



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102014005346-8 A2



(22) Data do Depósito: 07/03/2014

(43) Data da Publicação Nacional: 19/02/2019

(54) **Título:** PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS MEDIANTE MOLDAGEM ASSISTIDA A VÁCUO E COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS

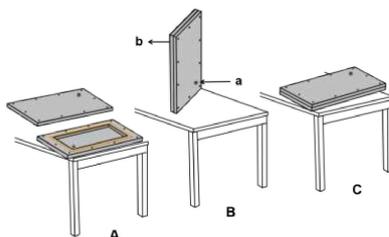
(51) **Int. Cl.:** C08L 97/02; C08J 5/06; B29C 33/18; B29C 33/02; B29C 33/00.

(52) **CPC:** C08L 97/02; C08J 5/06; B29C 33/18; B29C 33/02; B29C 33/0022.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

(72) **Inventor(es):** JANETH TERESA CORREDOR GONZÁLEZ; CARLOS PEREZ BERGMANN; ALEXANDRE BRANDT.

(57) **Resumo:** PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS MEDIANTE MOLDAGEM ASSISTIDA A VÁCUO E COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS A presente invenção se refere a um processo para fabricar compósitos poliméricos laminados mediante moldagem assistida a vácuo, em que um material fibroso lignocelulósico posicionado em um molde previamente recoberto por um agente desmoldante, é impregnado com resina líquida. O processo de fabricação utiliza moldes tipo macho-fêmea, compostos de 2 partes: inferior e superior (tampa). A parte inferior é uma cavidade que dá forma ao compósito, deve possuir um orifício para a saída de resina/ar e uma caneleira ao redor das bordas para posicionar a borracha de vedação. A tampa limita a altura final do compósito e deve possuir um orifício para a entrada da resina. Os orifícios de entrada de resina e saída de resina/ar devem se encontrar em posição diagonal e oposta.



PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS  
MEDIANTE MOLDAGEM ASSISTIDA A VÁCUO E COMPÓSITOS POLIMÉRICOS  
LAMINADOS

**Campo da Invenção**

**[001]** A presente invenção se refere a um processo para fabricar compósitos poliméricos laminados mediante moldagem assistida a vácuo, em que um material fibroso lignocelulósico posicionado em um molde previamente recoberto por um agente desmoldante, é impregnado com resina líquida.

**Antecedentes da Invenção**

**[002]** Materiais compósitos de matriz polimérica termofixa reforçados com fibras naturais vêm sendo confeccionados por diferentes métodos, onde se destacam a moldagem manual, por compressão, por injeção, por infusão e a moldagem assistida por vácuo. Essencialmente, todos os métodos envolvem o movimento da resina em uma pré-forma para que essa seja completamente saturada formando um material compósito.

**[003]** Os processos que envolvem o uso de moldes fechados como no caso da moldagem assistida por vácuo, usam moldes que devem possuir pelo menos uma entrada para a resina e uma saída para a resina/ar onde será conectada a bomba de vácuo. Atualmente os processos usados na indústria que usam moldes fechados na confecção de compósitos poliméricos são projetados com entrada(s) e saída exclusivamente na tampa do molde. A figura 6 mostra a disposição típica da entrada de resina e saída de resina/ar de um molde usado na indústria para a confecção de um compósito polimérico laminado usando o processo de moldagem por transferência de resina (RTM). Além disso, durante todo o processo o molde permanece em posição horizontal.

**[004]** Na presente invenção a confecção de compósitos poliméricos material fibroso/resina termofixa está baseado na projeção de moldes que apresentam a entrada de resina e saída resina/ar em partes do molde opostas. De acordo com esta invenção durante a saturação do reforço com a matriz polimérica o molde

tem que estar posicionado na vertical para obter a maior saturação dos espaços vazios que se encontram entre as fibras.

**[005]** Apesar de aperfeiçoamentos terem sido feitos no campo da confecção de compósitos poliméricos que empregam reforços de fibras de origem vegetal, resinas termofixas e moldes fechados com relação ao estudo do controle e otimização de fatores, tais como viscosidade da resina, pressão de vácuo, teor de fibra e permeabilidade do meio, ainda permanece espaço para outras melhoras em termos de um acabamento final adequado, ou seja, isentos de pontos de impregnação deficiente e com características de resistência mecânica melhorada.

**[006]** No âmbito patentário, foram localizados alguns documentos relevantes que serão descritos a seguir.

**[007]** Patente **PI 1103369-0 A2, Método para fabricar uma metade de carcaça de pá de uma pá de turbina eólica pré-encurvada**. Esta patente descreve um método para fabricar uma peça compósita fibra/resina termofixa usando moldagem por transferência de resina assistida a vácuo (VARTM). Especificamente refere-se a um método para fabricar uma metade de carcaça de pá de uma pá de turbina eólica pré-encurvada. Neste método de fabricação usa-se um molde rígido com a forma da carcaça de pá de uma pá de turbina eólica pré-encurvada, uma bolsa de vácuo para fechar o molde que contém fibras de vidro, carbono, aço, naturais ou uma combinação das mesmas na forma de esteiras unidirecionais, esteiras tecidas, não-tecidas, uma camada de distribuição e canais de alimentação para que a resina impregne todo o material fibroso.

**[008]** A presente invenção difere da acima descrita no tipo de compósito a ser fabricado, o tipo e forma do molde empregado e do método empregado na distribuição da resina ao longo do material fibroso usado como reforço. A presente invenção refere-se à confecção de compósitos laminados não encurvados de material fibroso lignocelulósico/resina termofixa usando moldes tipo macho-fêmea, onde o material fibroso usado como reforço impregna-se

ela resina à medida que ela sobe lentamente em sentido contrário ao da gravidade sem o uso de canais de alimentação. Além disso, na presente invenção, se descreve a melhora na resistência à tração e no acabamento final do compósito, com o método de fabricação desenvolvido que a patente **PI 1103369-0 A2** não mostra com o método usado na fabricação na metade de carcaça de pá de uma pá de turbina eólica pré-encurvada.

**[009]** Patente **PI 0617641-0 A2, Recipiente moldado, e, método para formar o mesmo.** Esta invenção descreve a fabricação de materiais compósitos à base de polilactídeos que podem incluir uma matriz de polímero à base de polilactídeos, fibras de reforço derivadas de um recurso renovável como linhos, kenaf ou algodão, e um agente inibidor protetor derivado de produtos naturais. A matriz polimérica usada na confecção de materiais poliméricos ambientalmente amigáveis é à base de lactídeo derivada de ácido láctico. Os materiais compósitos que podem ser formados de acordo com esta invenção podem ter uma estrutura desejada de acordo com processos de formação de baixo consumo de energia como, por exemplo, moldagem manual, por compressão, por sopro, por injeção, por fusão, e podem ser projetados para degradação controlada.

**[010]** A presente invenção difere da acima descrita no tipo de matriz polimérica utilizada, no processo da moldagem e no tipo de compósito polimérico confeccionado. A matriz polimérica usada nesta invenção é uma resina termofixa, ou seja, um composto orgânico derivado do petróleo, resistente a ataques químicos, elevada resistência térmica, que não pode ser refundida, usa-se moldagem assistida a vácuo, e o tipo de compósito polimérico produzido é laminado e não pode ser projetado para degradação controlada. Já na patente **PI 0617641-0 A2** emprega-se uma resina derivada do ácido láctico, ou seja, um composto orgânico de origem natural (soro de leite, amido de milho, melaço e outros) biodegradável, os processos de moldagem de baixo consumo de energia empregados não incluem a moldagem assistida a vácuo e o tipo de compósito produzido, tem que ser 100% biodegradável.

**[011]** Patente: **EP2371522, Method for the production of reinforced materials and reinforced materials obtained using this method.** Esta invenção descreve a fabricação de materiais compósitos que apresentam uma distribuição controlada de partículas de reforço magneticamente orientadas. As partículas usadas como reforço são não esféricas e exibem anisotropia pelo menos em um eixo as quais são incorporadas em uma matriz polimérica (termofixa ou termoplástica), cerâmica ou metálica não magnética. De acordo com esta invenção as partículas do reforço não magnéticas são modificadas incorporando nanopartículas magnéticas ao superparamagnéticas que são orientadas aplicando um campo magnético enquanto acontece a solidificação ou polimerização do material usado como matriz.

**[012]** A presente invenção difere da acima descrita no tipo e dimensões do material usado como reforço e no processo de fabricação do compósito. O processo descrito nesta invenção não usa material magnético no reforço nem aplicação de campo magnético externo durante a polimerização da matriz polimérica, além disso, as fibras do material fibroso que vai ser usado como reforço já tem uma orientação determinada no caso dos tecidos ou uma orientação aleatória no caso de não-tecidos antes de formar o material compósito. Na presente invenção o reforço é um material fibroso lignocelulósico na forma de tecido ou não tecido, no qual as dimensões de comprimento, largura e espessura estão determinadas pelas dimensões do molde empregado. Em uma forma de realização particular, o material fibroso lignocelulósico na forma de tecido ou não-tecido, pode ter uma espessura média de 3 mm conformado por fios com um diâmetro médio entre 1 e 2 mm. De acordo com a seguinte invenção durante o processo da moldagem assistida a vácuo, o material fibroso lignocelulósico que se encontra dentro de um molde fechado é saturado pela resina enquanto um gradiente desta matriz polimérica vai subindo na direção oposta da gravidade. Já na patente **EP2371522**, o material usado como reforço está formado por partículas não esféricas e não magnéticas que podem ser unidimensionais, bidimensionais ou uma

combinação delas. No caso de reforço unidimensional (fibras, tubos, filamentos ou combinações dos mesmos) o diâmetro médio preferivelmente tem que estar no intervalo de um micrometro até 100 micrometros, com a condição de que o comprimento seja preferivelmente cinco vezes maior do que o diâmetro. No caso de reforço bidimensional (fitas, plaquetas ou combinações dos mesmos) a espessura deve estar, de preferência, no intervalo de 50 nm até 1000 nm, com uma largura no intervalo de 10 nm até 100 micrometros, com as condições de que o comprimento seja, de preferência, pelo menos cinco vezes maior do que a espessura e que a largura seja maior do que a espessura. Na patente **EP2371522**, o processo de produção dos compósitos não emprega moldes fechados. O material usado como reforço uma vez modificado pela adição de nanopartículas magnéticas ou paramagnéticas é introduzido numa matriz líquida ou pelo menos suficientemente fluida para levar as partículas de reforço sob agitação a ser orientadas por um campo magnético enquanto acontece a solidificação ou polimerização da matriz.

**[013]** Patente: **WO2011148237, Structured thermoplastic in composite interleaves.** A patente WO2011148237 descreve a fabricação de pré-impregnados compreendendo fibras e resina termofixa, que são empilhados para formar um laminado e, subsequentemente, curado para formar um material compósito. Mais particularmente, a presente invenção envolve a utilização do véu de termoplástico ou outro material termoplástico de peso leve estruturado nos separadores do laminado insolúvel na resina termofixa.

**[014]** A presente invenção difere da acima descrita no tipo de material usado como reforço, no processo de confecção e no tipo de material compósito produzido. A presente invenção usa como reforço um material fibroso lignocelulósico que pode ser chamado de pré-forma já que sua estrutura mantém as fibras em um lugar fixo enquanto a resina flui dentro da cavidade do molde. De acordo com esta invenção a resina que se emprega como matriz polimérica deve saturar o reforço antes do início do processo de gelificação e o processo de cura da resina se leva a temperatura ambiente no molde fechado

com a bomba de vácuo desligada. Na presente invenção o material compósito polimérico produzido é um laminado formado por um reforço fibroso lignocelulósico e resina termofixa.

**[015]** Enquanto que a invenção descrita na patente WO2011148237 usa como reforço um material pré-impregnado que é uma forma intermediária de compósito, feito pela impregnação de fibras sintéticas intercaladas com um polímero termoplástico. Durante a confecção do pré-impregnado emprega-se como matriz polimérica uma resina termofixa preferivelmente tipo epóxi e um agente solidificador do polímero termoplástico. As fibras usadas na confecção do pré-impregnado podem ser fibras contínuas ou descontínuas de materiais tais como carbono, grafite, vidro, aramida, polímeros metalizados ou combinações dos mesmos. Esta patente não descreve o uso de fibras lignocelulósicas na confecção do material pré-impregnado que vai ser usado como reforço. De acordo com a invenção descrita na patente WO2011148237 a cura da resina usada na confecção do material laminado pré-impregnado se faz usando uma bolsa de vácuo e acontece durante a aplicação de vácuo. O tipo de material compósito produzido segundo a patente é um laminado formado pelo empilhamento de camadas de fibras sintéticas que tem intercaladas camadas de fibras de termoplástico de espessura entre 0,5 e 50 micrômetros onde se usa como matriz polimérica uma resina termofixa preferivelmente tipo epóxi.

**[016]** Patente: **W0201022066, Water vapor permeable shrinkable-fabric.** A patente W0201022066 descreve a fabricação de uma estrutura laminada polimérica retrátil-extensível, constituída por um filme de retração-dilatação do lado de fora e um não-tecido no interior, com ou sem adesivo. A estrutura laminada permite a permeabilidade ao vapor de água na direção do lado de fora e não no sentido oposto. Os três materiais usados na confecção do laminado preferivelmente devem ser feitos a partir da mesma família de polímeros termoplástico.

**[017]** O presente pedido de patente de invenção difere da patente acima

descrita no tipo de compósito polimérico laminado confeccionado e no processo de fabricação do mesmo. Na presente invenção descreve-se a fabricação de um material compósito polimérico formado a partir de uma matriz polimérica termofixa e de um reforço de material fibroso lignocelulósico, em quanto a patente W0201022066 descreve a fabricação de um compósito polimérico laminado 100% reciclável, formado a partir de três materiais poliméricos termoplásticos, preferivelmente feitos de homopolímeros ou copolímeros de etileno.

**[018]** Na presente invenção o material compósito polimérico laminado tem uma estrutura rígida que não tem a característica de retração-dilatação por usar uma matriz polimérica termofixa, dependendo de sua aplicação a sua espessura vai estar determinada pela espessura do molde, e o método de fabricação do mesmo é através da moldagem assistida a vácuo, em tanto que o material compósito polimérico laminado descrito na patente W0201022066 tem a característica de retração-dilatação por usar um filme polimérico termoplástico, por sua aplicação como capa protetora vai ter uma espessura entre 1 e 9 milésimos de polegada. O processo de fabricação da estrutura laminada pode ser dentro de um saco ou bolsa automatizada, ou por termoformagem.

**[019]** Patente: **EP2511083, Method for manufacturing a work piece by vacuum assisted resin transfer Molding.** A patente EP2511083 relata um método para a fabricação de uma peça de trabalho usando moldagem assistida por transferência de resina a vácuo (VARTM). A peça de trabalho é uma lâmina de rotor de turbina eólica e o método aqui descrito está caracterizado pelo uso de canais de distribuição de resina entre as fibras usadas como reforço.

**[020]** O presente pedido de patente de invenção difere da patente acima descrita no método usado na confecção do compósito polimérico. Nesta invenção descreve-se a fabricação de um material compósito polimérico laminado mediante moldagem assistida a vácuo. Usando este método, o reforço é impregnado com a resina quando a mesma entra no molde devido ao

gradiente de pressão gerado pela ação da bomba de vácuo, sem usar canais de distribuição para a resina. A presente invenção caracteriza-se pelo posicionamento do molde em posição vertical, ou seja, perpendicular para a superfície do solo durante a impregnação do reforço com a resina. Em quanto o processo descrito na patente EP2511083 o reforço é impregnado por meio da injeção da resina usado canais de distribuição entre as fibras usadas como reforço. De acordo com o método descrito na patente EP2511083 durante todo o processo da moldagem, o molde está posicionado longitudinalmente sobre o plano definido pelo comprimento da lâmina e os canais de distribuição da resina são preferivelmente colocados perpendicularmente para a superfície interior do molde.

**[021]** Patente: **EP2111971, A composite wind turbine tower and a method for fabricating same.** A patente EP2111971 descreve um método para a fabricação de uma torre compósita, e componente, para ser utilizada com uma turbina eólica. Este método descreve a formação de uma pré-forma têxtil flexível, a laminação de essa pré-forma para formar um compósito e a montagem da turbina eólica.

**[022]** O presente pedido de patente de invenção difere da patente acima descrita no material usado como reforço, o tipo de polímero usado como matriz polimérica, o tipo do molde, e no método usado na confecção do compósito polimérico. Nesta invenção o material usado como reforço é um material fibroso lignocelulósico produzido em forma de tecido ou não-tecido. O tecido e fabricado pelo entrelaçamento de um conjunto de fios de urdume e outro conjunto de fios de trama, formando ângulo de (ou próximo a) 90°, em quanto o não-tecido refere-se a qualquer estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ao térmico (coesão) e combinações destes. A matriz polimérica usada na fabricação do laminado é uma resina termofixa tipo resina de poliéster, resina de vinil éster, resina de epóxi ou qualquer outra resina termoestável. Para

produzir o compósito usam-se moldes tipo macho-fêmea e durante a confecção da peça laminada a posição do molde não permanece fixa durante todo o processo de moldagem assistida a vácuo. Durante o posicionamento do reforço e durante a etapa de cura da matriz polimérica, encontra-se em posição horizontal, e durante a saturação do reforço com a resina encontra-se perpendicular para a superfície do solo.

**[023]** No invento descrito na patente EP2111971 o material usado como reforço pode ser metais, plásticos, madeiras, e/ou fibras, como fibra de vidro, fibra de carbono, fibra de aramida ou combinações destas. Opcionalmente, o reforço pode incluir um material de núcleo como madeira de balsa, cloreto de polivinila (PVC) de espuma, estireno nitrato de espuma (SAN), polietileno e suas combinações. A confecção do reforço é realizada unicamente em torno a um mandril. A matriz polimérica utilizada para laminar a pré-forma pode incluir qualquer termoplástico ou resina termoestável, incluindo, por exemplo, de poliéster, fenólicas, polipropileno, éster de vinila, epóxi ou combinações das mesmas. As pré-formas são laminadas sobre um segundo mandril. Os processos usados na confecção do laminado podem ser: moldado por transferência de resina (RTM), infusão de uma camada de resina (RFI), transferência de resina assistida por vácuo (VARTM) e aquecimento de uma pré-forma de resina infundida por um tempo apropriado. A patente EP2511083 não descreve nenhuma modificação dos processos RTM, RFI, VARTM durante a moldagem da pré-forma, ou seja, durante todo o processo da moldagem a pré-forma é mantida em posição horizontal respeito ao solo.

**[024]** Patente: **US20080258354, Method of preparing a molded article.** A patente US20080258354 relata um método para a fabricação de um artigo moldado, particularmente, um método para fabricar um laminado termoplástico usando um equipamento de moldado em lâminas, baseado em termoformagem. O polímero usado na fabricação do artigo moldado é um material termoplástico, ou seja, um plástico que, a uma dada temperatura, apresenta alta viscosidade podendo ser conformado e moldado. O material

termoplástico pode opcionalmente incluir material de reforço selecionado, por exemplo, fibras de vidro, fibras de carbono, fibras metálicas, fibras de poliamida, fibras celulósicas, argilas nanoparticuladas, talco.

**[025]** O presente pedido de patente de invenção difere da patente acima descrita no método usado na confecção do material laminado e no tipo de polímero usado na fabricação do material. Na presente invenção descreve-se a fabricação de um material compósito polimérico laminado, que usa como reforço fibras naturais lignocelulósicas e uma matriz polimérica termofixa, ou seja, um plástico cuja rigidez não se altera com a temperatura

**[026]** O processo de moldagem assistida a vácuo usado nesta invenção para a fabricação do compósito polimérico laminado se realiza a temperatura ambiente, em quanto o processo de termoformagem precisa aquecer o polímero para fabricar a peça.

**[027]** Do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

### **Sumário da Invenção**

**[028]** O método para a fabricação de compósitos poliméricos laminados fibra natural/resina termofixa usando moldagem assistida a vácuo que é o presente pedido de patente de invenção, difere principalmente do atualmente conhecido processo de moldagem de compósitos poliméricos usando moldes fechados, na projeção da entrada de resina e saída resina/ar no molde, assim como na disposição espacial do molde durante a etapa de saturação do reforço com a matriz polimérica.

**[029]** Atualmente os moldes fechados usados na confecção de compósitos poliméricos são projetados com entrada(s) de resina e saída resina/ar somente na parte superior do molde (tampa) enquanto que na presente invenção a entrada de resina e saída resina/ar encontram-se em partes opostas do molde.

**[030]** Na atualidade todos os moldes ou pré-formas são mantidas em posição horizontal enquanto acontece a etapa de saturação do reforço com a matriz polimérica. Na presente invenção esta etapa acontece enquanto o molde está posicionado na vertical com a finalidade que a saturação do reforço com a matriz polimérica seja em sentido contrário ao da gravidade, permitindo assim, maior penetração da resina nos espaços vazios presentes entre as fibras.

**[031]** Uma das vantagens do presente invento quando comparado com o processo atualmente empregado na indústria, é que permite a produção de peças compósitas nas quais o reforço de material fibroso lignocelulósico é completamente saturado com a matriz polimérica pelo qual a sua superfície fica isenta de falhas de preenchimento e com maior resistência à tração, melhorando a qualidade do produto final.

**[032]** É um objeto da presente invenção o processo para moldagem de compósitos poliméricos laminados reforçados com material fibroso lignocelulósico.

**[033]** Em uma realização preferencial a presente invenção utiliza a moldagem assistida a vácuo e deve ser executada em posição vertical apresentando as seguintes 5 etapas:

- i. Preparação do molde
- ii. Posicionamento do reforço
- iii. Fechamento e posicionamento do molde
- iv. Introdução da resina e saturação do reforço com a resina termofixa
- v. Cura e desmontagem da peça

**[034]** É um objeto da presente invenção compósitos poliméricos laminados de material fibroso lignocelulósico com a sua superfície isenta de falhas de preenchimento e grande resistência à tração.

**[035]** Em uma realização preferencial para a fabricação dos compósitos são utilizadas fibras naturais e resinas termofixas.

**[036]** Em uma realização preferencial a fibra natural pode ser fibra de sisal e a resina termofixa pode ser o poliéster.

**Descrição Detalhada das Figuras**

**[037] Figura 1** - Vista esquemática do posicionamento do molde nas 5 (cinco) etapas do processo de moldagem, conforme descrito a seguir:

Etapas 1 e 2 – molde tipo macho e fêmea em posição horizontal em (A)

Etapas 3 e 4 – molde em posição vertical em (B) destacando:

- a) entrada da resina
- b) saída da resina/ar

Etapa 5 – molde fechado em posição horizontal em (C)

**[038] Figura 2** - ilustra dois compósitos poliméricos fabricados pelo método descrito na presente invenção. A figura 2A e 2B apresentam compósitos poliméricos reforçados com tela de sisal tipo 2 e manta de sisal tipo bucha segundo o padrão utilizado pela legislação brasileira na classificação da fibra de sisal, respectivamente. Foi usada como matriz polimérica resina tipo poliéster elekeiroz da série 9000 nos dois compósitos apresentados.

**[039] Figura 3** - ilustra um compósito polimérico fabricado pelo método descrito nesta invenção (3A), e um compósito polimérico fabricado usando a configuração convencional do molde (3B). Os dois compósitos poliméricos foram confeccionados usando como reforçado uma tela de sisal tipo 2 (segundo o padrão utilizado pela legislação brasileira na classificação da fibra de sisal) e usando como matriz polimérica resina tipo poliéster elekeiroz da série 1000.

**[040] Figura 4** - ilustra em gráfico, a resistência à tração com seu respectivo desvio padrão dos compósitos poliméricos confeccionados usando como reforço tela de sisal em natura e tela de sisal lavada, como descritos na seção de exemplos.

**[041] Figura 5** - ilustra a melhora na interface fibra/matriz polimérica mediante imagens de microscopia eletrônica de varredura, dos compósitos confeccionados como descritos na seção de exemplos, conforme situações abaixo:

A – Compósito in natura (compósito polimérico fabricado como descrito nesta invenção)

B – Compósito in natura (compósito polimérico fabricado usando o molde na configuração convencional)

**[042] Figura 6** – Disposição típica do molde tipo macho – fêmea durante a confecção de compósitos poliméricos como usada atualmente na indústria destacando:

- A) entrada da resina
- B) saída da resina/ar
- C) Fechamento do molde

**[043] Figura 7** - primeiro molde em alumínio desenvolvido e peças compósitas obtidas

**[044] FIGURA 8** – apresentação de um segundo molde de alumínio usando duas entradas de resina e peças compósitas obtidas.

**[045] FIGURA 9** - Moldes em alumínio e borracha para maior vedação com destaque para:

- 9A – tampa do molde com insertos em aço nas roscas, com destaque para a canaleta (a)
- 9B - tampa com duas entradas para resina em posição diagonal uma em relação à outra mantendo a saída do ar no meio da tampa e destacando:
  - a) borracha para vedação
  - b) inserto em aço
  - c) mostra as bolhas em peças compósitas produzidas

São apresentadas na figura amostras de peças compósitas produzidas.

**[046] FIGURA 10.** Molde em aço com entrada e saída opostas e peças compósitas produzidas, destacando:

- a) entrada da resina
- b) saída do ar
- c) reforço manta de sisal
- d) reforço tela de sisal

**Descrição Detalhada da Invenção**

**[047]** O objetivo da presente invenção é prover um novo processo para a fabricação de compósitos poliméricos laminados isentos de falhas na sua superfície que aumente a sua resistência mecânica. Para este processo de fabricação é necessário o uso de moldes tipo macho-fêmea, composto de 2 partes: inferior e superior (tampa). A parte inferior é uma cavidade que dá forma ao compósito, deve possuir um orifício para a saída de resina/ar e uma canaleta ao redor das bordas para posicionar a borracha de vedação. A tampa limita a altura final do compósito e deve possuir um orifício para a entrada da resina. Os orifícios de entrada de resina e saída de resina/ar devem se encontrar em posição diagonal e oposta. De acordo com esta invenção os moldes devem preferivelmente ser fabricados com materiais com alta resistência ao desgaste.

**[048]** A confecção de materiais compósitos laminados fibra natural/resina termofixa mediante moldagem em posição vertical assistida a vácuo se divide em 5 etapas: Inicialmente, o reforço (fibra natural) é preparado e posicionado no molde previamente recoberto por um agente desmoldante. Este molde conta com uma entrada de resina na tampa e uma saída de resina/ar na base, a entrada e saída encontram-se em posição diagonal e oposta. O molde é então fechado e o reforço comprimido. Seguidamente o molde é posicionado na vertical ficando a saída do ar na parte posterior-superior e a entrada da resina na parte anterior-inferior, e a bomba de vácuo é conectada à saída resina/ar aplicando uma pressão menor à atmosférica para retirar o ar do molde, e do reforço, produzindo um gradiente de pressão no interior do sistema, permitindo, assim, a entrada da resina previamente misturada com o iniciador. Quando a resina começa a aparecer na saída do ar, o vácuo é desligado e o molde é posicionado na horizontal enquanto acontece a cura da resina. Finalmente, o molde é aberto e a peça retirada.

**[049]** Para a adequada realização da invenção, o processo de fabricação compreende as seguintes etapas:

## **1. Preparação do molde**

**[050]** As duas partes do molde devem ser previamente recobertas com algum tipo de agente desmoldante para facilitar a desmoldagem da peça e ter um acabamento de alta qualidade na superfície visível da peça. Na parte inferior do molde deve-se posicionar a borracha dentro da caneleira para obter máxima vedação no momento do fechamento do molde. De acordo com esta invenção o tipo de desmoldante a ser empregado vai depender do tipo de resina termofixa usada como matriz polimérica, por exemplo, para resinas termofixa tipo poliéster o desmoldante líquido à base de resinas especiais de silicone garante o melhor acabamento final da peça compósita produzida.

## **2. Posicionamento do reforço**

**[051]** O material fibroso usado como reforço pode ser qualquer tipo de material fibroso lignocelulósico com ou sem tratamento superficial na forma de tecido ou de não-tecido. O mesmo deve ser posicionado na parte inferior do molde sem deixar espaços vazios. Podem-se usar uma ou várias camadas do material de reforço e pode ter qualquer espessura apropriada que permita o fechamento do molde. Antes do posicionamento do material fibroso no molde, deve-se retirar a umidade do mesmo. Por exemplo, a umidade pode ser retirada colocando o material fibroso numa estufa a 100°C ou passar através dele um jato de ar quente. De acordo com esta invenção as fibras que conformam o material fibroso lignocelulósico podem ser fibras de talo (juta, rami, linho, piaçava), fibras de folha (sisal, curauá, abacaxi, banana, palma) ou fibras de lenho (bambu, bagaço de cana). O termo "material fibroso lignocelulósico na forma de tecido" que pode ser usado como reforço em um material compósito como descrito aqui se refere a qualquer estrutura produzida pelo entrelaçamento de um conjunto de fios de urdume e outro conjunto de fios de trama, formando ângulo de (ou próximo a) 90°, e o termo "material fibroso lignocelulósico na forma de não-tecido" que pode ser usado como reforço em um material compósito como descrito aqui, refere-se a qualquer estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados

direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fritão) e/ou químico (adesão) e/ao térmico (coesão) e combinações destes. De acordo com esta invenção o material fibroso lignocelulósico pode servir somente para prover reforço à matriz polimérica e melhorar as características de resistência do material. Em outras formas de realização, o componente fibroso lignocelulósico pode opcionalmente ou adicionalmente prover qualidades estéticas particulares para o material compósito formado.

### **3. Fechamento e posicionamento do molde**

**[052]** O reforço é comprimido quando a parte superior do molde é posicionada para realizar o fechamento do mesmo. Seguidamente o molde é posicionado na vertical ficando a saída de resina/ar na parte posterior-superior e a entrada da resina na parte anterior-inferior. De acordo com esta invenção o termo "fechamento do molde" se refere ao posicionamento da tampa sobre a parte inferior do molde e à execução dos ajustes necessários na colocação das porcas ou pinças entre as duas partes do molde para obter a máxima vedação. Nesta posição as duas partes do molde ficam perpendicular para a superfície do solo.

### **4. Introdução da resina e saturação do reforço com a resina termofixa**

**[053]** Depois de posicionado o molde perpendicular para a superfície do solo, a bomba de vácuo é conectada na saída de resina/ar, e aplicando uma pressão menor à atmosférica, se retira o ar do reforço e do molde, produzindo um gradiente de pressão no interior do sistema, permitindo, assim, a entrada da resina previamente misturada com o iniciador. Quando a resina começa a aparecer na saída de resina/ar, indica que o reforço já foi saturado pela resina. Nesse momento se fecha a entrada da resina, se desliga o vácuo, e o molde é posicionado na horizontal. Nesta configuração vertical, a saturação do reforço é favorecida pela direção de fácil permeabilidade que apresentam as fibras e a melhora das forças capilares. O tempo de infiltração da resina vai depender do tamanho da peça a ser confeccionada e deve ser inferior ao tempo de gel da resina. De acordo com esta invenção quanto maior é o tempo de infiltração da

resina, maior é a eficiência na distribuição homogênea da resina no interior da peça. Para fins desta descrição o termo resina termofixa se destina a ser sinônimo com os termos resina de poliéster, resina de vinil éster, resina de epóxi ou qualquer outra resina termoestável. A quantidade particular de iniciador usado pode variar geralmente dependendo da atividade catalítica do material, assim como a temperatura do processo e a taxa de polimerização desejada.

### **5. Cura e desmoldagem da peça**

**[054]** Quando o fornecimento da resina é completado, a resina é permitida que cure com o molde posicionado na horizontal. Finalmente o molde é aberto e a peça retirada. Em outra forma de realização, a cura da resina pode ser realizada em temperatura elevada, por exemplo, entre cerca de 45°C e cerca de 75°C. A temperatura pode geralmente ser selecionada de modo a obter uma taxa de polimerização razoável e realizar a etapa de cura e desmoldagem no menor tempo.

**[055]** O escopo da invenção não é limitado à modalidade acima descrita, alterações e modificações podem ser realizadas sem se desviar do escopo da invenção. A descrição completa acima inclui as figuras de 1 a 5 para fins de ilustração de formas de realização selecionadas, e não se destinam a limitar o âmbito da presente invenção.

**[056]** Os exemplos abaixo descrevem o invento no sentido de um melhor entendimento, porém não limitam o âmbito da presente invenção.

### **Exemplos**

**[057] Exemplo 1. Confecção de compósitos poliméricos fibra de sisal/resina tipo poliéster.** Usou-se como reforço manta e tela de sisal com espessura média de três milímetros e gramatura média de  $(806 \pm 118)$  g/cm<sup>2</sup> e  $(956 \pm 63)$  g/cm<sup>2</sup>, respectivamente. O sisal usado na confecção da manta e da tela foi da variedade *Agave sisalana*, que segundo os padrões de classificação vigentes no Brasil correspondem a fibras de sisal tipo bucha na manta e fibras de sisal tipo 2 na tela. Usou-se como matriz polimérica resina poliéster

elekeiroz da série 1000 e da série 9000. A resina da série 1000 é aplicada em piscinas e banheiras enquanto que a série 9000 tem aplicações nos laminados em geral na indústria automotiva. Empregou-se 2% de etilmetilcetona como iniciador com os dois tipos de matriz polimérica. As duas partes do molde foram previamente recobertas com um agente desmoldante semi-permanente segundo as indicações do fabricante.

**[058]** A manta e a tela foram mantidas na estufa durante 5 minutos a 100°C para retirar a umidade antes de serem posicionadas no molde. Os compósitos foram confeccionados através da moldagem assistida a vácuo como descrito nesta invenção. O posicionamento do molde nas diferentes etapas do processo de moldado assistido a vácuo descrito nesta invenção e usado na fabricação dos compósitos é ilustrado na figura 1.

**[059]** A Figura 2A e 2B apresentam os compósitos poliméricos obtidos usando como matriz polimérica resina da série 9000 e como reforço tela de sisal e manta de sisal, respectivamente. Pode-se observar que para ambos os tipos de configuração do reforço os compósitos obtidos estão isentos de pontos sem resina pelo qual o processo acima descrito dá um adequado acabamento final das peças compósitas.

**[060] Exemplo 2. Resistência à tração de compósitos poliméricos fibra de sisal/resina tipo poliéster confeccionados mediante moldagem assistida a vácuo.** Usou-se como reforço tela de sisal com espessura média de três milímetros e gramatura média de  $(956 \pm 63)$  g/cm<sup>2</sup>. O sisal usado na confecção da tela foi da variedade Agave sisalana, que segundo os padrões de classificação vigentes no Brasil correspondem a fibras de sisal tipo 2. Usou-se como matriz polimérica resina poliéster elekeiroz da série 1000. Foi usado 2% de etilmetilcetona como iniciador. A tela foi usada como recebida do fabricante e também foi submetida a lavagem durante 12 horas à temperatura ambiente em uma solução etanol/água (8:2 v/v). Após a lavagem a manta foi lavada com água corrente até pH 7 e mantida a temperatura ambiente para secagem.

**[061]** As telas foram mantidas na estufa durante 5 minutos a 100°C para retirar a umidade antes de ser posicionada no molde previamente recoberto como o agente desmoldante. Os compósitos foram confeccionados através da moldagem assistida a vácuo como descrito nesta invenção e para comparação também foram confeccionados usando a moldagem assistida à vácuo na configuração convencional, ou seja, usando a entrada da resina e a saída resina/ar na tampa do molde e mantendo o molde em posição horizontal durante todo o processo da moldagem. A figura 3A apresenta uma peça compósita produzida segundo a invenção descrita aqui, usando como matriz polimérica resina poliéster elekeiroz da série 1000, enquanto a figura 3B mostra uma peça compósita confeccionada usando a configuração convencional.

**[062]** O ensaio de resistência à tração dos materiais compósitos foi realizado segundo a Norma ASTM D 638. Usou-se uma máquina de ensaios marca SHIMADZU modelo AG-X, com uma velocidade de 5 mm/min, em temperatura ambiente controlada (23±2)°C e (50±5)% de umidade relativa do ar. Os corpos-de-prova foram retirados da placa do compósito pela técnica de usinagem, sendo retirados 5 corpos de prova, e foram climatizados durante 48 horas sob as mesmas condições de umidade e temperatura usadas durante o ensaio.

**[063]** A figura 4 mostra o valor médio e o respectivo desvio padrão da resistência à tração dos compósitos confeccionados. Pode-se observar que os compósitos confeccionados segundo o método descrito nesta invenção apresentam um aumento estatisticamente significativo na resistência à tração. O aumento na resistência à tração nos compósitos confeccionados segundo a presente invenção é 3 vezes maior que aquela mostrada pelos compósitos confeccionados na moldagem convencional.

**[064]** A melhora obtida na interface fibra/matriz polimérica com o método acima descrito é evidenciada nas imagens obtidas mediante microscopia eletrônica de varredura mostradas na figura 5.

**[065]** De acordo com a presente invenção, a saturação do reforço com a resina tem maior eficiência quando ela sobe lentamente em sentido contrário ao da

ravidade aumentando significativamente o contato fibra/matriz polimérica na interface como mostrado na Figura 5A. A figura 5B apresenta a interface fibra/matriz polimérica do mesmo tipo de compósito confeccionado usando o método convencional, ou seja, saturando o reforço e mantendo o molde em posição horizontal.

### **Diário de Laboratório**

**[066]** Para a confecção dos compósitos, iniciou-se usando como reforço manta de sisal tipo bucha, segundo os padrões de classificação vigentes no Brasil, resina poliéster Elequeiroz da série 9000, e cera de carnaúba como agente desmoldante. O primeiro molde foi projetado em alumínio com uma entrada de resina e uma saída resina/ar para a conexão da bomba de vácuo (ver figura 7). Os compósitos produzidos com este molde apresentaram os seguintes defeitos:

- A parte perto das bordas e as próprias bordas junto a parte do molde próximas a saída de vácuo ficaram sem resina,
- Ao longo do comprimento a peça apresentava pequenas bolhas devido a presença de ar no reforço.
- Cura incompleta da resina em algumas partes da peça,
- A peça final algumas vezes apresentava cor verde.

**[067]** O primeiro defeito está relacionado com o tipo do molde e a disposição da entrada de resina e saída do vácuo. Para minimizar esse defeito foi necessário projetar outros modelos do molde. O segundo defeito está relacionado com a falta de vácuo e problemas de vedação do molde. O terceiro defeito aparece devido à falta de calor durante o processo de cura ou à reduzida quantidade de catalisador usada. Foi preciso testar outros tempos de cura e introduzir uma etapa de pós-cura a uma maior temperatura, sem degradar a manta. O quarto defeito aparece quando o reforço apresenta impurezas. Em nosso caso a manta adquirida até o momento tinha restos de folhas, madeira e galhos. Para continuar trabalhando com manta de sisal, procura-se no mercado outros fornecedores, além disso, encomendou-se do

fornecedor uma manta com as características necessárias, ou seja, livre de impurezas e de espessura uniforme.

**[068]** A principal desvantagem da moldagem assistida por vácuo é a dificuldade de projetar moldes. Isso ocorre porque a determinação adequada das posições das entradas e saída é essencial para prevenção de falhas de preenchimento.

**[069]** Para encontrar as condições ideais de moldagem foram variados diversos parâmetros durante a moldagem, como posições da entrada de resina e saída de resina/ar no molde, pressão no interior do molde, e temperatura de moldagem.

**[070]** A primeira modificação feita no molde de alumínio foi usar duas entradas de resina perto das bordas e uma saída de resina/ar no meio da tampa do molde.

**[071]** A **figura 8** mostra o segundo molde de alumínio projetado junto com peças compósitas produzidas.

**[072]** Com esta disposição conseguiram-se peças preenchidas de resina em todas suas partes. Assim, o uso de entradas de resina em extremidade opostas do molde e saída de ar no seu centro mostrou-se uma alternativa eficiente na distribuição homogênea da resina no interior da peça. No entanto, as peças apresentaram muitas bolhas pequenas ao longo de todo seu comprimento. Iniciou-se o uso do desmoldante "Chemlease PMR-90" para eliminar a cor escura das peças dada pelo uso da cera de carnaúba.

**[073]** A segunda modificação feita na tampa do molde foi colocar insertos em aço nas roscas (ver figura 9A). Além disso, projetou-se uma tampa com duas entradas para resina em posição diagonal uma em relação à outra mantendo a saída do ar no meio da tampa (ver figura 9B). Também foi incorporada uma canaleta na base do molde para posicionar uma borracha e ter melhor vedação.

**[074]** Os moldes feitos em alumínio têm a desvantagem do fato das roscas se desgastarem com o tempo, pelo qual fez necessário adaptar insertos em aço

das roscas feitas na tampa dos moldes.

**[075]** Com as modificações feitas obtiveram-se peças compósitas com menor número de bolhas ao longo de seu comprimento. A borracha aumentou a vedação do molde e testou-se a influência da pressão no interior do molde. O estudo mostrou que a presença de ar no interior da peça é reduzida quando são utilizados vácuos menos intensos, proporcionando um tempo de moldagem mais longo, o que dá maior tempo na penetração da resina nos vazios entre as fibras de sisal.

**[076]** Com a finalidade de eliminar as bolhas da superfície das peças, projetou-se um molde em aço usando uma entrada de resina na base e uma saída de resina/ar na tampa do molde. A entrada e saída encontram-se em posição diagonal oposta. Além de empregar a canaleta na borda da base para a colocação da borracha. A figura 10 apresenta o molde descrito acima. As peças produzidas com este molde estão isentas de bolhas e a resina se encontra homoganeamente distribuída ao longo do comprimento da peça usando manta ou tela de sisal como reforço. O molde em aço tem a vantagem de ter maior vida útil já que as roscas vão se desgastar mais lentamente que nos moldes feitos em alumínio.

| Tipo de molde                             | Resistência à tração (MPa) | Desvio padrão |
|---|----------------------------|---------------|
| Molde da figura 8A                        | 8,18                       | 0,78          |
| Molde da figura 8B                        | 8,32                       | 0,96          |
| Molde da figura 9 (disposição horizontal) | 8,22                       | 1,22          |
| Molde da figura 9 (disposição vertical)   | 27,14                      | 3,27          |

**[077]** O processo para a fabricação de compósitos poliméricos laminados isentos de falhas na sua superfície que aumente a sua resistência mecânica usando moldes tipo macho-fêmea é composto de 2 partes: inferior e superior (tampa). A parte inferior deve possuir um orifício para a saída de resina/ar e a tampa deve possuir um orifício para a entrada da resina. Os orifícios de entrada de resina e saída de resina/ar devem se encontrar em posição diagonal e oposta. De acordo com esta invenção os moldes devem

preferencialmente ser fabricados com materiais com alta resistência ao desgaste.

**[078]** Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes, abrangidos no escopo das reivindicações anexas.

### Reivindicações

1. PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS MEDIANTE MOLDAGEM ASSISTIDA A VÁCUO E COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS, **caracterizado pelas etapas:**

- a. preparação do molde;
- b. posicionamento do reforço;
- c. fechamento e posicionamento do molde;
- d. introdução da resina e saturação do reforço com a resina termofixa;
- e. cura e desmoldagem da peça.

2. PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS, de acordo com a etapa a) da reivindicação 1, **caracterizado por** recobrir previamente as duas partes do molde com agente desmoldante; na parte inferior do molde deve-se posicionar a borracha dentro da caneleta para obter máxima vedação no momento do fechamento do molde.

3. PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS, de acordo com a etapa b) da reivindicação 1, **caracterizado pelo** material fibroso usado como reforço poder ser qualquer tipo de material fibroso lignocelulósico com ou sem tratamento superficial na forma de tecido ou de não tecido, além disso:

- I) o mesmo deve ser posicionado na parte inferior do molde sem deixar espaços vazios;
- II) podem-se usar uma ou várias camadas do material de reforço e pode ter qualquer espessura apropriada que permita o fechamento do molde;
- III) antes do posicionamento do material fibroso no molde, deve-se retirar a umidade do mesmo.
- IV) as fibras que conformam o material fibroso lignocelulósico podem ser fibras de talo (juta, rami, linho, piaçava), fibras de folha (sisal, curauá, abacaxi, banana, palma) ou fibras de lenho (bambu, bagaço de cana); o termo "material fibroso lignocelulósico na forma de tecido" que pode ser usado como reforço em um material compósito como

descrito aqui e se refere a qualquer estrutura produzida pelo entrelaçamento de um conjunto de fios de urdume e outro conjunto de fios de trama, formando ângulo de (ou próximo a) 90°, e o termo "material fibroso lignocelulósico na forma de não-tecido" que pode ser usado como reforço em um material compósito como descrito aqui, refere-se a qualquer estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fritção) e/ou químico (adesão) e/ao térmico (coesão) e combinações destes.

4. PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS, de acordo com a etapa c) da reivindicação 1, **caracterizado pelo** reforço ser comprimido quando a parte superior do molde é posicionada para realizar o fechamento do mesmo; seguidamente o molde é posicionado na vertical ficando a saída de resina/ar na parte posterior-superior e a entrada da resina na parte anterior-inferior.
5. PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS, de acordo com a etapa d) da reivindicação 1, **caracterizado por** depois de posicionado o molde perpendicular para a superfície do solo, a bomba de vácuo é conectada na saída de resina/ar, e aplicando uma pressão menor à atmosférica, se retira o ar do reforço e do molde, produzindo um gradiente de pressão no interior do sistema, permitindo, assim, a entrada da resina previamente misturada com o iniciador; quando a resina começa a aparecer na saída de resina/ar, indica que o reforço já foi saturado pela resina, fecha-se a entrada da resina, se desliga o vácuo, e o molde é posicionado na horizontal; o tempo de infiltração da resina vai depender do tamanho da peça a ser confeccionada e deve ser inferior ao tempo de gel da resina.
6. PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS, de acordo com a etapa e) da reivindicação 1, **caracterizado por** quando o fornecimento da resina for completado, a resina é permitida que cure com o molde posicionado na horizontal, o molde é então aberto e a peça retirada; em outra

forma de realização, a cura da resina pode ser realizada em temperatura elevada, por exemplo, entre cerca de 45°C e cerca de 75°C.

7. COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS de material fibroso lignocelulósico **caracterizado por** utilizar fibras naturais e resinas termofixas.

8. COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS de acordo com a reivindicação 7 **caracterizado pela** fibra natural ser o sisal e a resina termofixa ser o poliéster.

**Figuras**

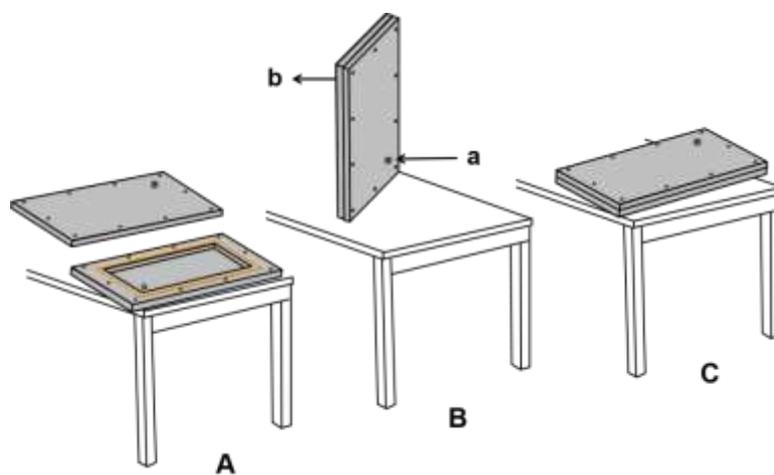


Figura 1



Figura 2

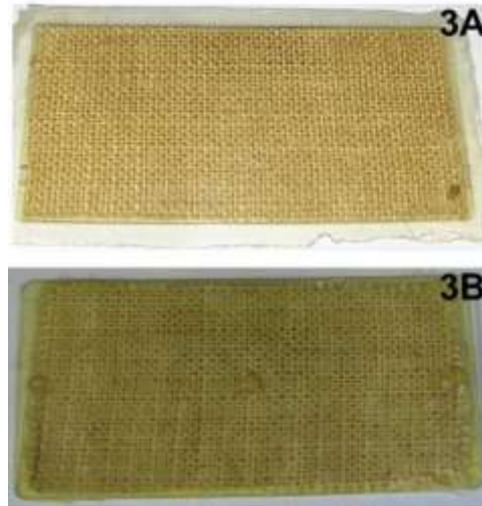


Figura 3

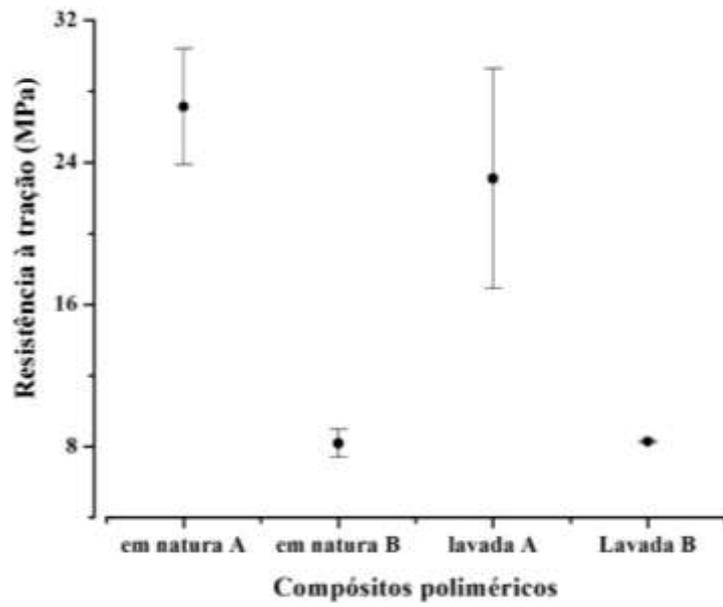


Figura 4

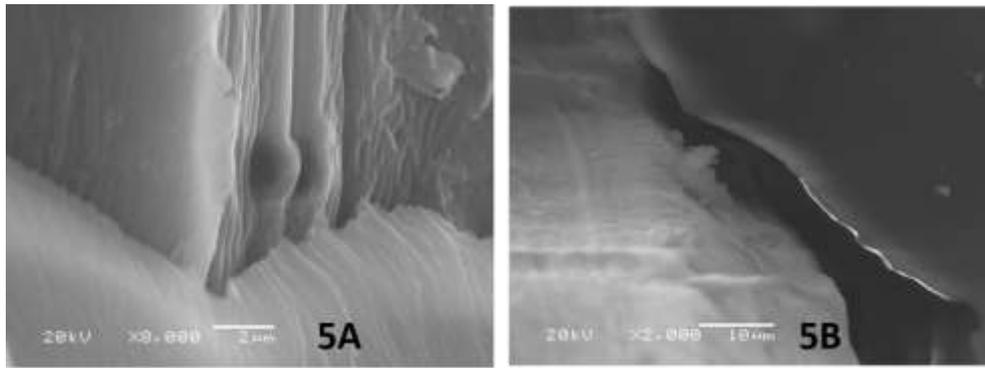


Figura 5



Figura 6

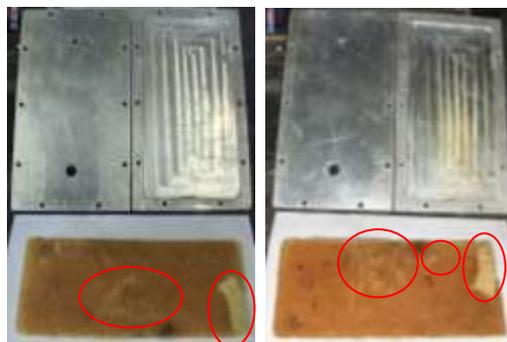


Figura 7

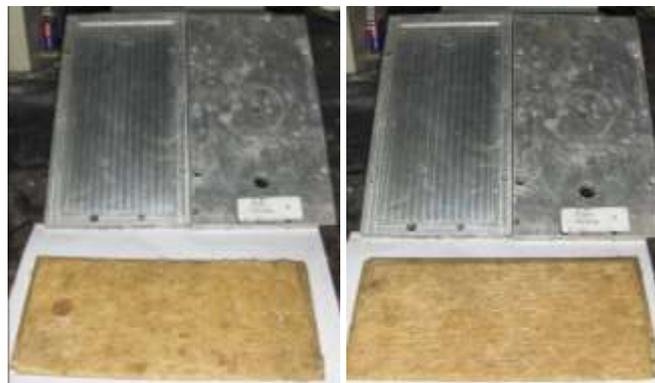


Figura 8

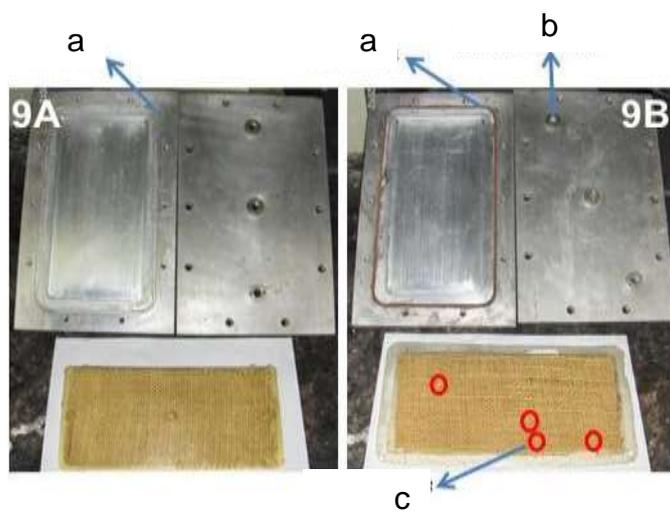


Figura 9

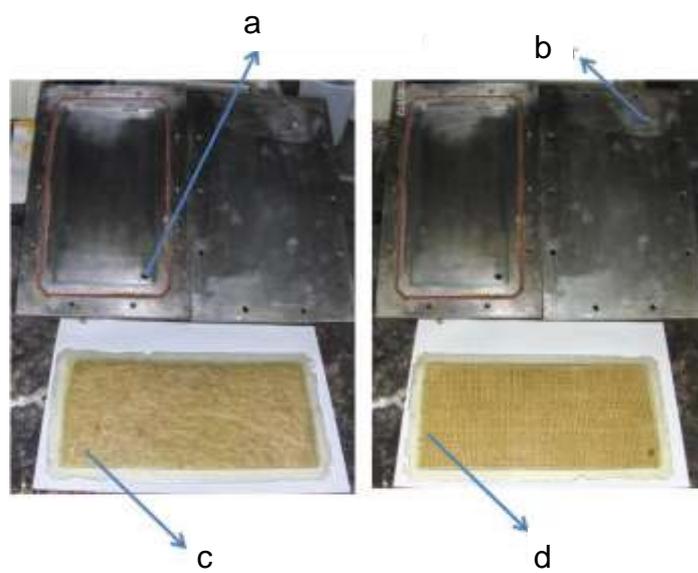


Figura 10

**Resumo****PROCESSO PARA FABRICAR COMPÓSITOS POLIMÉRICOS LAMINADOS  
MEDIANTE MOLDAGEM ASSISTIDA A VÁCUO E COMPÓSITOS POLIMÉRICOS  
LAMINADOS**

A presente invenção se refere a um processo para fabricar compósitos poliméricos laminados mediante moldagem assistida a vácuo, em que um material fibroso lignocelulósico posicionado em um molde previamente recoberto por um agente desmoldante, é impregnado com resina líquida. O processo de fabricação utiliza moldes tipo macho-fêmea, compostos de 2 partes: inferior e superior (tampa). A parte inferior é uma cavidade que dá forma ao compósito, deve possuir um orifício para a saída de resina/ar e uma caneleta ao redor das bordas para posicionar a borracha de vedação. A tampa limita a altura final do compósito e deve possuir um orifício para a entrada da resina. Os orifícios de entrada de resina e saída de resina/ar devem se encontrar em posição diagonal e oposta.