

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CCT/PRAI/UFPB

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

**PROFESSORA ORIENTADORA:**

MARIA DO SOCORRO DE LACERDA

ENG<sup>o</sup> JOÃO KENKIT TAN

**ALUNO:**

FRANCISCO DE ASSIS SILVA

CAMPINA GRANDE, AGOSTO de 1986

PARAIBA



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

COMISSÃO

Ronous Jul 60 8,5 (Oito e cinco)

Francisco Antunes (Antunes) <sup>Jul 60</sup> 8,5 (oito e cinco)

Maria do Socorro da Bacenda 8,5 (oito e cinco)

## PLÁSTICOS REFORÇADOS

### 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um substancial aumento na utilização de plásticos reforçados nos mais diversos campos. Os plásticos reforçados oferecem as vantagens de uma alta resistência aliado ao baixo peso e uma notável flexibilidade de projetos, tem substituído com vantagens os materiais tradicionais como: metais, vidro e madeira.

A extraordinária flexibilidade de projetos dos plásticos reforçados que vai desde a mobília, materiais náuticos, isoladores elétricos a uma simples vara de pescar, exigem das mesmas propriedades diferentes e características ao uso de cada aplicação dos plásticos reforçados.

Por exemplo, reunir num só material propriedades tais como: resistência a corrosão, resistência a fadiga, boas propriedades dielétricas, características que os materiais clássicos até o momento não puderam reunir por si só.

Os plásticos reforçados constituem um vigoroso setor da indústria dos termoplásticos e sua importância comercial e técnica cresce dia a dia, no que diz respeito aos plásticos reforçados, com um conhecimento sobre a rigidez e resistência dos compostos, e uma informação adequada sobre a

Aeronáutica e Militar: Involucros para motores de fo guetes, tanques de ponta de asa, radomes, hélices, garrafas e esferas de pressão, barcos de ataque, tubulações e superfí cie de fuselagem de aeronaves.

## 2. CONSTITUIÇÃO DO MATERIAL

O plástico reforçado é constituído por Polímero base - Resinas de diferentes naturezas, puras ou com aditivos, conforme o fim a que se presta.

Reforço - fibras naturais ou sintéticas e de orientações variadas.

### ESCOLHA DO POLÍMERO BASE

Na escolha do polímero base, o fator principal que determina a escolha são as propriedades mecânicas, radicalmente modificadas por adição de reforço, junto com as propriedades físicas e comportamento ante ao processo de fabricação. Para uso na engenharia são necessárias infor mações inerentes do comportamento a longo prazo dos mate riais reforçados, e o efeito da temperatura e de fatores am bientais sobre o mesmo. Além das modificações consideradas normais que ocorrem no comportamento do composto por efeito de elevadas temperaturas durante extenso períodos de tempo, existe a possibilidade de outras modificações devido ao efeiu

to de degradação térmica e ambiental. Por esta razão o ambiente e as condições de uso deveriam sempre cuidadosamente considerados quando na escolha do polímero base. Os efeitos térmicos a longo prazo se encontram razoavelmente bem padronizados em índices de classificação por temperatura.

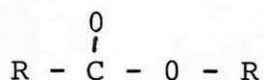
### RESINAS PARA PLÁSTICOS REFORÇADOS

Resinas poliéster - a mais largamente usada para plásticos reforçado, poliéster são comparativamente de baixo custo, facilmente modável a baixa temperatura. Possuem boas propriedades mecânicas químicas, elétricas estabilidade, dimensional, Alguns tipos são retardantes de chama .

Quando a resina, monomero e catalizador (período de benzoíla, ) são misturados uma reação de interligação se inicia, na qual a resina poliéster se liga no monomero para formar resina poliéster termofixa. Para aumentar a velocidade de polimerização adicionamos aceleradores como o nafteno de cobalto ou promover o aquecimento da resina, a cura completa é obtida sem a liberação de materiais voláteis, esta condição juntamente com as baixas pressões são largamente responsáveis pela simplicidade de moldagens dos plásticos reforçados.

As resinas poliéster são encontradas de diversas formas, tais como, fibras, filmes, borrachas e resi

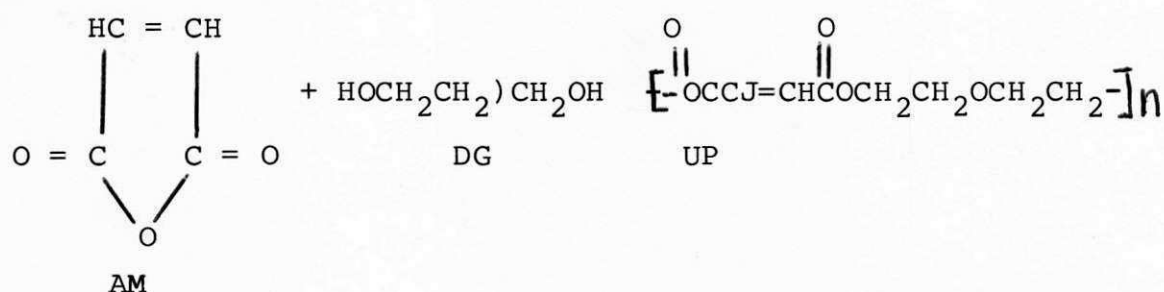
as para laminação. O fator comum a estes materiais é que eles possuem o grupo está na cadeia principal.



Os poliésteres alifáticos tendem a ser relativamente brandos e os derivados aromáticos são geralmente rígidos, duros e frágeis, as propriedades deste grupo são modificados por plastificantes, cristalização ou ligações cruzadas.

Os produtos comerciais são: resinas ácidos alcoolicos que são usados em tintas, esmaltes ou moldagem de compostos, poliésteres insaturados são usados com reforços com fibras naturais ou sintéticas para plásticos reforçados.

Obtenção: Um poliéster insaturado de baixo peso molecular é primeiro produzido, a reação do anidrido maleico com dietileno glicol.



O produto é um óleo viscoso de peso molecular 2000 - 4000. Muitos outros ácidos (ou anidridos) como fumárico, glicol, propileno, glicol, podem reagir de maneira similar.

orientação e distribuição das fibras, pode-se estabelecer com boa aproximação a relação custo/propriedades.

Todas estas características juntas num só material fazem com que o plásticos reforçados seja utilizado nos seguintes mercados:

Transportes: Carroceiras para automóveis e caminhões , trailes, peças para carroceiras de ônibus, tratores, etc. Cobertura de motores, veículos especiais, equipamentos para lavoura, etc.

Construção Cívil: Telhados, paines, clarabóias, domas, cortinas, banheiros, divisões , etc.

Manuseio de Materiais: Bandejas farmaceuticas, bandejas para processamento e entrega de alimentos, tubulações, tanques para armazenamento, etc.

Elétrico: Aplicações em transformadore, motores, geradores, interruptores, equipamentos elétricos, etc.

Esporte: Vara de pesca, arcos e flechas, carrinhos de golfe, parques infantis, piscinas, etc.

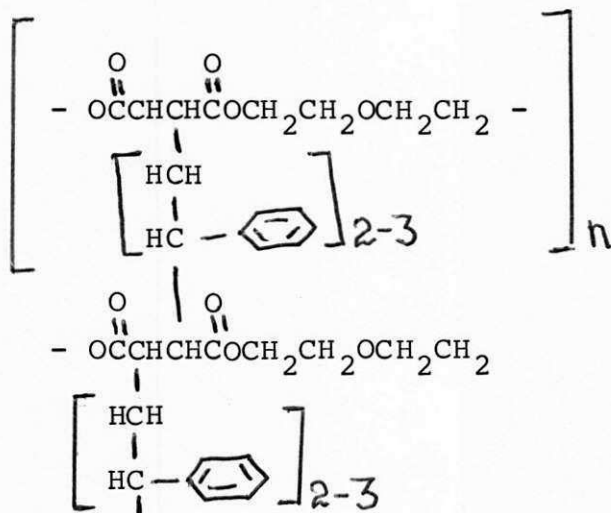
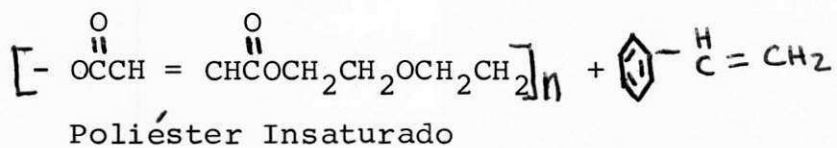
Mobiliário: Móveis para escritório, escolas e auditórios móveis de praia, de ônibus.

Corrosão: Tanques de armazenamento para gasolina agentes químicos e fertilizantes, cobertura para ventiladores, bombas, chaminés, torres de resfriamento, lavadores de gás, tubulações etc.

Utensílios e equipamentos: Dutos de secadores, tampas de lavadores de pratos, involucros de ventiladores e ferramentas manuais, etc.



Poliéster insaturado com baixo peso molecular com ligação cruzada na presença de peróxido pela copolimerização com estireno ou outro monomero vinil. A copolimerização do grupo maleico insaturado é na proporção de 1:2 ou 1:3 com estireno. Portanto, várias moléculas de estireno que reagem eficazmente com duas cadeias de esteres juntas e produzem uma estrutura de ligação cruzada.



Estrutura com ligação cruzada

Os poliésteres insaturados comerciais contêm cerca de 30% de estireno ou outro monomero vinil.

EPÓXY - As resinas epoxy tem excelentes propriedades mecânicas e elétricas, resistência à fadiga, corrosão e baixa absorção de água.

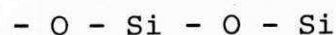
Estas se caracterizam por conter um grupo reativo epoxy e são obtidas a partir da reação de epíclorídima com bifenol.

Possui propriedades gerais melhores que as do tipo poliéster um hora sejam mais caras que estas. Embora seja utilizado com plásticos reforçado, também é aplicado como: adesivos, isolantes elétricos, revestimentos e adesivos em laminadores tipo fórmica.

Resinas fenólicas - São resinas produzidas pela condensação em proporção variável de fenol com formaldeído, processando a reação por meio de catalizadores ácidos ou básicos.

Possui boa resistência mecânica, excelente resistência a alta temperatura, boas propriedades elétricas e boa resistência química.

Resinas de silicones - São baseadas em compostas organo-sílicicos, e se caracterizam por possuíremem sua estrutura molecular as uniões do tipo:



que são responsáveis pela resistência ao calor

Eles conservam suas propriedades elétricas mesmo quando expostos durante longo tempo a temperaturas de 500 a 1000°F. Silicone - Vidro é usado para isolantes elétricos, dutos de ar quente, e peças para aviões e mísseis.

## A HISTÓRIA DA FIBRA

### 4. FIBRA DE VIDRO

Possivelmente as primeiras fibras conhecidas, pelo homem, foram formadas por acaso durante a manipulação de uma massa de vidro derretido, eram certamente, fibras grossas, quebradiças e sem nenhuma utilização prática.

A 1.<sup>a</sup> referência às fibras de vidro, foi feita por RENÉ DE REUMIR em 1713, em uma conferência perante a academia parisiense de ciências.

Em 1893 EDWARD DRUMOND LIBEY montou uma pequena indústria para produção de fibra de vidro, as quais misturou com fios de seda para produzir diversos artigos.

Nos Estados Unidos, em 1931, a OWENS ILLINOIS GLOSS Co. começou a pesquisar os processos de produção de fibra de vidro, sendo seguida em 1935 pela Corning Glass Works.

Em 1938 as duas empresas conjugaram seus esforços fundando a OWENS Corning Fiber Glass Corporation, a qual desde então, foi a pioneira em praticamente todas as inovações e melhoras tecnológicas no desenvolvimento dos processos de produção e dos produtos finais do campo das fibras de vidro.

Poliéster reforçado com fibra de vidro é ho

je bem conhecido. Reforço com fibra de vidro e outros materiais são usados também em outras termoplásticas. Fibra de vidro é o mais largamente usado reforço e provavelmente tem sido em todos termoplásticos. Os materiais mais usados para reforço são :

Asbestos , celulose, raion, fibra sintética, nylon, poliéster fibra de vidro .

Nas últimas décadas houve um substancial aumento na utilização de plásticos reforçados nos mais diversos campos. Os plásticos reforçados oferece as vantagens de uma alta resistência ao baixo peso, e uma notável flexibilidade de projetos que vai desde a mobília a artefatos de pesca para pequenas embarcações navais.

A fibra de vidro não tem a mesma composição de óxidos como o material que confeccionamos uma vidraça.

A grande quantidade das fibras tem a composição:

Dioxido de silicone	52 - 56%
Óxido de calcio	16 - 25%
Óxido de alumínio	12 - 16%
Óxido de boro	8 - 13%
Óxido de sódio e potássio	menos que 1%
Óxido de magnésio	0 - 6%

Esta é a composição para fibra de vidro tipo E, o tipo usual em plásticos reforçados.

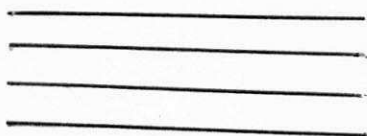
O tipo E tem boas propriedades elétri -

cas e resistência ao ataque de água e os alcalinos, e alta re sistência mecânica. O tipo C, com baixo teor de óxido e alumi na, com boa resistência para ataques ácidos (acidez) .

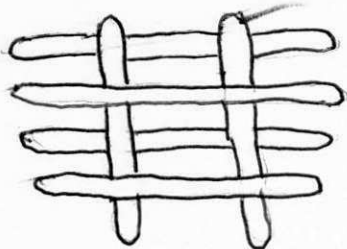
A quantidade de fibra de vidro in fluencia a resistência a tração, e flexão.

As propriedades mecânicas dos reforça dos é são também influenciadas pela orientação das fibras 3 ca sos são possíveis para orientação:

1) Todos os fios de vidro podem ser colocados paralelos um ao outro em um reforço inidirectional este reforço é alcança do devido os fios estarem paralelos.



2) Metade dos fios são colocados em ângulos retos sobre outra metade, formando uma condição bidimensional que pode ser produzida pelo trançado de fibra (Woven Glass Cloth)



3) Os fios podem ser arranjados de maneira aleotória, de maneira que produzirá em reforçamento em todas as direções.

Em todos os casos as orientações das fibras é na direção ou direções de maior tensão.

A quantidade de reforçado que pode ser usada é relacionado com a orientação do reforço. A acumulação máxima de fios é em torno de 90% e permitido (possível quando usamos a orientação unidirecional com reforço bidimensional alcançamos 75% e em orientação aleatória permite em preenchimento de até 50%.

## **FABRICAÇÃO**

O processo de fabricação para produção de filamentos contínuos de fibra de vidro, trata-se do processo de fusão direta pelo qual os filamentos são formados pela passagem do vidro derretido, diretamente do forno de fusão, através de fieiras ou buchas de metal precioso.

O vidro maciço tem boa resistência à compressão mas resiste muito mal a tração (30 - 40 kg/cm), ao passo que sob a forma de fibras de pequeno diâmetro sua resistência à tração é da ordem de 35.000 kg/cm<sup>2</sup>.

Este enorme aumento na resistência, de-se a uma verdadeira modificação íntima da matéria no momento da formação, devido as condições excepcionais a que a massa de vidro é submetido numa brevíssima fração de segundo tais como:

- aceleração de repouso (massa fundida no forno) a velocidade de 200 kh/hora.
- a gota fluida que assoma no orifício da fieira (diâmetro 2 mm) é reduzida violentamente a uma secção 50.000 vezes menor.
- simultaneamente, a temperatura cai de 1.400°C a 100°C passando o vidro do estado líquido para o estado sólido.

Logo após sua formação, os filamentos são aspergidos com um tratamento químico especial que serve do proposito de compatibilizar o vidro (inorgânico) com os diversas resinas plásticas (orgânicas), enroladas e preparados para expedição.

## **MOLDAGEM**

Aplique o reforço de fibras de vidro, na forma de manta ou tecido pré-cortado, ligeiramente maior que a peça a ser moldada, sobre o gel-coat, (ou sobre o molde tratado, se o gel-coat não for usado).

Aplique resina catalizada no reforço, molhando completamente todas as fibras e eliminando as bolhas de ar. É melhor espalhar uma camada de resina primeiro e depois colocar o reforço de modo que a resina molhe as fibras de vidro de baixo para cima, empurrando o ar para fora ao invés de cima para baixo empurrando o ar para dentro.

Certifique-se de que o reforço está em contato com o molde ou gel-coat. Para tal use um rodo rolete ou pincel. Comece no centro e trabalhe em direção, aos lados. Roletes são eficientes com manta. Tecidos são facilmente trabalhados com rodos ou roletes.

Se o reforço se entender sobre ranhuras do molde ele deve ser empurrado para baixo, puxando fibras das bordas para o centro. Antes que a resina gelatinize confira o trabalho para verificar se o reforço não formou pontes nos cantos e raios.

Uma maneira de reduzir o número de vazios sob o gel-coat, minimizando reparos caros depois é laminar a primeira camada e esperar por sua cura antes de se iniciar as outras laminações. Isto assegura que as camadas mais pesadas não deslocarão a primeira camada, ocasionando a formação de pontes. Esta primeira camada deve ser inspecionada cuidadosamente após a cura para se eliminar as bolhas de ar e as pontes. Não se deve laminar uma espessura maior que 3,2 mm de cada vez.

Os defeitos devem ser abertos ou cortados e remendados com manta e resina ou à pistola. Uma massa para remendo é também usada e pode ser fabricada de uma combinação de 1 parte de resina para 3 partes de talco bem fino, ou carbonato de cálcio (fibras de vidro moídas e resina também prosuzem uma massa excelente).

Coloque camadas adicionais e molheas com resina catalizada que é forçada para dentro do laminado. Camadas subsequentes devem ser colocadas imediatamente.



te, repetindo-se o processo para cada uma, até que a espessura desejada tenha sido atingida. A qualquer momento tiras de fibras de vidro podem ser adicionadas a áreas onde resistência extra é necessitada, tais como quilha de barcos ou piscinas.

Superposições de fibras de vidro nos cantos alcança o mesmo objetivo.

Se o laminado desejado for muito espesso, as camadas devem ser aplicadas em estágios. A reação química na resina gera grande quantidade de calor e um laminado muito espesso pode danificar o molde bem como a própria peça.

0,2% de um pigmento verde-escuro adicionado à resina fará com que as bolhas de ar se evidenciem facilmente. Antes de permitir a cura do laminado faça uma inspeção final para certificar-se que as fibras não se destacam dos cantos ou dentações do molde. Retire o excesso de resina do molde ao invés de deixá-lo em poças.

#### **APLICAÇÃO DA RESINA COM PISTOLA**

A moldagem à pistola é um refinamento do processo manual no qual manta ou tecido é colocado sobre o molde já banhado em resina e mais resina é então pulverizada. Isto diminui a quantidade de ar preso no laminado. Es

te sistema reduz os problemas de "pot-life", desperdícios e respingos. Pode-se usar ou uma pistola com 2 reservatórios ou uma com injeção de catalizador.

O ciclo de produção pode ser acelerado por este método. Desde que a resina é depositada imediatamente após a catalização, o "gel-time" da mesma necessita somente ser regulado ao tempo necessário para a eliminação das bolhas de ar. Uma pistola injetora de catalizador requer uma resina preacelerada. Ajustes no "gel-time" são efetuados modificando-se a vazão do catalizador. O equipamento consiste de um reservatório sob pressão contendo resina (ou uma bomba de pulverização sem ar) e um reservatório para o catalizador que podem ser bombeado mecanicamente em uma razão pré-estabelecida para a pistola, de acordo com as necessidades do equipamento. Os dois componentes são enviados para uma pistola de cabeça simples e bico duplo nas proporções adequadas e são misturados internamente ou externamente de modo que a catalização ocorra.

É importante, que este equipamento, seja mantido sempre limpo e em boas condições de trabalho de modo a não haver obstáculos ao fluxo de nenhum dos componentes. Desde que o catalizador é misturado em pequenas quantidades quando a pistola é usada, o uso de um extensor tal como ftalatode dialila (DAP) é muitas vezes recomendado para permitir uma medição mais precisa.

Numa pistola com 2 reservatórios, os mesmo devem ter o mesmo tamanho, um contendo resina já acele

rada e outro contendo resina já catalizada, mas não acelerada. Por pressão ou bombeamento, estes dois componentes, são atomizados em uma pistola de 2 cabeças e a mistura externa ocorre quando os 2 jatos convergem. Deve-se tomar cuidado e verificar se ambas as cabeças estão pulverizando simultaneamente, caso contrário regiões de cura lenta ou que não se curam, ocorrerão no laminado.

Um método frequentemente utilizado é a colocação de pequenas quantidade de pigmentos diferentes (por exemplo azul e amarelo) em cada reservatório. Quando o fluxo correto é alcançado os mesmos se combinam para formar uma cor diferente (verde, no caso).

As resinas são sensíveis ao catalizador mesmo quando nenhum acelerador, é empregado. Portanto, deve-se escolher uma resina para este sistema que tenha uma adequada estabilidade à temperatura ambiente. Isto requer uma resina que não gelatinizará após a adição do catalizador por pelo menos o tempo necessário para usar toda resina.

#### **MOLDAGEM DA PEÇA - SPRAY-UP**

#### **MATERIAIS**

O reforço de fibras de vidro recomendado é o roving de fio contínuo. A resina deve ser escolhida para satisfazer as exigências de produção e produto final. A catalização adequada será fornecida tanto para gel

coat como para resina, pelos fabricantes destes produtos.

Tempo de gelatinização (gel-time), densidade e viscosidade devem ser rigorosamente controlados para as resinas. A determinação das propriedades do material reduzirá o tempo de calibração e garantirá uma qualidade de produção boa e consistente.

As pistolas para deposição devem ser escolhidas cuidadosamente para desempenhar a função desejada. Na seleção faça testes ou peça demonstrações ao fabricante.

O seguinte deve ser considerado:

Custo - Não escolha uma pistola pelo seu preço, mas sim pelos critérios abaixo e as necessidades do trabalho.

Deposição de resina-vidro - Especifique a pistola de acordo com a operação em mente.

Peso e equilíbrio da pistola - Devem ser corretos de modo a permitir operação contínua sem grande desconforto do operador

Controle - Produza controles que são localizados convenientemente e fáceis de serem usados. Isto se refere aos gatilhos da pistola e controladores de fluxo de resina e catalizador.

A pistola ideal seria aquela capaz de ser operada com uma só mão.

Tamanho da pistola - Selecione entre projetos e tamanhos disponíveis de maneira que o equipamento se adapte ao trabalho.

Ajuste na cabeça da pistola - Algumas pistolas são projetadas para dar alinhamento rápido e correto do jato da resina fazendo-o convergir com o roving picado. Outras são difíceis de ajustar e não mantêm o alinhamento- Procure uma pistola com um

mostrador de ajuste de bico.

Manutenção e limpeza da pistola - Um modelo simples com um pequeno número de peças deve ser escolhido. A pistola deve ter um mínimo de acessórios e deve ser facilmente desmontável por ferramentas padronizadas. Certifique-se que as gaxetas não se rão danificadas pelos solventes, ou outros materiais usados.

Medidores de resina - Algumas pistolas são fornecidas com medidores. De grande quantidades de resina deverão ser manipuladas continuamente considere os controles do medidor.

Eles não são recomendados para produção limitada ou frequentes mudanças de fluxo.

Um controle preciso da resina pode ser adquirido pelo ajuste na pressão do reservatório, o que será bastante para operações de pequeno volume, ans quais o fluxo varia.

Disponibilidade de peças - A escolha de uma pistola para a qual o fabricante mantenha um estoque razoavel de peças de reposição de peças de reposição.

Tipo de pistola - Existem 2 tipos de principais, com bico ' simples e com bico duplo. Algumas tem capacidade de deposição de até 11 kg/min de mistura vidro/resina.

Bico duplo - Pulveriza resina e catalizador em 2 jatos que se misturam com a fibras cortadas.

Bico simples - Mistura resina e catalizador dentro da pistola e pulveriza um jato que se mistura com as fibras cortadas.

## DESMOLDAGEM

A remoção da peça do molde deve ser feita cuidadosamente. A peça ou mesmo o molde podem ser desfigurados ou completamente destruídos por uma desmoldagem descuidada.

Um recurso bastante comum é a construção de garras na peça, que quando suspensas se desmoldarãpelo próprio peso do molde. Outro método é a moldagem de flanges nas bordas da peça onde cunhas podem ser inseridas.

Para laminados finos em relação à largura e comprimento, bicos para entrada de ar podem ser construídos em um ou mais pontos do molde, podem ser usados, para injetar alta pressão sob a peça levantando-a sem estragá-las. Pressão de água também é empregada. Vários destes processos são algumas vezes utilizados simultaneamente para peças de difícil desmoldagem.

Todo laminado curado estendendo-se sobre as bordas deve ser inspecionado porque o mesmo pode resistir mecânicamente à ejeção causando rachaduras. Se pequenas ligações ocorrerem, vibração e pressão moderada muitas vezes libertação a peça. Mas geralmente é melhor sacrificar a peça que o molde, se uma ligação mais forte ocorrer devido a falta de cuidado ou manutenção do molde.

## CARGAS

Cargas inorgânicas tais como argila, talco, carbonato de cálcio e silicato de cálcio são empregadas por razões econômicas e técnicas. Uma seleção judiciosa da carga pode melhorar o acabamento, resistência mecânica, resistência ao ambiente, moldabilidade e baratear o custo da peça. Normalmente cargas não são usadas nos processos Hand lay-up e Spray-up, porque tornam a resina opaca, dificultando a localização de bolhas de ar.

## MONOMERO

A resina fornecida pelo fabricante contém monomero. Monomero adicionais tais como estireno ou vinil tolueno podem ser adicionados à resina, no local de uso de conformidade com as indicações dadas pelo fabricante para diminuir a viscosidade e o custo da mistura resultante. A adição de quantidades excessivas de estireno diminui a resistência do laminado às intempéries.

## CATALIZADORES

Peroxidos orgânicos são largamente empregados (para catalizar resinas poliéster) devido à conveniência, custo, velocidade e controle de ação. A polimerização

das resinas poliéster também pode ser efetuada por exposição à radiação, luz ultravioleta e calor.

Alguns fatores que regulam a escolha do catalizador são:

1. Temperatura desejada e tempo disponível.
2. Tipo de monômero ou mistura de monômero empregados.
3. "pot-life" desejado.
4. "gel-time" e tempo de cura desejados.
5. Influência das intempéries e luz solar no desempenho do laminado.
6. Qualquer outra propriedade exigida do produto final que possa ser influenciada pela escolha do catalizador.

#### ATIVADORES E INIBIDORES

Ativadores ou aceleradores - promovem a ação do catalizador reduzindo o tempo necessário ao processamento. Inibidores são adicionados à resina para controlar o ciclo de cura e para fornecer um "shelf life" adequado ao material. Ambos os materiais são normalmente adicionados, ou especificados pelo fabricante da resina.

#### PIGMENTOS

Resinas para plásticos reforçados podem ser coloridas em quase todos os matizes, sendo esta flexibilidade uma das razões para o crescimento desta indústria. A escolha dos pigmentos afeta a diferença entre cores refletidas e transmitidas, claridade da mistura de resina, reações entre colorantes e outros aditivos, tais como catalisadores e o desempenho dos colorantes e outros aditivos, tais como catali-



zadores e o desempenho do produto acabado em termos de estabilidade de cores e resistência ao calor.

#### DESMOLDAGEM

Fácil separação entre peça e molde , após a complementação do ciclo de cura, é normalmente conseguida pelo tratamento do molde com ceras ou silicones para lubrificar a superfície. Em outros casos algumas substâncias como estearato, de zinco são adicionadas a resina para facilitar a remoção das peças. Isto é comum em partes com pequeno ângulo de desmoldagem ou onde a remoção é difícil .

#### OUTROS ADITIVOS

Outras substâncias são adicionadas a resina, ou pelo fabricante ou pelo usuário para a obtenção de propriedades especiais.

Um exemplo típico é encontrado nos absorvedores de raios ultra-violeta, que são adicionados a resina sujeita a exposição aos raios ultra-violeta em luz solar ou fluorescente.

Óxido de antimônio e ceras cloradas são adicionados para fornecer um efeito retardador de chama . Neste caso o efeito adverso destes aditivos, no que diz respeito a resistência às intempéries, deve ser considerado cuidadosamente.

## A N E X O

ESPECIFICAÇÕES DA PADRONIZAÇÃO DO SISAL (agave sisalana Perrine) VISANDO A SUA CLASSIFICAÇÃO E A FISCALIZAÇÃO DA EXPORTAÇÃO

### DA PADRONIZAÇÃO

I - A fibra de sisal ou agave (Agave sisalana Perrine), família Amarilidaceae, destinada à exportação será classificada em classes e tipos, segundo o comprimento e a qualidade, de conformidade com as especificações a seguir indicadas.

### DAS CLASSES

II - A fibra de sisal ou agave, segundo o comprimento, será classificada em 4 classes:

EL - EXTRA LONGA - Fibras de comprimento acima de 1,10m (cento e dez centímetros);

L - LONGA - Fibras de comprimento acima de 0,90m (noventa centímetros), até 1,10m (cento e dez centímetros).

M - MÉDIA - Fibras de comprimento acima de 0,70 m (setenta centímetros), até 0,90m (noventa centímetros);

C - CURTA - Fibras de comprimento acima de 0,60 m (sessenta centímetros), até 0,70m (setenta centímetros).

Parágrafo único - O comprimento será medido em centímetros, entre as partes extremas da amostra, onde haja maior concentração de fibra, ou seja, o comprimento de maior frequência.

## DOS TIPOS

III - A fibra de sisal ou agave, segundo a qualidade - preparo, estado de manutenção, cor, brilho, maciez, estado de limpeza, teor de umidade e resistência será classificada em e tipos:

TIPO SUPERIOR (TS): Será constituído de fibras bem lavadas, secas e bem batidas ou escovadas, de cor creme-clara uniforme, em ótimo estado de maturação e conservação, resistentes, com brilho e maciez bem acentuados, com teor de umidade que não exceda de 13,5% (treze e meio por cento), bem soltas e desembaraçadas, isentas de manchas e impurezas, de substância pécticas, de entrançamentos, de nós, de fragmentos de folhas de cascas, bem como de outros quaisquer defeitos.

TIPO 1 - Será constituído de fibras de cor creme-clara ou amarelada, em ótimo estado de maturação, secas e bem batidas ou escovadas, macias em toda a sua extensão, de brilho e resistências normais, com teor de umidade que não excede de 13,5% (treze e meio por cento), soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, de substâncias pécticas, de entrançamentos de nós, de fragmentos de folhas e cascas, bem como de outros quaisquer defeitos.

TIPO 2 - Será constituído de fibras ligeiramente ásperas, de cor amarelada, pardacenta, com pequenas extensões esverdeadas, em bom estado de maturação, seca e bem batidas ou escovadas, de brilho e resistência normais, com teor de umidade

que não exceda de 13,5% (treze e meio por cento), soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, de entrançamentos, de nós e de cascas, sendo tolerados defeitos de beneficiamento e maceração, constituídos por algumas fibras emaranhadas de pouca extensão e profundidade, esparsas concentrações de substâncias pecticas e acentuada variação em relação à cor.

TIPO 3 - Será constituído de fibras ásperas, de cor amarelada com parte de tonalidade esverdeada, pardadenta e avermelhada, em bom estado de manutenção, secas e bem batidas ou escovadas de brilho e resistência normais, com teor de umidade que não exceda de 13,5% (treze e meio por cento), soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, de entrançamentos, de nós e cascas; sendo tolerados defeitos de beneficiamento e maceração, constituídos por algumas fibras emaranhadas de pouca extensão e profundidade, maiores concentração de substâncias pecticas e mais acentuada variação em relação à cor do que a do tipo 2.

IV - Poderão ser admitidas, para constituir o TIPO SUPERIOR - (TS) fibras das classes extra-longa, longa, média e curta, desde que tenham beneficiamento condizente com as exigências do tipo.

RELAÇÕES DE PESO

	Pseco =	Púmido =	Qde de H <sub>2</sub> O Absorvida =	% H <sub>2</sub> O	Seco = A (cm <sup>2</sup> )	Umido = A (cm <sup>2</sup> )	G <u>seco</u>	G <u>úmido</u>
FV	3,25	3,2713	0,0213	0,65	26,15	27,15	0,316	0,30
FV	3,04	3,0415	0,0015	0,53	29,0	30,66	0,30	0,63
FV	3,35	3,3561	0,006	0,42	29,0	29,0	0,314	0,91
FV	3,32	3,3312	0,0112	0,31	28,71	29,0	0,323	1,22
FS	8,15	8,2263	0,0763	0,927	26,53	27,59	0,5719	0,601
FS	8,66	8,9277	0,2677	2,998	26,39	27,30	0,904	0,17
FS	7,82	7,9507	0,1307	1,643	26,68	27,74	0,5090	0,45
FS	8,70	8,8355	0,1355	1,533	27,55	27,88	0,493	0,47

Gráfico 1

Gráfico Umidade x %H<sub>2</sub>O para o Políester com Fibrade Vidro

Umidade

1.2

0.9

0.6

0.3

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

0.7

% H<sub>2</sub>O

250

200

150

100

50

0

Grafico 2

Grafico Umidade x % H<sub>2</sub>O Para o Poliester com fibra de Sisal

Umidade A

0,60

0,47

0,45

0,17

1

2

3

% H<sub>2</sub>O

250

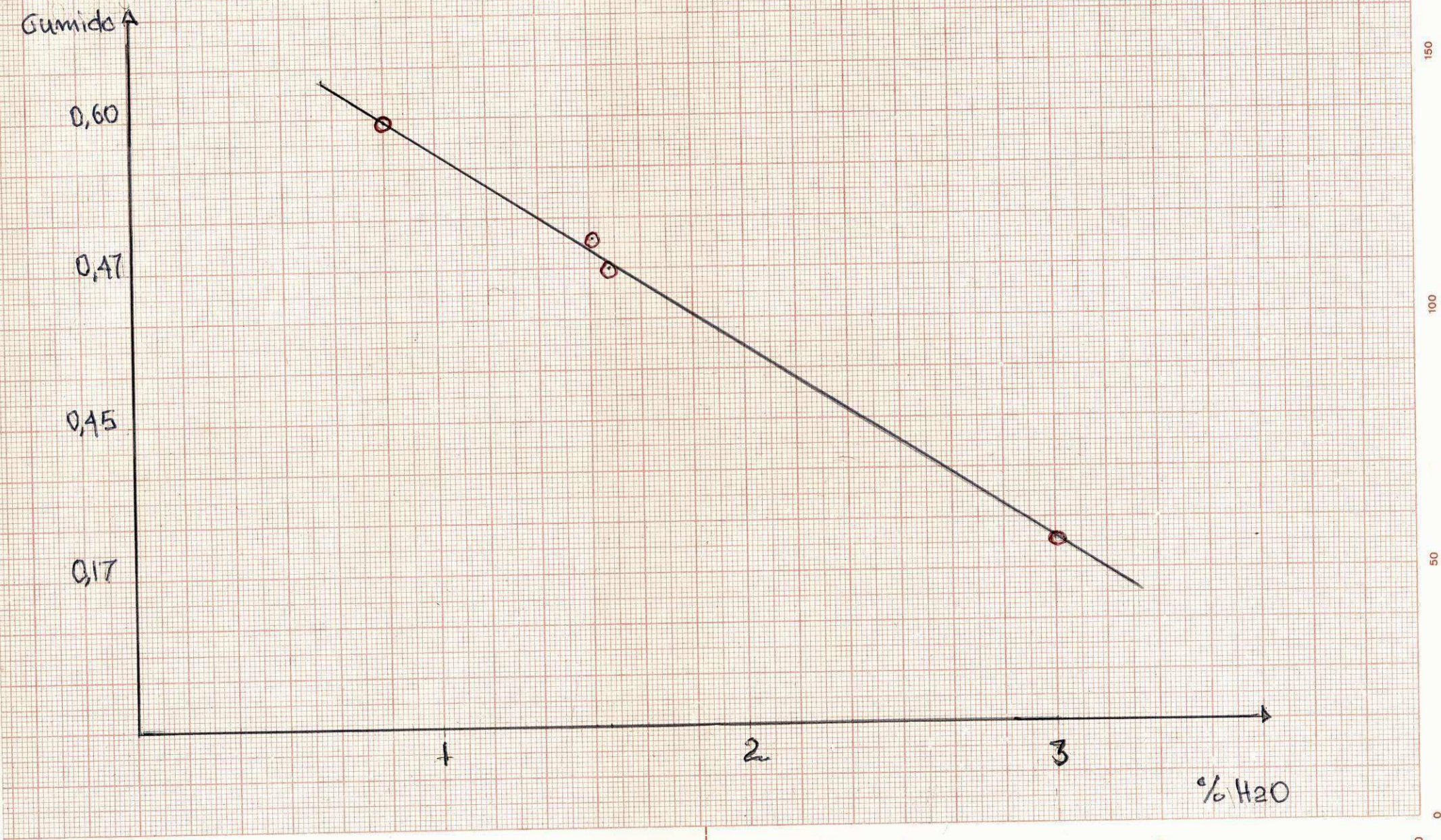
200

150

100

50

0



## RESULTADOS

Como observamos pelos resultados gráficos e analíticos a resistência mecânica descrece em virtude da absorção de umidade pelos corpos de prova.

No caso da fibra com poliéster este efeito não é tão acentuado, como na fibra de sisal com poliéster.

Logicamente podemos concluir que quanto maior for a resistência mecânica suportada menor terá sido a quantidade de  $H_2O$  absorvida.

No caso de sisal, verificamos que devido a compatibilidade existente entre as hidroxilas de celulose e a  $H_2O$  processa-se um inchamento.

## RESISTÊNCIA QUÍMICA

- No clorofórmico durante 5 horas, verificou-se o dissocionamento total da fibra
- Na acetona ocorreu um dissocionamento parcial
- É totalmente resistente a  $H_2O$  e álcool etílico.

## MOTIVO PELO QUAL NÃO OCORREU ADERENCIA NA FIBRA DE SISAL

O único ponto de ancoramento entre sisal e a resina poliéster são os hidroxilas da cadeia de celulose (vide fig 1) no caso de fibra de vidro feitos tratamentos superficiais com agente silano do tipo (fig 2) onde a parte inorgânica e a parte orgânica que a metacrilato facilitaria



a reação entre as insaturações de resina poliester que explica a alta resistência mecânica.

FIBRA DE SISAL - ENCADEIAMENTO GLICOSÍDEO DA CELULA 1-4

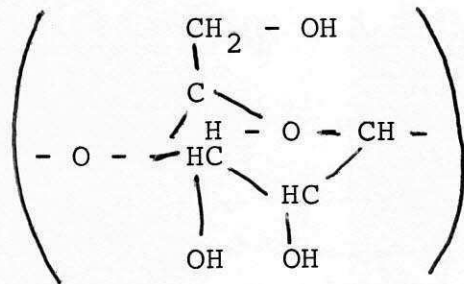
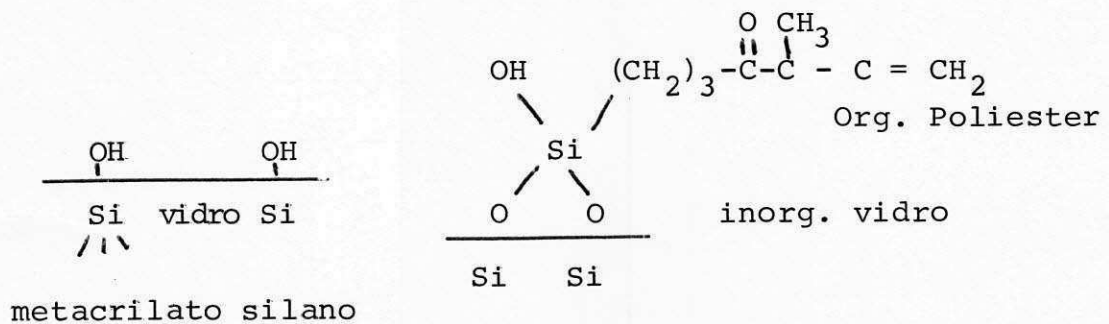
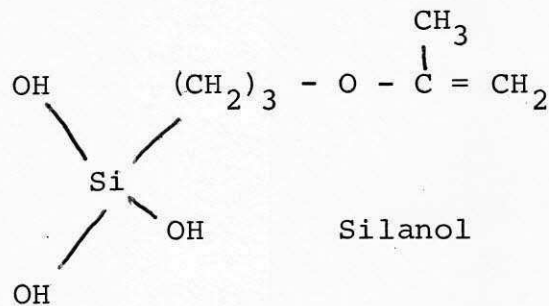


FIG. 1

FIBRA DE VIDRO



## CONCLUSÃO

O plástico reforçado obtido com a fibra de sisal , pode ser utilizada para substituir a fibra de vidro na confecção de peças de grandes dimensões.

Quanto a análise da resistência mecânica do reforço com o sisal ela corresponde as expectativas.

O reforçamento do poliester pela fibra de sisal pode ser encorada como uma solução prática regional para moldagem de produtos que utilizam a fibra de vidro. Porem devido a baixa absorção da resina pela fibra de sisal as técnicas de empregação deverão ainda ser melhoradas para alcançar pre-formas desejadas em produtos de plásticos reforçados.

## BIBLIOGRAFIA

PATTON, WJ

Plasties technology

1. Plasties I Tike

1976 by

Reston Publishing Company , Inc

DUBOIS, JOHN HARRY

Plasties

Copyright, 1981 by Litton Educacional Publishing, Inc

Sixth Edition

W.V.TITOW Y B.J. LANHAM

Termoplasticos deforzados

1978, Editorial amarecalee S.R.L. 1.<sup>a</sup> Edição

Campina Grande, 06 de agosto de 1986.

FRANCISCO DE ASSIS SILVA