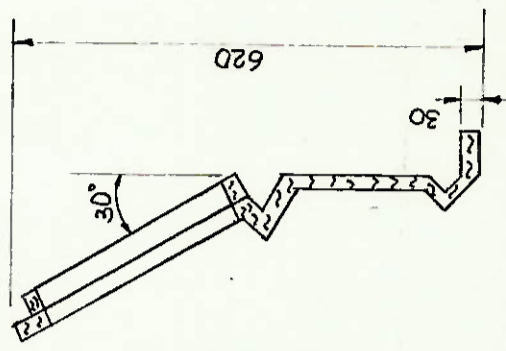
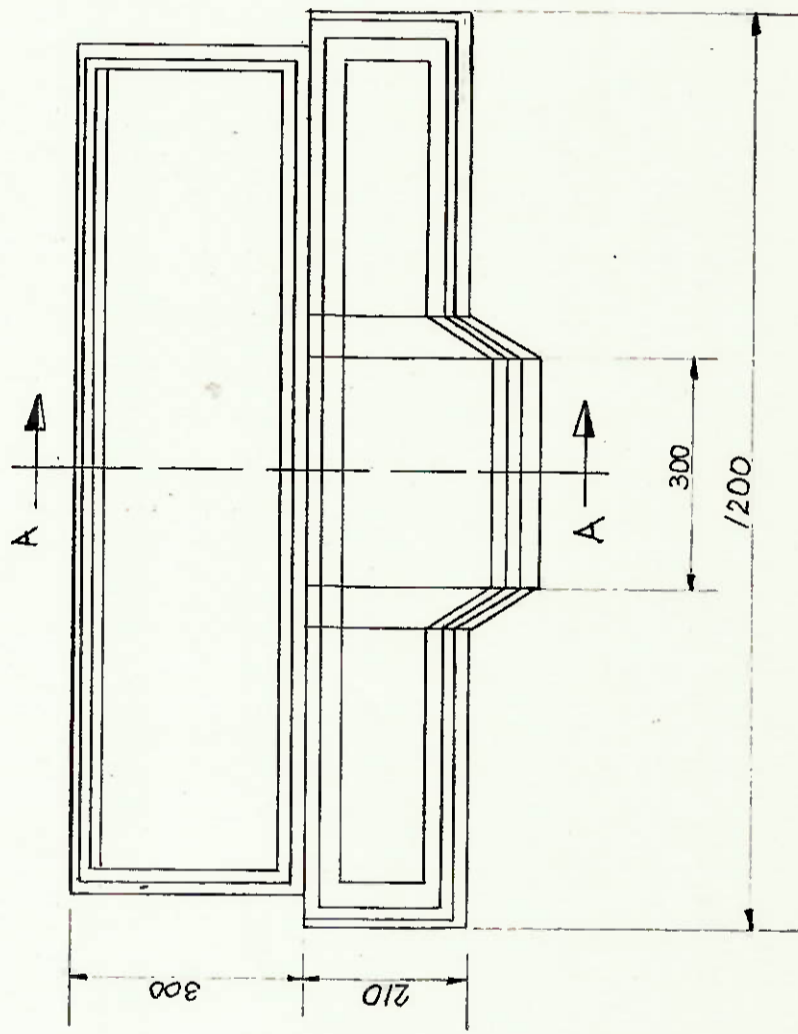
MOLDES DO PARABARRO TRASEIRO

LEONARDO T.Y.

folha 2 - 4



SECÇÃO AA



ESCALA 1:10

MOLDE DO SUPORTE VIDRO

LEONARDO T.Y. folha 2-5

ANEXO - B

CATALOGO DE MATERIAIS



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/m²; 450 g/m² e 600 g/m², com tolerância de ± 20%

Perda ao Fogo (%)

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

Peso por Rolo (Kg)

Gramagem Nominal (g/m ²)	Largura da Manta (cm)	
	140	274
300	80	—
450	87	145
600	92	—

Rolo com cortes

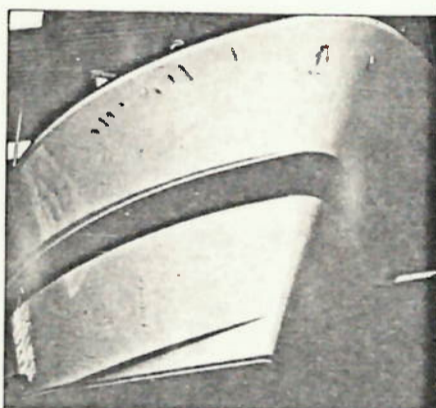
Todos os rolos com descontinuidades são sinalizados no local do corte com uma tira de papel, trazendo a inscrição "Wrap-in".

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

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

DESCRIÇÃO

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 laminação 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

ESPESSURA DO LAMINADO POR CAMADA (mm)

Gramagem Nominal (g/m²)	% Vidro	
	25	30
300	0,87	0,70
450	1,30	1,00
600	1,70	1,30

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.

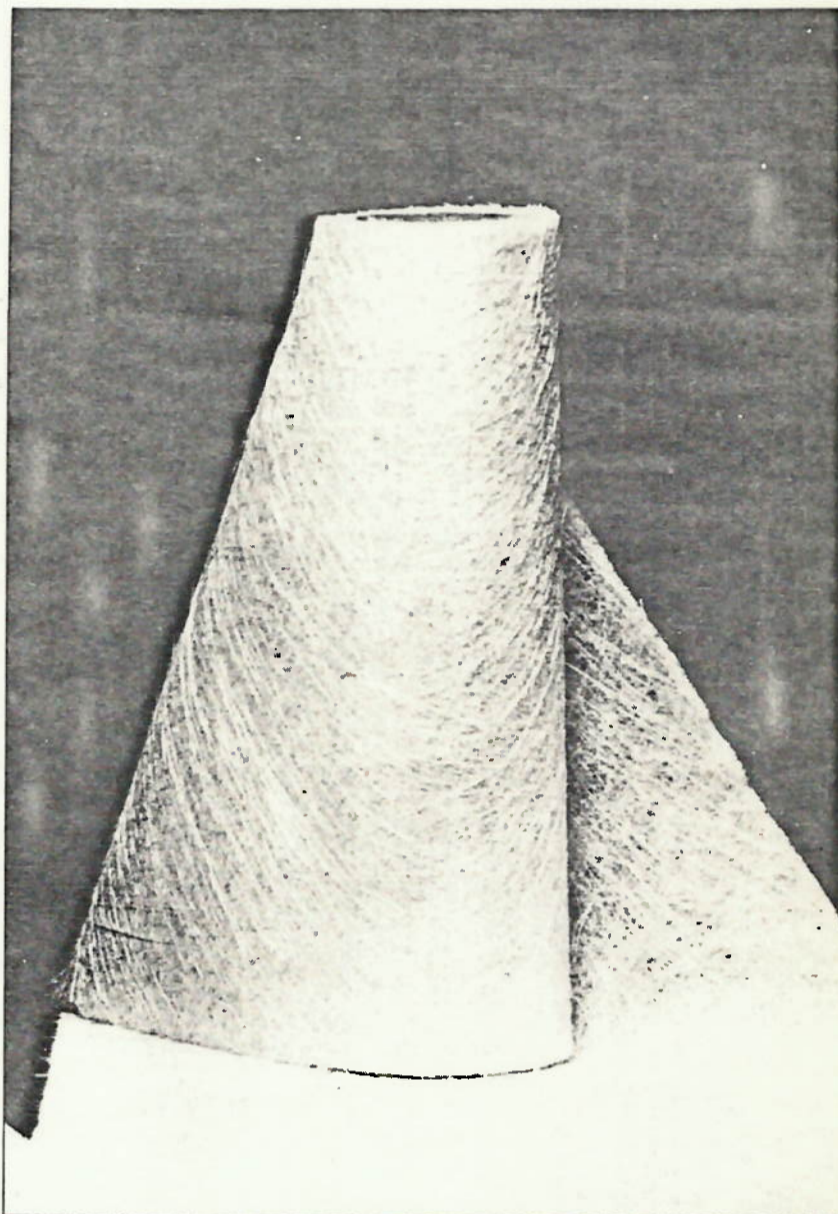
b) Para embarques menores de 3200 kg

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.

PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS LAMINADOS (kg/cm²)

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



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

DESCRIÇÃO

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 laminação 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 laminação 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 \pm 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

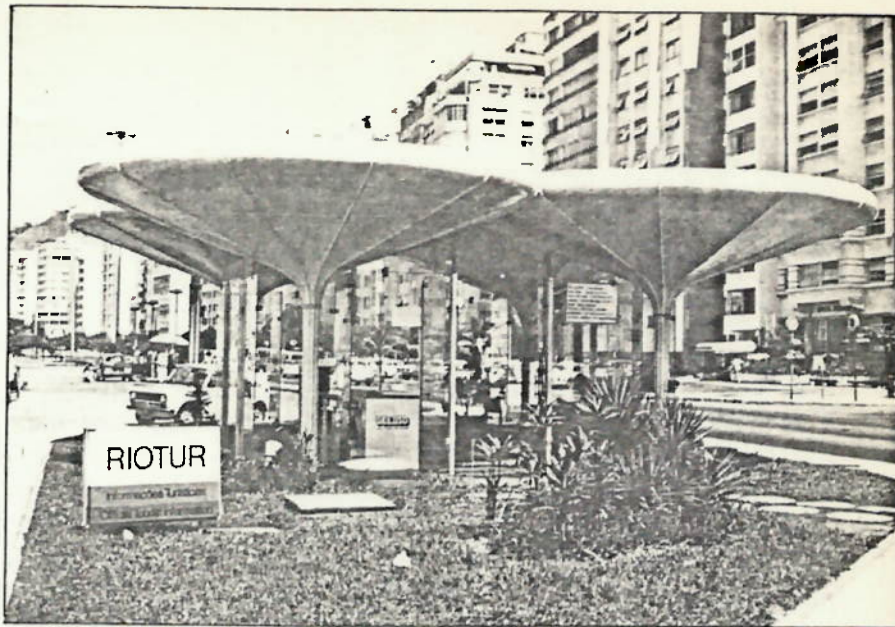
- Facilidade de corte, dispersão e assentamento das fibras.
- Mínima formação de eletricidade estática.
- Rápida molhagem e penetração da resina de laminação.
- Bom desenrolamento
- Boa translucidez do laminado
- Fácil remoção das bolhas de ar
- Boa conformação das fibras no molde

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/cm²)

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 75 21
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.: (0512) 21-9861

Fiberglas
Fibras de Vidro
para Reforço



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 escorrimento
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 LAMINAÇÃO
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 TITANIO 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

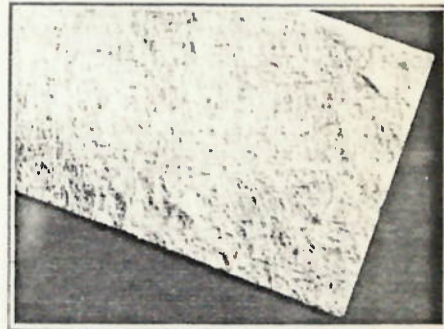


Este produto destina-se a auxiliar o aprendizado do uso do fiberglass, e também, simplificar o ato da compra e transporte.
O KIT-JET contém os principais produtos para laminação do fiberglass e é indicado para quase todas as necessidades, tais como: consertos em barcos, carros, móveis, piscinas, peças de moto, aviões, tanques, bijuterias, pranchas de surf e inúmeras outras.
O KIT-JET contém resina, carbonato de cálcio, Desmoljet em pasta, Desmoljet líquido, monomero 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

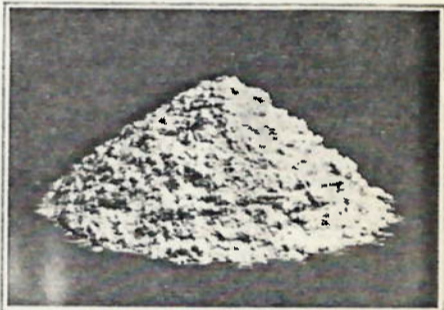
Cor - Cinza Grafite
Finalidade - Para dar acabamento
LAMINA FAHA FICADOR
Cor - Alumínio
Finalidade - Peça do cabeçote
MASCARA PARA LAMINAÇÃO
Cor - Várias cores
Finalidade - Para proteção contra pó
MASSA PLASTICA
Forma - Pastosa
Cor - Bege ou branca
Finalidade - Para reparos e acabamento de funilaria 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 seções 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
OLEO 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)

PRE-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 - Amarelada
Finalidade - Fabricação de moldes, tanques e tubulações resistentes ao ataque químico
Embalagem - 1/2, 1, 5, 20, 225 Kg

RESINA BISFENOLICA

Forma - Líquida viscosa
Cor - Amarelo
Finalidade - Confeção de peças e artefatos sujeito ao ataque químico, corrosão - moldes

RESINA ESTER-VINILICA

Forma - Líquida
Cor - Amarelada
Finalidade - Confeção de peças e artefatos que devam reunir alta resistência química e mecânica

Embalagem - 1, 5, 20, 195 Kg.

RESINA AUTO-EXTINGUÍVEL

Forma - Líquida viscosa
Cor - Cinza claro
Finalidade - Confeção de carrocerias, aplicação elétrica laminados em geral

RESINA PLASTIFICANTE OU FLEXÍVEL

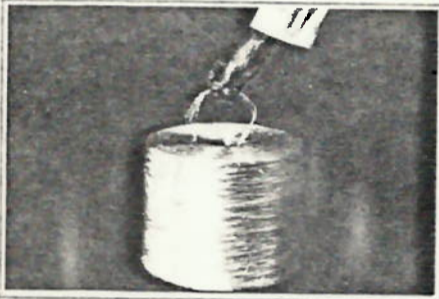
Forma - Líquida viscosa
Cor - Amarelo claro
Finalidade - Para ser misturada em outras resinas tornando-as menos rígidas

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 374

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 Lã

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 FRANCHA

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.

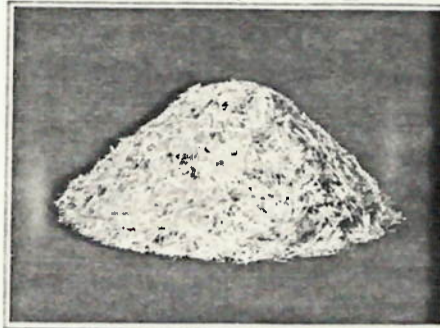
Embalagem - 1/2, 1, 5, 18, 200 lt

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 - Vêu de fibra de vidro

Cor - Branco

Finalidade - Cobre irregularidades, dando-lhe uma superfície lisa. Usado como barreira química

SURFACING NACIONAL

Forma - Vêu 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

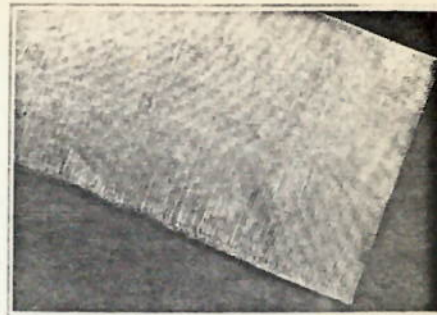
TECIDO 600 GR

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...

Tecido



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.

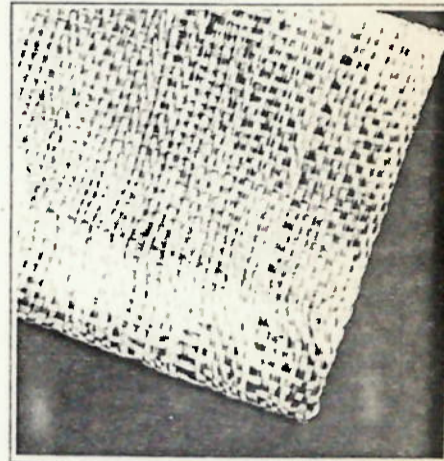
TORNEIRA PARA TAMBOR

Nylon 3/4 e 2"

Finalidade - Facilitar a retirada de material do tambor

Cor - Cores variadas

Woving Roving



Forma - 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/m².

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 Fiberglass	Transportes	Construções	Marítimo	Manuseio de Materiais	Elétrico	Equipamento de Diversão	Barcos	Aplicações corrosivas	Cobertura e Isolamentos	Eletrodomésticos	Aeronáutica e Militar
Não-corrosivo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Menor trabalho de acabamento	✓	✓				✓			✓	✓	
Propriedades elétricas		✓		✓	✓				✓	✓	✓
Precisão de detalhes		✓	✓		✓	✓				✓	
Cor inerente		✓	✓		✓	✓			✓	✓	
Decorativo		✓	✓		✓	✓				✓	
Calidez		✓				✓					
Translucidez		✓					✓				
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.

PROJETO (PROPRIEDADES FÍSICAS) POR COMPARAÇÃO DE MATERIAIS										RESINA POLIÉSTER			
Material	Resistência à flexão		Rigidez		Resistência à tração		Alongamento sob tração			Poliéster	Características	Aplicações Usuais	
	(% Vidro)	(peso)	densidade	(g/cm³)	10³	(Kg/cm²)	Espessura (mm)	Módulo de flexão Kg/cm² x 10⁴	Es espessura (mm)	Kg/cm² x 10²	Es espessura (mm)	Es espessura (mm)	Módulo de Tração (Kg/cm²) x 10⁴
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			
Roving Tecido	50%	1,6	2,81	2,29	14,06	5,49	28,12	0,64	1,27	14,06	Flexível e semi-rígido	Rijo, boa resistência ao impacto, alta resistência a 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.
Tecido 1000	45%	1,6	2,60	2,21	11,95	5,79	19,69	0,92	1,50	11,95			
Alumínio	2,7	0,84	4,01	70,31	3,20	8,44	2,11	0,25	70,31	Resistente às intempéries e estável à luz	Resistem às intempéries e à deterioração por ação dos raios ultra-violeta	Painéis estruturais, clarabóias, glazings	
Aço	6,6	1,97	2,61	210,93	2,21	19,69	0,92	0,08	210,93				
Aço Inox	8,0	2,46	2,34	196,87	2,26	21,09	0,84	0,10	196,87	Resistente ao ataque químico	Possui a maior resistência química do grupo poliéster, excelente resistência aos ácidos, boa resistência aos álcalis	Aplicações anticorrosivas tais como: tubos, tanques, dutos, exaustores, etc.	
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	8,79	5,64	3,20	6,35	2,81	Auto extingüível	Não espalha a chama; rígido	Painéis para construção (interior), componentes elétricos, tanques de combustível	
*N.D. — NAO DISPONIVEL										Alto ponto de distorção térmica	Trabalham até 20°C; rígido	Peças para aviões	

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



AeroJet®
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 Derakene
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