



Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Instituto de Geociências e Engenharias
Faculdade de Engenharia de Materiais

Hilbenária Mercedes Santos

Metodologia de Extração de Fibras Vegetais e Confeção de Corpos de Prova de Compósito de Matriz Poliéster, em Conformidade com a Norma ASTM D638 e ASTM D3039

Marabá
2017

Hilbenária Mercedes Santos

Metodologia de Extração de Fibras Vegetais e Confecção de Corpos de Prova de Compósito de Matriz Poliéster, em Conformidade com a Norma ASTM D638 e ASTM D3039

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. Orientador: Prof. Márcio Paulo de Araújo Mafra.

Marabá
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Biblioteca II da UNIFESSPA. CAMAR, Marabá, PA

Santos, Hilbenária Mercedes

Metodologia de Extração de Fibras Vegetais e Confecção de Corpos de Prova de Compósito de Matriz Poliéster, em Conformidade com a Norma ASTM D638 e ASTM D3039. Hilbenária Mercedes Santos /; orientador, Márcio Paulo de Araújo Mafra. — 2017.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Geociências e Engenharias, Faculdade de Engenharia de Materiais, Curso de Engenharia de Materiais, Marabá, 2017.

1. Compostos poliméricos. 2. Fibras – Normas - Brasil. 3. Ciência dos materiais. I. Mafra, Márcio Paulo de Araújo, orient. II. Título.

CDD: 21. ed.: 620.118

Hilbenária Mercedes Santos

Metodologia de Extração de Fibras Vegetais e Confecção de Corpos de Prova de Compósito de Matriz Poliéster, em Conformidade com a Norma ASTM D638 e ASTM D3039

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. Orientador: Prof. Esp. Márcio Paulo de Araújo Mafra.

Data de aprovação: ____/____/____.

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof. Márcio Paulo de Araújo Mafra / Unifesspa - Orientador

Prof. Dr. Elias Fagury Neto - Membro interno

Prof. Eng. Jalies de Santana Moura - Membro interno

*Dedico este trabalho aos meus pais,
María Hílma e Bernardo Alves,
minhas Irmãs Manuellly Mercedes e
Híldene Mercedes, ao meu cunhado
Evaldo Melo e minhas sobrinhas
Agatha Sofia e María Luíza.*

Até aqui nos ajudou o Senhor

1 Samuel 7: 12

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus pelo dom da vida, pela proteção, sabedoria e por seu grande amor que não tem fim.

Aos meus amados e queridos pais, Maria Hilma Mercedes Dos Santos e Bernardo Alves Dos Santos, por sempre me incentivarem a correr atrás dos meus sonhos e objetivos, pelo amor, pela paciência e pela confiança depositada em mim, os adjetivos de agradecimentos não são suficientes para expressar minha gratidão.

As minhas irmãs, Hildene Mercedes Dos Santos e Manuely Mercedes Dos Santos por sempre está ao meu lado nas horas em que mais preciso e por todo amor que ambas tem por mim. As minhas sobrinhas, Agatha Sofia e Maria Luiza e meu cunhado Evaldo Souza por sempre estarem fazendo os meus dias mais felizes, e a todos os meus familiares.

Ao meu Orientador Márcio Paulo de Araújo Mafra por me conduzir na etapa final de minha graduação, ter paciência e compreensão, o meu eterno carinho e gratidão a sua esposa Aline Loureiro, bem como os seus pais Lucileide Loureiro e Leonam Loureiro. Agradeço também aos meus companheiros de projeto Carlos Gurgel e Tassia Abreu pelo apoio e ajuda para a realização desse trabalho.

Aos meus amigos leais Fiana Gomes, Hanna Barros, Paulo César, Wilker Costa, Wirland Melo, por toda a paciência, amor, carinho, por toda a ajuda que não foi pouca, enfim por tudo, vocês são de grande importância na vida minha.

As queridas Dayane Coimbra, Edna Fernandes, Maria Rita, Pâmella Moreira, Samara Alves, por todos os momentos que passamos juntas e por todo o carinho e ajuda no decorrer deste curso, bem como todos os componentes da Femat 2012.

Agradeço a todos os funcionários da Unifesspa, e também aos meus amados Irmãos da Igreja Nova Jericó e a todos que me ajudaram direta e indiretamente na obtenção deste grau acadêmico. O minha eterna gratidão a todos.

Resumo

Buscando atender tanto as necessidades tecnológicas como ambientais surgem os compósitos reforçados com fibras vegetais ou naturais que se tornam um novo conceito quando se fala em materiais com alta resistência. Quando se fala em questão ambiental esse novo tipo de material é de suma importância, pois vem substituir as cargas antes utilizadas, ou seja, sintéticas e minerais. Esse tipo de compósito tem apresentado bons e grandes resultados o que é um grande feito para todas as áreas da vida secular. As fibras utilizadas para a fabricação dos compósitos apresentados neste trabalho foram utilizadas como reforço junto de um matriz polimérica sendo utilizada a resina poliéster isoftálica insaturada para fabricação da matriz, as fibras são oriundas da região norte do país. Foram fabricados corpos de prova para o ensaio de tração segundo as normas D638 E D3039. A quantidade de resina utilizada para a fabricação dos corpos de prova segundo a norma D638 foi de 61,5 gramas e a quantidade do agente de cura (catalisador) foi de 0,45 gramas, à quantidade de resina para os corpos de prova segundo a norma D3039 foi de 123 gramas e de catalisador 0,90 gramas. Pode-se observar que o método de fabricação apresentado neste trabalho é eficiente, atendendo as normas de especificação seguindo a ASTM e as fibras apresentaram um bom comportamento no que se diz respeito a sua normalização.

Palavras-chave: *Compósitos Poliméricos; Fibras Naturais; Fibras de Pente de Macaco; Fibras de Mutamba; Fibras de Pindaíba; Fabricação.*

Abstract

Seeking to meet both technological and environmental needs arise the composites reinforced with vegetable or natural fibers that become a new concept when talking about materials with high resistance. When talking about environmental issues, this new type of material is of great importance, since it replaces the previously used loads, that is, synthetic and mineral. This type of composite has presented good and great results which is a great achievement for all areas of secular life. The fibers used for the manufacture of the composites presented in this work were used as reinforcement next to a polymer matrix and the unsaturated isophthalic polyester resin was used to make the matrix, the fibers come from the northern region of the country, with the exact location of the fibers: Pindaíba From Vila Monte Castelo, Km 54, the banks of the Transamazon Highway and Pente de Macaco and Mutamba from km 64 on the Transamazon Highway. Test specimens were fabricated for the tensile test according to D638 and D3039 standards. The amount of resin used to make test bodies according to D638 was 61.5 grams and the amount of the curing agent (catalyst) was 0.45 grams, the amount of resin for the specimens according to D3039 standard was 123 grams and catalyst 0.90 grams. It can be observed that the manufacturing method presented in this work is super efficient, meeting the standards of specification following the ASTM and the fibers presented a good behavior with regard to their normalization.

Keywords: Polymer composites; Natural Fibers; Monkey Comb Fibers; Mutamba Fibers; Fibers of Pindaíba; Manufacture

Lista de Figuras:

Figura 1: Fluxograma dos tipos de compósitos	17
Figura 2: Compósitos com diferentes reforços	18
Figura 3: Constituição de uma fibra vegetal elementar	24
Figura 4: Estrutura da celulose.....	25
Figura 5: Estrutura do mero de celulose	25
Figura 6: Arvore e Caule de Pente de Macaco.....	28
Figura 7: a- Característica do tronco, b- Casca da arvore c - Arvore Mutamba, d- Folhas e Flores da Arvore, e- Fruto da arvore, f- Sementes.	29
Figura 8: a- Caule da arvore pindaíba, b- folha da arvore pindaíba, c- flor da arvore pindaíba.	31
Figura 9: Modelo de corpo de prova segundo a Norma D638.....	34
Figura 10: Modelo de corpo de prova segundo a norma D3039	35
Figura 11: Catalisador MEK - D45 e Resina Poliéster Isoftálica.....	36
Figura 12: Tear.....	37
Figura 13: Fibras de Pente de Macaco, Mutamba e Pindaíba Submersas em água.	38
Figura 14: Fibras de Pente de Macaco e Mutamba após a Normalização	39
Figura 15: Fibra de Pindaída sendo normalizada pelo processo de raspagem.....	40
Figura 16: a- Montagem do Tear, b- linha de amarração (Sisal).....	41
Figura 17: Fabricação da manta de Mutamba no Tear	41
Figura 18: Mantas de Pindaíba, Pente de Macaco e Mutamba confeccionadas no Tear.....	42
Figura 19: Esquema de montagem das placas com mantas de fibras naturais	43
Figura 20: a- Teste de volume da Fibra de Pindaíba, b- fibra de Pente de Macaco picotada, no tamanho de 10 mm, c- fibra de Mutamba sendo picotada no tamanho de 5 mm	44
Figura 21: a- Fibra de Mutamba picotada na estufa para secagem; b- fibra de Mutamba seca sendo mistura à resina e catalisador; c- Mistura das Fibras com resina e catalisador prontas para a secagem e posteriormente pronto para o ensaio da norma D638.....	45

Figura 22: a- Corpos de prova segundo a normal D3039; b- Corpos de prova segundo a norma D638. (Pente de Macaco).....49

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVOS GERAIS	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 MATERIAIS COMPÓSITOS.....	16
3.1.1 Materiais Compósitos com Reforço de Fibras Sintéticas.....	18
3.1.2 Materiais Compósitos com Reforço de Fibras Naturais	19
3.2 MATRIZ POLIMÉRICA.....	20
3.2.1 Matriz Poliéster	22
3.3 FIBRAS NATURAIS	23
3.3.1 Fibras de Pente de Macaco	27
3.3.2 Fibras de Mutamba.....	28
3.3.3 Fibras de Pindaíba	30
3.4 FABRICAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS.....	31
3.5 NORMAS DE ENSAIO DE TRAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS	33
3.5.1 Norma ASTM D638	34
3.5.2 Norma ASTM D3039	35
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
4.1. MATERIAIS	36
4.1.1 Matriz Polimérica.....	36
4.1.2 Fibras vegetais de Pente de Macaco, Mutamba e Pindaíba.....	36
4.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL	37
4.2.1 Tear.....	37
4.2.2 Extração de Fibras Vegetais de Mutamba, Pente de Macaco e Pindaíba..	38

4.2.3	Preparação das Fibras para a Confeção dos Materiais Compósitos.....	39
4.2.4	Fabricação dos Materiais Compósitos com Fibras Vegetais de Mutamba, Pente de Macaco e Pindaíba	40
4.2.4.1	Confeção das placas usando tear.....	40
4.2.4.2	Preparação Das Mantas das Fibras, Resina e Catalisador:	42
4.2.4.3	Fabricação dos corpos de prova segundo a norma D638, nos tamanhos de 5 mm, 10 mm e 15 mm	43
4.2.4.4	Preparação das Fibras Picotadas, Resina e Catalisador.	44
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1	EXTRAÇÃO DE FIBRAS VEGETAIS DE MUTAMBA, PENTE DE MACACO E PINDAÍBA.....	46
5.2	PREPARAÇÃO DAS FIBRAS PARA A CONFECÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS.....	47
5.3	FABRICAÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS COM FIBRAS VEGETAIS DE MUTAMBA, PENTE DE MACACO E PINDAÍBA.....	48
6.	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

Visando atender às novas necessidades do mercado e o desenvolvimento de novos materiais, têm sido objeto de pesquisa a formulação e caracterização de compósitos. Os materiais compósitos são obtidos através da combinação de dois ou mais materiais com diferentes propriedades, onde um dos componentes é o matricial e os demais o reforço. Esta combinação confere ao produto características particulares e propriedades específicas. (DE PAULA, 2011)

A utilização de compósitos reforçados com fibras naturais é o reflexo das preocupações com as questões ambientais, como a poluição causada por resíduos que não são biodegradáveis ou não podem ser incinerados, bem como as mudanças climáticas devido às emissões de CO₂ associadas aos processos de utilização intensiva de energia. Sendo assim motiva-se também a prática de projetos de auto sustentabilidade, já que as fibras naturais geram fonte de renda, principalmente nos países em desenvolvimento, onde grande parte são originárias, incentivando o cultivo à agricultura de não-alimentícios. (SILVA, 2014)

A concentração de lignina nas fibras vegetais influencia a estrutura, as propriedades, a morfologia, a flexibilidade e a taxa de hidrólise. Fibras com alto teor de lignina são de excelente qualidade e bastante flexíveis (AKERS 1989; AGARWAL 2000 *apud* Esmeraldo, 2006). A celulose, que é o principal componente das fibras vegetais e principal responsável pela estabilidade e resistência mecânica (Lima JÚNIOR, 2007; SILVA, 2003 *apud* SILVA, 2011).

Com isso as fibras vegetais foram ganhando um novo padrão de estudos, possibilitando o seu incremento a compósitos poliméricos reforçados com os mais diferentes tipos de fibras, devido à combinação do seu desempenho satisfatório e versatilidade com a vantagem de processamento simples e de baixo custo. (OLIVEIRA, 2013)

O uso de fibras vegetais como reforço em compósitos poliméricos, com o objetivo de substituir total ou parcialmente as fibras sintéticas, tem recebido muita atenção dos pesquisadores. Isto porque as fibras vegetais apresentam importantes vantagens como: baixo custo, baixa densidade, resistência, baixa abrasividade aos equipamentos de processo, são biodegradáveis, não são tóxicas ou poluentes diminuindo assim problemas ambientais, além de serem originárias de fontes renováveis e serem disponíveis em todo o mundo (NÓBREGA, 2007).

Tendo em vista isso o trabalho visou aprimorar e agregar novos conhecimentos no que se diz respeito a fabricação de materiais compósitos, em especial os reforçados com fibras naturais, sendo que as fibras em estudo no presente trabalho são: Pente de Macaco, uma árvore em abundância no Brasil principalmente no Norte e Nordeste do país pela sua utilização na fabricação de cordas; Pindaíba encontrada principalmente no território norte do País e é alvo de estudo em relação a sua utilização e a Mutamba, tendo ocorrência em varias localizações do País e também vem sendo bastante estudada em varias áreas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho teve como objetivo mostrar a metodologia de fabricação de materiais compósitos reforçados com fibras naturais da Amazônia, de acordo com as normas da ASTM D638 e ASTM D3039 para corpos de prova para ensaio de tração.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fabricação de materiais compósitos pelo método Hand Lay Up.
- Utilizar as normas ASTM D638 e ASTM D3039 para fabricação de materiais compósitos;
- Apresentação da metodologia para fabricação de materiais compósitos através de molde de silicone e Tear;
- Utilização de novas fibras na fabricação de materiais compósitos;
- Mostrar a preparação das fibras Vegetais de Mutamba, Pente de Macaco e Pindaíba para a fabricação dos materiais compósitos;
- Verificação e análise da qualidade dos corpos de prova para o ensaio de tração.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MATERIAIS COMPÓSITOS

Com a crescente evolução da tecnologia em todas as áreas da ciência é importante que sejam desenvolvidos vários tipos de materiais que acompanhem a mesma, sendo assim originam-se os compósitos.

Compósito é um sistema estruturado de materiais formado por duas ou mais fases em uma escala macroscópica, pois consiste em um material multifásico feito artificialmente, onde as fases constituintes devem ser diferentes e estar separadas por uma interface distinta em que seu desempenho mecânico e propriedades são projetados para serem superiores àqueles dos constituintes atuando independentemente. (DANIEL E ISHAI, 2006)

Daniel e Ishai (2006) Relatam que as fases constituintes de um compósito são materiais monolíticos e comumente denominadas matriz (ou componente matricial), que é a fase contínua, e reforço (ou componente estrutural) que é a fase descontínua ou dispersa e por vezes, considera-se uma terceira fase distinta localizada entre a fase dispersa e a fase contínua, denominada interface.

Segundo Panzera, (2012) Compósito se define como a combinação de dois ou mais materiais sem a formação química de uma nova fase, exceto quando esta ocorre na região de interface entre as fases dispersa e matriz, sendo esta denominada de interfase.

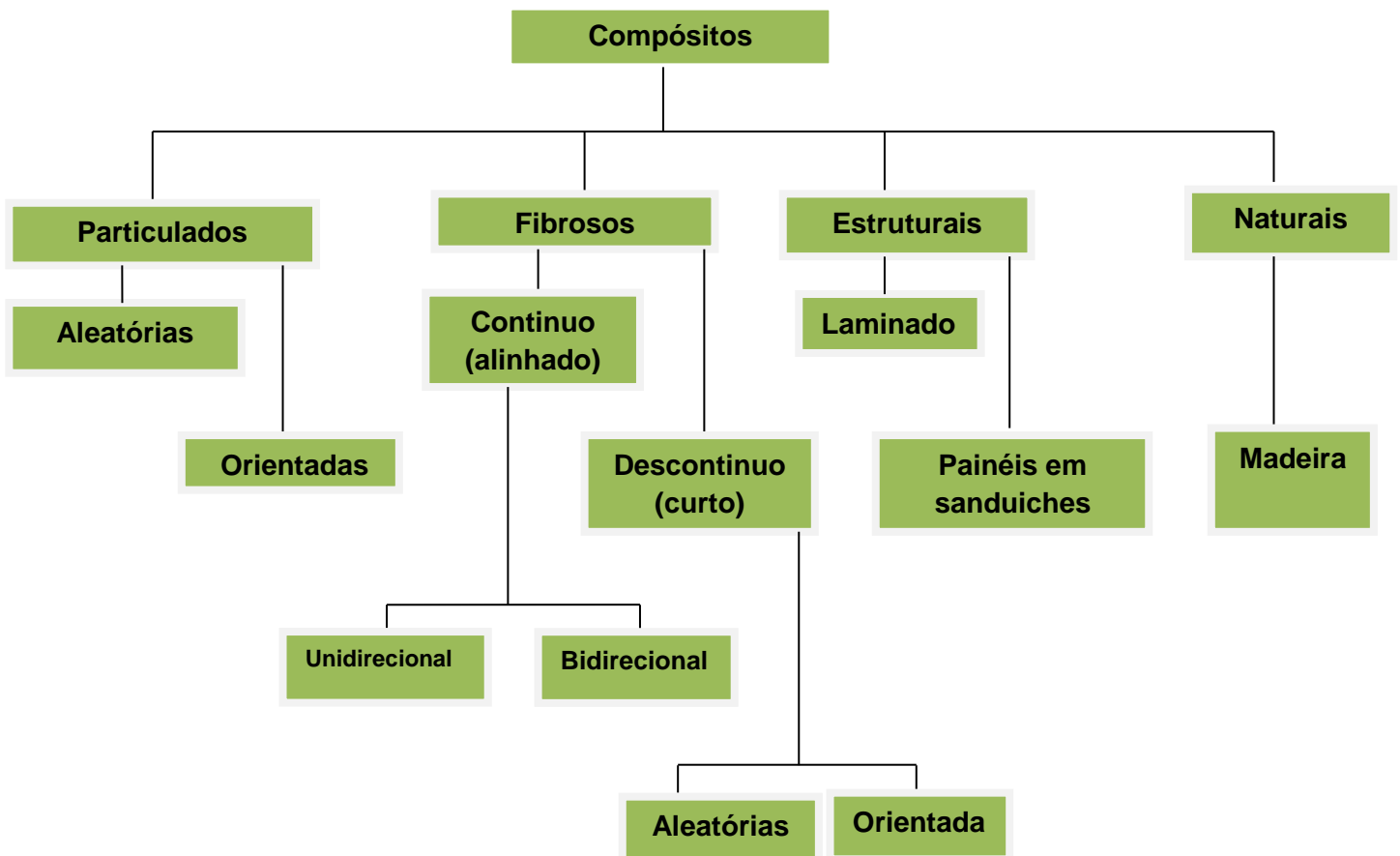
Além disso, os compósitos podem ser classificados a partir do tipo de matriz: metálica, cerâmica ou polimérica. Existe também, uma variedade de compósitos que ocorrem na natureza, como a madeira, formada por fibras de celulose resistentes e flexíveis, que são envolvidas e mantêm-se unidas por meio de uma matriz de lignina. (DA SILVA, 2010)

O interesse dos materiais compósitos está ligado a dois fatores: econômico e desempenho. O fator econômico vem do fato do material compósito ser muito mais leve que os materiais metálicos, o que implica numa economia de combustível e consequentemente, num aumento da carga útil (aeronáutica e aeroespacial). A redução na massa total do produto pode chegar a 30 % ou mais, em função da aplicação dada ao material compósito. O custo de fabricação de algumas peças em

material compósito pode ser também sensivelmente menor se comparado com os materiais metálicos.

O fator performance está ligado à procura por um melhor desempenho de componentes estruturais, sobretudo no que diz respeito às características mecânicas (resistência a ruptura, resistência à ambientes agressivos, etc.). O caráter anisotrópico dos materiais compósitos é um fator primordial para obtenção das propriedades mecânicas requeridas pelo componente. A leveza juntamente com as excelentes características mecânicas faz com que os materiais compósitos sejam cada vez mais utilizados dentro de atividades esportivas (PEREIRA, 2000).

Figura 1: Fluxograma dos tipos de compósitos

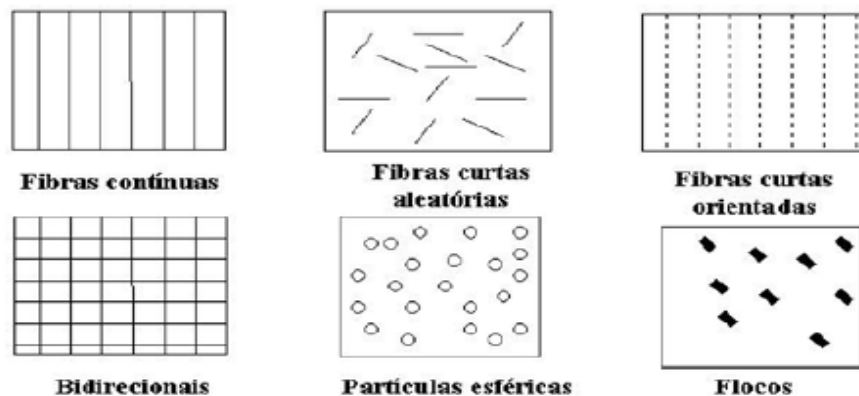


Fonte: Autor, (2017)

A fase dispersa ou reforço existe em diversas formas sendo a classificação mais geral feita em três categorias: compósitos particulados, compósitos de fibras descontínuas (whiskers) e compósitos de fibras contínuas. No geral, os constituintes do reforço dos compósitos proporcionam força e rigidez, mas também aumentam a resistência ao calor, corrosão e condutividade. O reforço pode ser feito para facultar todas ou apenas uma destas características dependendo dos requisitos exigidos pelo novo material. Para o reforço representar uma vantagem para o compósito este deve ser mais forte e rígido que a matriz e deve ser possível a sua troca quando se notar qualquer falha como vantagem. (VENTURA, 2009)

Existem duas configurações possíveis em relação à orientação das fibras: um alinhamento paralelo ao eixo longitudinal da fibra numa só direção e um alinhamento totalmente aleatório. Normalmente, as fibras contínuas estão alinhadas enquanto as fibras descontínuas podem estar desalinhadas, orientadas aleatoriamente ou parcialmente orientadas. (VENTURA, 2009)

Figura 2: Compósitos com diferentes reforços



Fonte: Ventura, (2009)

3.1.1 Materiais Compósitos com Reforço de Fibras Sintéticas

O uso dos materiais compósitos à base de fibras sintéticas de alta resistência tornou-se uma técnica de reforço e recuperação de algumas estruturas como, por exemplo, o concreto armado (PALIGA *et al.*; 2012). As principais fibras sintéticas utilizadas como reforço de materiais compósitos são as fibras de vidro, de

carbono e aramídicas. Dado o elevado custo de produção das fibras de carbono e aramídicas, estas apenas são utilizadas em aplicações exigentes como, por exemplo, a indústria aeronáutica e espacial. (RODRIGUES, 2013)

As fibras de vidro são sem dúvidas as mais utilizadas como reforço de materiais compósitos, estando presentes na esmagadora maioria das aplicações nos mercados de grande consumo (DE CASTRO, 2013). Após algumas décadas de grande desenvolvimento tecnológico deste tipo de fibras, surge agora muito interesse na substituição das fibras sintéticas, principalmente das de vidro, por fibras naturais. (DE MOURA *et al.*; 2005)

Este interesse em muito se deve às propriedades semelhantes que os compósitos reforçados com fibras de vidro e fibras naturais apresentam. (THOMAS & POTHAN, 2009)

3.1.2 Materiais Compósitos com Reforço de Fibras Naturais

Não é de hoje que podemos perceber a crescente conscientização da sociedade como um todo em relação às causas ambientais, sendo assim é necessário que haja alternativas tecnológicas capazes de substituir as existentes que causam danos ao mesmo, tendo em visto isso os compósitos reforçados com fibras naturais vem sendo uma grande alternativa para este problema.

Dentre os materiais compósitos, o reforço tipo fibra natural tem despertado grande interesse em engenheiros da indústria de diversos setores como automotiva, da construção mecânica, metalúrgica, farmacêutica, naval, aeronáutica, aeroespacial entre outras. Uma vez que a forma fibrosa de um material possui elevada resistência à tração e alto módulo de elasticidade, este tipo de material é usado atualmente como material de engenharia em combinação com uma matriz que, além de envolver e proteger a fibra deforma sob a ação de uma força e lhe distribui a tensão, impedindo a propagação de falhas (BLEDZKI & GASSAN, 1999).

A densidade apresentada pelas fibras naturais é um forte aliado para a utilização destas, pois possuem valores menores que as fibras sintéticas. Além disso, o custo das fibras vegetais é menor, são materiais de fonte renovável, biodegradável e não são abrasivas aos equipamentos como as fibras de vidro e carbono, como já mencionado antes. (SILVA, 2014)

Dessa forma, observa-se que, em trabalhos realizados neste sentido, o uso das fibras naturais em materiais compósitos poliméricos se torna promissor para a indústria, tanto pelo fator econômico, quanto pelo fator ambiental, além da geração de renda para comunidades produtoras. Em consequência, dependendo da composição e de tratamentos realizados nas fibras, elas podem somar boas propriedades mecânicas ao compósito, de tal forma que, são cotadas a ser estudadas e usadas como elementos de reforço às matrizes poliméricas. (SILVA, 2009)

Vale ressaltar que o uso de fibras naturais tem como principais vantagens: o baixo custo; baixa abrasividade; atoxicidade, baixa densidade; baixo consumo de energia; propriedades mecânicas e termoacústicas adequadas. Além disso, este tipo de fibra apresenta algumas vantagens sobre as sintéticas, as quais referem-se aos aspectos ecológicos e sociais, em razão da reciclabilidade e biodegradabilidade e do aumento da qualidade de vida dos habitantes de regiões onde é realizado o cultivo (MARTINS E JOEKES, 2003).

3.2 MATRIZ POLIMÉRICA

A matriz de um material compósito deve, para além de manter a coesão das fibras, garantir as seguintes funções: Proteger as fibras do meio envolvente; Proteger as fibras do dano durante o manuseamento; Distribuir o carregamento pelas fibras; Redistribuir o carregamento pelas fibras resistentes em caso de ruptura. (MOREIRA, 2009)

Escolhendo-se adequadamente a matriz e o elemento de reforço, um pode-se obter um compósito com propriedades adequadas para aplicação em situações específicas (GERALDO, 2000/2016)

As matrizes poliméricas podem ser termofixas, termoplásticas ou elastoméricas. Para os compósitos avançados a maior parte das matrizes poliméricas é à base de resinas termofixas, destacando-se as resinas epóxi, fenólicas e poliéster (HULL & CLYNE, 1996).

Resinas termofixas têm sido utilizadas como matrizes em compósitos devido as suas características químicas, propriedades mecânicas, resistência a solventes, e estabilidade à temperaturas elevadas. Estima-se que mais de três quartos de todas as matrizes de compósitos poliméricos sejam constituídas por polímeros termofixos.

(PAIVA & FROLLINI, 1999) Já que estas, em geral, são mais resistentes e menos sensíveis a ataques químicos e mais resistentes termicamente do que os termoplásticos. (NOBREGA, 2007)

As matrizes termoendurecíveis são constituídas por polímeros em que as moléculas formam estruturas tridimensionais bastante rígidas. Os termoendurecíveis, ao contrário dos termoplásticos, não podem ser reprocessados. Uma vez aquecidos assumem uma forma permanente. Quando os componentes (resina e acelerador e/ou catalisador) são misturados na proporção adequada, dá-se a polimerização e a constituição da estrutura tridimensional, num processo que se designa habitualmente por “cura”. Uma das principais vantagens das resinas termoendurecíveis é a maior facilidade de impregnação do reforço, dado que, antes da cura, apresentam viscosidades bastante inferiores às dos termoplásticos (DE MOURA *et al.*; 2011)

Os polímeros termoendurecíveis possuem estruturas químicas com ligações cruzadas e depois de estabelecidas as ligações possuem as seguintes propriedades termomecânicas: Comportamento essencialmente frágil ao longo de um intervalo amplo de temperaturas; Incapacidade de se deformar viscoelasticamente; Com comportamento elástico; Estrutura não-cristalina sob a forma de uma rede de ligação cruzada; Polímero irá degradar ou queimar em vez de derreter; Pode-se fazer moldação por transferência de resina em apenas um ciclo; Não pode ser reciclado por fusão ou reformado. (BAILLIE, 2004)

Os polímeros termoplásticos constituem a maior parte dos polímeros comerciais, tendo como principal característica a capacidade de ser fundido diversas vezes. Dependendo do tipo do plástico, também podem dissolver-se em vários solventes. Logo, sua reciclagem é possível, uma característica bastante desejável nos dias de hoje. São polímeros de alta massa molar, constituídos de cadeias lineares e, em alguns casos, apresentam alguma ramificação. O emaranhamento das cadeias confere integridade física ao material, sendo passíveis, entretanto, de deformação plástica quando submetidos a tensões mecânicas (RODRIGUES, 2013)

Os termoplásticos (polietileno, poliestireno, polipropileno, etc.) são também utilizados como matrizes em compósitos, devido à maior tenacidade à fratura, maior resistência ao impacto, maior tolerância a danos em relação aos termorrígidos e além da capacidade de reciclagem desses materiais. (RODRIGUES, 2013)

Elastômero (borracha) é uma classe de polímeros intermediária aos termoplásticos e termorrígidos. Não são fundíveis, mas apresentam alta elasticidade, não sendo rígidos como os termorrígidos. Sua reciclagem é também complicada de forma análoga aos termorrígidos, devido à incapacidade de fusão. A estrutura molecular é similar à do termorrígido, mas neste caso, há menor número de ligações entre as cadeias. Exemplos: vedações, mangueiras de borracha. (RODRIGUES, 2013)

3.2.1 Matriz Poliéster

Os poliésteres são resinas que possuem grupos éster como elementos fundamentais em suas cadeias moleculares. Resultam da reação de condensação de um diol com um diácido e, dependendo do tipo do ácido empregado, o poliéster pode ser saturado (termoplástico) ou insaturado (termofixo). (BLASS, 1988)

Os poliésteres saturados são obtidos pela reação entre um diol e um diácido saturado, resultando num produto termoplástico, cuja cadeia molecular é composta apenas por ligações simples entre átomos de carbono. Possuem moléculas longas e lineares, e não são sujeitos a reações de reticulação, podendo ser encontrados em forma de fibras ou filmes (CAVALCANTI, 2006)

Os poliésteres insaturados são ésteres formados pela reação de um diálcool (glicol) e um anidrido ou ácido dibásico (diácido), com liberação de uma molécula de água. São produzidos quando um dos reagentes contém insaturações, geralmente pelo ácido ou anidrido maleico. (MAXWELL, 2010/2016)

Os principais tipos de resinas de poliéster insaturado (UPR – Unsaturated Polyester Resin) são: resina ortoftálica, tereftálica, isoftálica e bisfenólica. Como a UPR é sólida a temperatura ambiente, normalmente usam-se monômeros apropriados, como por exemplo, o estireno, que é usado para diminuir a viscosidade e facilitar a processabilidade da resina, além de participar do processo de polimerização da resina (TARGA *et al.*, 2009).

A formulação de uma matriz polimérica contendo resina poliéster é feita pela adição à resina de iniciadores e promotores de cura. Os iniciadores de cura, genericamente chamados de peróxidos orgânicos, podem ser hidroperóxidos, como o hidroperóxido de cumenon (CHP); e peróxidos, como o peróxido de metil etil cetona (MEKP), o peróxido de benzoila (BPO) e o acetil acetona (AAP). Para

sistemas formulados para cura a frio, os peróxidos mais indicados são o MEKP, o BPO, o AAP e o CHP. Para sistemas de cura a quente, são sugeridos o BPO, o peroxoato de tércio butila (TBPO) e o perbenzoato de tércio butila (TBPB). A ativação dos iniciadores de cura é feita por promotores de cura (aceleradores), que têm como os mais usuais as aminas terciárias ou os sais de cobalto, vanádio, cobre ou manganês, sendo os dois primeiros os mais empregados. (MARINUCCI, 2011).

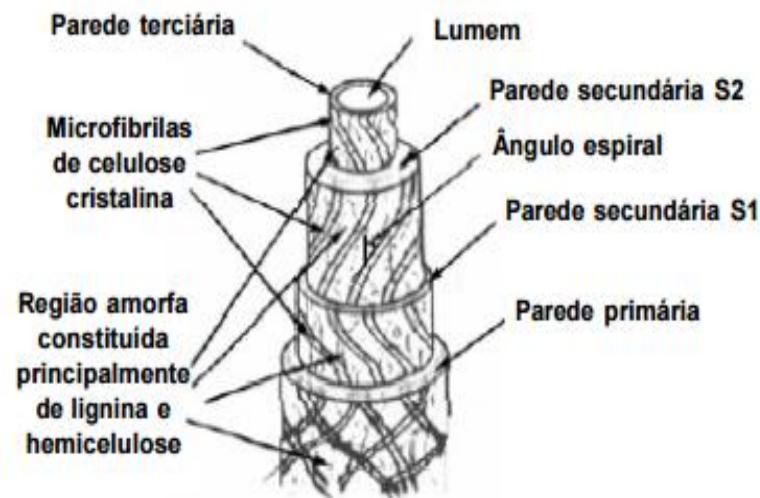
No cotidiano, os iniciadores de cura são normalmente chamados de catalisadores. Esse termo não é tecnicamente correto para expressar o fenômeno que ocorre na cura. Catalisador é uma substância que aumenta a velocidade de uma reação química sem ser efetivamente consumido no processo, fato que não acontece na cura de matrizes poliméricas onde o iniciador de cura é consumido na reação. (MARINUCCI, 2011).

3.3 FIBRAS NATURAIS

As fibras naturais são aquelas encontradas na natureza e usadas —*in natura* ou mesmo após certo grau de beneficiamento. Elas podem ser de origens minerais, vegetais ou animal. Dentre estas fibras, as vegetais têm conseguido ampliar, de forma significativa, suas aplicações nos mais diversos setores da indústria (MORASSI,1994 E SANTOS CRUZ,2002 *apud* DE PAULA, 2011)

Ainda podem ser bem definidas pelo conjunto de filamentos individuais, formados por fibrilas e unidas por espécies químicas orgânicas não cristalinas (lignina e hemicelulose). As fibrilas são compostas por moléculas de celulose e estão orientadas em ângulos distintos formando as diversas camadas que compõe a macrofibra. Assim, de forma simplificada a denominação de macrofibra é dada ao conjunto de filamentos compostos preferencialmente por moléculas de celulose unidos por lignina e hemicelulose. (ESMERALDO, 2006)

Figura 3: Constituição de uma fibra vegetal elementar



Fonte: Silva, (2011)

Quando todas as impurezas forem removidas, o principal constituinte da fibra que sobra é a celulose (GONÇALVES *et al.*; 2003). A celulose, que é o principal componente das fibras vegetais e principal responsável pela estabilidade e resistência mecânica, é um polissacarídeo linear de alta massa molar constituído por uma cadeia molecular formada pela união de unidades de anidro-D-glicose, ou simplesmente glicose-D. (LIMA JÚNIOR, 2007; SILVA, 2003 *apud* SILVA, 2011). A celulose tem uma fórmula empírica de $(C_6H_{10}O_5)_n$. A celulose pura é uma substância branca com uma gravidade específica de 1,5. Queima espontaneamente no ar, com uma chama luminosa sem fumaça. É higroscópica e foi sugerida que a celulose pode formar três hidratos: $C_6H_{10}O_5 \cdot 1/3$ ou $1/2 \cdot H_2O$ e $C_6H_{10}O_5 \cdot 1 \ 1/3 \cdot H_2O$, mas existem dúvidas sobre essas fórmulas por causa de sua variabilidade. (GONÇALVES *et al.*; 2003)

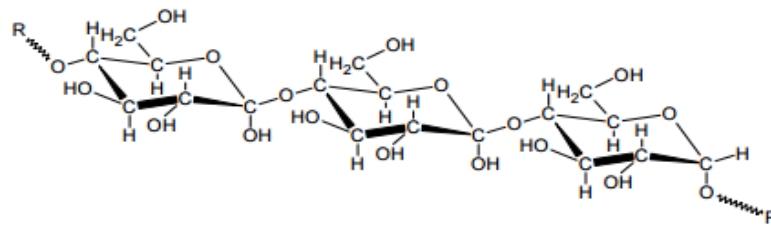
A celulose é o componente essencial de todas as plantas e o polímero natural existente em maior abundância, possui fortes ligações de hidrogênio, sendo altamente hidrofílica (AGRAWAL *et al.* 2000 *apud* BARBOSA, 2011). A unidade elementar da macromolécula da celulose é a anidro-d-glicose, que contém três radicais hidroxilas (-OH). Estas hidroxilas formam ligações de hidrogênio dentro das moléculas (intra-moleculares) e é um dos principais constituintes das paredes celulares das plantas (cerca de 33% do peso da planta), em combinação com a

lignina, com hemicelulose e pectina. (BLEDZKI E GASSAN, 1999 *apud* BARBOSA, 2011).

A celulose é insolúvel em água e em solventes orgânicos, mas dissolve em hidróxido de cobre amoniacal e em soluções concentradas de certos sais tal como cloreto de zinco e tiocianato de cálcio, tão bem quanto em certos complexos de metais e etilenodiamina. É insolúvel em soluções de álcalis, mas dissolve-se em ácido sulfúrico concentrado frio como outros carboidratos, quando aquecidos com ácido sulfúrico concentrado, a celulose expande-se formando uma massa de carbono. É também atacada pelos ácidos clorídrico e nítrico. Soluções de celulose são coloidais em suas propriedades. (GONÇALVES *et al.*; 2003)

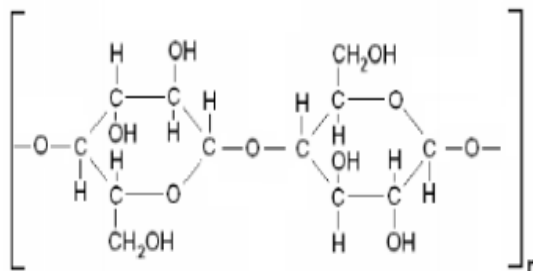
Em função do seu maior grau de cristalinidade e seu alto grau de polimerização, a celulose costuma apresentar maior estabilidade aos efeitos da degradação, seja ela mecânica, química ou térmica, quando comparada aos componentes não celulósicos co-formadores das fibras . (AGRAWAL *et al.*; 2000 *apud* BARBOSA, 2011).

Figura 4: Estrutura da celulose



Fonte: Bathista, (2003)

Figura 5: Estrutura do mero de celulose



Fonte: Silva, (2011)

O termo hemicelulose é utilizado coletivamente para denominar grupos distintos de polissacarídeos constituídos por vários açúcares incluindo glicose, xilose, galactose, arabinose e manose. A hemicelulose é diferente da celulose em três importantes aspectos. Em primeiro lugar, ela contém várias unidades de açúcares já a celulose tem apenas as unidades 1,4-BD-glicopirranose. Em segundo lugar, apresenta um considerável grau de ramificação de cadeias poliméricas, enquanto a celulose é um polímero estritamente linear. Em terceiro lugar, o grau de polimerização é cerca de um décimo a um centésimo daquele encontrado para a celulose. (AGRAWAL *et al.*; 2000 *apud* BARBOSA, 2011).

Normalmente a hemicelulose atua como um elemento de ligação entre a celulose e a lignina, não estando diretamente correlacionada à resistência e dureza das fibras. Ao contrário da celulose, os constituintes da hemicelulose diferem de planta para planta. (AGRAWAL *et al.*; 2000 *apud* BARBOSA, 2011).

A lignina pode ser definida com um polímero derivado de unidades fenilpropanóides denominadas C_6C_3 ou, simplesmente, unidades C_9 , repetidas de forma irregular, que tem sua origem na polimerização desidrogenativa do álcool coniferílico (SILVEIRA *et al.*; 2009). As moléculas de lignina são formadas completamente diferente dos polissacarídeos, pois são constituídas por um sistema aromático composto de unidades de fenilpropano. (KLOCK & ANDRADE, 2003)

Sua concentração nas fibras influencia a estrutura, as propriedades, a morfologia, a flexibilidade e a taxa de hidrólise. Fibras com alto teor de lignina são de excelente qualidade e bastante flexíveis (AKERS 1989; AGARWAL 2000 *apud* ESMERALDO, 2006). Do ponto de vista morfológico a lignina é uma substância amorfa localizada na lamela média composta, bem como na parede secundária. Durante o desenvolvimento das células, a lignina é incorporada como o último componente na parede, interpenetrando as fibrilas e assim fortalecendo, enrijecendo as paredes celulares. (KLOCK & ANDRADE, 2003)

3.3.1 Fibras de Pente de Macaco

Apeiba tibourbou Aubl. (pau de jangada ou pente de macaco) é uma espécie arbórea da família Tiliaceae, que ocorre naturalmente desde o norte do Brasil até Minas Gerais e São Paulo. Pode ser encontrada em matas ripárias nas áreas de Cerrado, com predominância no Centro-Oeste brasileiro, bem como na Mata Atlântica. Também relata a ocorrência do pau de jangada nas matas de restingas no Maranhão. A madeira, por ser bastante leve, é empregada na produção de pequenas embarcações. A árvore apresenta potencial ornamental devido às folhas e frutos decorativos, além da casca servir de matéria-prima para a confecção de cordas. (PACHECO; *et al*, 2007)

É completamente desconhecida quanto aos seus efeitos tóxicos, mas é empregada popularmente na América Central para tratamento de reumatismo, bem como antiespasmódica, propriedades mucilaginosas e peitoral, além de estudos sobre sua composição química com a presença de ácido rosmarínico, que provavelmente lhe confere tais propriedades. É uma árvore que atinge cerca de 10 - 15 m de altura com grandes folhas simples, alternas e estipuladas. Seu período de floração é extenso, sendo comum encontrar na mesma árvore desde botões florais até frutos maduros. (MELO; *et al.*; 2012/2016)

As descrições macroscópicas e microscópicas relacionados a essa árvore que é da família *Malvaceae* é listada segundo (JUNIOR *et al.*; 2013).

- Descrição macroscópica: Camadas de crescimento distintas sob lente de 10x, demarcadas pelo achatamento das fibras. Parênquima axial indistinto mesmo sob lente. Raios visíveis sob lente de 10x, finos e numerosos, irregularmente espaçados; estratificação ausente. Vasos visíveis a olho nu; solitários e múltiplos; distribuição difusa; pequenos; pouco abundantes; desobstruídos; placa de perfuração simples.
- Descrição microscópica: Vasos solitários e múltiplos de até 10. Distribuição difusa; pouco abundantes (12-14 mm²); pequenos e médios (64-108 um de diâmetro); desobstruídos; pontoações intervasculares pequenas; alternas; contorno poligonal.; não guarnecidas; placa de perfuração simples; pontoações raiovasculares com bordas distintas, semelhantes as intervasculares em formato e tamanho. Fibras libriformes, de parede delgada, lume espesso e

pontoações simples. Parênquima axial indistinto. Raios heterocelulares, formados por células quadradas, eretas e procumbentes misturadas ao longo do corpo dos raios, uniseriados e multiseriados; numerosos (11-12 por mm linear); altos (sendo os maiores superiores a 1 mm de altura). Canais celulares ausentes. Cristais ausentes. Tilos ausentes.

Figura 6: Arvore e Caule de Pente de Macaco



Fonte: Rodrigues, (2013)

3.3.2 Fibras de Mutamba

A casca dessa planta (*Guazuma ulmifolia*) produz líber fibroso resistente, de elevada qualidade e de largo emprego na cordoaria e na a fabricação de tecidos, As árvores maiores atingem dimensões próximas de 30 m de altura e 60 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta. O tronco é reto a levemente tortuoso, curto, frequentemente ramificado a baixa altura. Tronco com até 12 m de comprimento. A copa é densa e larga, tipicamente umbeliforme;

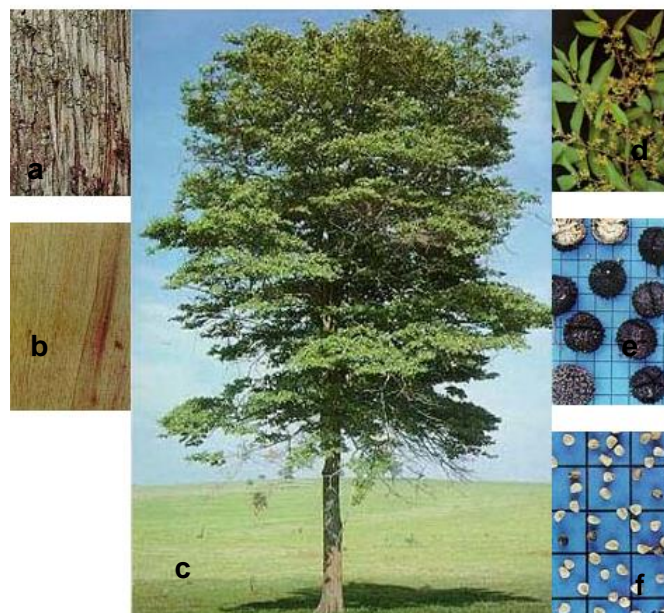
com galhos horizontais e ligeiramente pendentes, com as folhas agrupadas em duas fileiras ao longo dos ramos. (CARVALHO, 2007).

Casca com espessura de até 12 mm. A superfície da casca externa é grisácea a café-escuro, acanalada, áspera, agrietada longitudinalmente, se desprende facilmente em placas retangulares ou em tiras. A casca interna é fibrosa, rosada, com estrias brancas. As características gerais da madeira: odor e sabor ligeiramente característicos; grã entrecruzada; textura fina a mediana; brilho mediano, com veteado suave. (CARVALHO, 2007).

A Mutamba apresenta ampla dispersão pela América tropical, nas Antilhas (exceto as Bahamas), Cuba México, em Honduras. No Brasil, essa espécie ocorre nas seguintes Unidades da Federação: Acre, Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba e Paraná (CARVALHO, 2007).

As folhas e as raízes da mutamba são empregadas na medicina caseira em todas as regiões onde esta planta é encontrada, com base na tradição popular, mas sua eficácia e segurança não foram, ainda, comprovadas cientificamente. Contudo, é amplo o emprego desta planta nas práticas caseiras da medicina popular e como fornecedora de mucilagem de modo artesanal (CARVALHO, 2007)

Figura 7: a- Característica do tronco, b- Casca da árvore c - Árvore Mutamba, d- Folhas e Flores da Árvore, e- Fruto da árvore, f- Sementes.



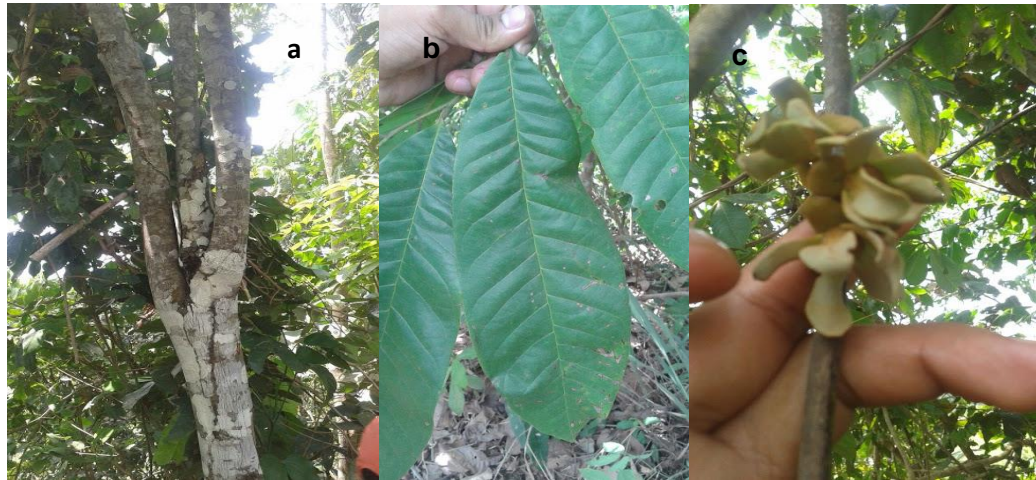
Fonte: Atlas Ambiental (2010-2017)

3.3.3 Fibras de Pindaiba

Guatteria poeppigiana é o nome científico da árvore vulgarmente conhecida como Pindaiba, pode ser chamada também de Ervira preta, pertencente à família Annonaceae, uma característica marcante dos indivíduos deste grupo é que sempre se apresentam com cascas aromáticas, folhas alternas, inteiras e simples de nervação pinada. As folhas de Annonaceae não tem estípulas, mas tem ramificações dísticas, dispostas em duas fileiras sempre dispostas em um mesmo plano. As flores estão inseridas axilarmente, nascem algumas vezes das cicatrizes foliares na madeira mais antiga e outras vezes a partir de um broto novo de folha. Os frutos podem ser do apocárpico ou sincárpico, mas sempre do tipo baga. Apresentam uma ou muitas sementes, com camadas envoltórias carnudas e suculentas, formando um endosperma colorido e nutritivo que envolve e protege o embrião, além disso ainda são oleosos. (INFOESCOLA, 2017)

A distribuição das anonáceas é quase totalmente restrita às regiões tropicais: quase 900 espécies são neotropicais, 450 são afrotropicais e o restante das espécies são indomalayas (uma ecozona que cobre a Ásia Sul, a Ásia Oriental e o Sudeste Asiático). Comercialmente, a importância está atrelada à plantação, ao cultivo e ao comércio dos frutos comestíveis desta família. Alguns exemplares bem conhecidos são: a graviola (*Annona muricata*), a atemóia (que é o cruzamento de duas espécies, a *Annona cherimola* e *Annona squamosa*), a pinheira ou fruta-pinha (*Annona reticulata*), fruta-do-conde ou ata (*Annona coriácea*), o Biribá (*Rollinia mucosa*) e a cherimóia (*Annona cherimola*). Usos indicados da Pindaíba: construção pesada, utilidade pesada, dormentes, postes, estacas e mourões. Cor: marrom-amarelado-claro. (INFOESCOLA, 2017)

Figura 8: a- Caule da árvore pindaíba, b- folha da árvore pindaíba, c- flor da árvore pindaíba.



Fonte: Autor, (2017)

3.4 FABRICAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS

As propriedades finais dos materiais não se determinam apenas em função das suas características individuais, mas também do modo como os materiais são produzidos e da forma como são inseridos nesse compósito. Em todos os processos de fabricação de compósitos existentes, desde os que incorporam tecnologias mais simples às mais avançadas, existe um conjunto de limitações, nomeadamente, no que diz respeito à capacidade de produção das peças, tamanho, forma geométrica, qualidade estrutural, homogeneidade na produção, possibilidade de automatização e custo adicional (LOPES, 2009).

Pode-se classificar o processamento de compósitos de duas maneiras: pelo tipo de matriz a ser utilizada (poliméricas, cerâmicas ou metálicas), ou pelo tipo de processo utilizado para obtenção do compósito, ou seja, processamento via fase líquida, via fase gasosa ou via fase de partícula sólida. A seleção do processo de manufatura para produção de um componente em compósito deve considerar principalmente o tamanho e geometria da peça, a microestrutura desejada, incluindo o tipo de reforço e matriz, o desempenho e a avaliação mercadológica (LEVY NETO e PARDINI, 2006).

Outra forma de se classificar os processos de fabricação de compósitos é em função do ferramental (molde) utilizado. Conceitualmente, os processos de

fabricação de peças, componentes e estruturas de material compósito podem ser divididos em processos de molde aberto e processos de molde fechado. A distinção está na qualidade do acabamento que se consegue na superfície do elemento fabricado e na qualidade dos moldes necessários para a conformação da peça. (MARINUCCI, 2011)

De acordo com Da Costas (2016) Processos em molde aberto utilizam, em geral, baixa tecnologia e baixa escala de produção. São eles:

- Laminação manual (Hand Lay Up): Feltros de fibras enrolados, mechas trancadas, mantas e outros tecidos de fibras são colocados sobre o molde e impregna-se com resina utilizando-se um pincel. Para melhorar o processo de impregnação, são usados rolos como objetivo de eliminar bolhas. O processo continua com a colocação das camadas até a obtenção da espessura (ou configuração) desejada para a peça. O moldado é curado sem calor nem pressão;

- Laminação à pistola (Spray Up): Fios cortados e resina são projetados simultaneamente em um molde preparado e um rolo é passado para melhorar o processo de impregnação (diminuindo a presença de bolhas) e antes que a resina endureça.

- Centrifugação: Misturas de fibras e resina são introduzidas em um molde rotatório e curadas "*in situ*".

- Enrolamento (Filament Winding): A modelagem é feita através de enrolamento das fibras contínuas (roving) sobre molde rotatório. Também podem ser utilizadas mantas ou tecidos intercalados as etapas de enrolamento do roving. Este processo é bastante utilizado na fabricação de peças cilíndricas e tubulações.

Os processos em molde fechado são caracterizados pela presença de molde e contramolde, bem como pelo uso de alta tecnologia e produção em média e alta escala. São eles:

- Moldagem por compressão: Processo utilizando o pré-impregnado (preg-preg - SMC, BMC, HMC, etc.), ou seja, semi produtos acabados, onde as fibras já se encontram previamente impregnadas pela resina ao serem colocadas no molde aquecido;

- Injeção: Processo utilizado para alta produção e na confecção de peças de formas variadas. A injeção da resina é feita por pressão em um molde fechado contendo em seu interior um reforço pré-formado. Os processos mais conhecidos

são: RTM (Resin Transfer Molding), RIM (Resin Injection Molding) e R-RIM (Reinforced RIM);

- Pultrusão: Neste processo fibras impregnadas com resinas são tracionadas através de moldes aquecidos, produzindo assim a polimerização da resina. É o processo utilizado na obtenção de perfis.

Tabela 1: comparação de diferentes processos de fabricação de compósitos

Processo	Habilidade Necessária	Produtividade	V_f	Custo	Arranjo Reforço	Forma
Hand lay-up	Baixa	Baixa	Média	Baixo	2D	Simple a complexa
Autoclave	Alta	Média	Alta	Médio a alto	2D	Simple a complexa
RTM/VARTM	Média	Alta	Média a alta	Baixo	2D, 3D	Simple a complexa

Fonte: Naik *et al.*; 2013 *apud* Rodrigues (2014)

3.5 NORMAS DE ENSAIO DE TRAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS

Com esse tipo de ensaio, pode-se afirmar que praticamente as deformações promovidas no material são uniformemente distribuídas em todo o seu corpo, pelo menos até ser atingida uma carga máxima. A uniformidade da deformação permite ainda obter medições para a variação dessa deformação em função da tensão aplicada. (SILVA, 2014)

Essa variação, extremamente útil para o engenheiro, é determinada pelo traçado da curva tensão-deformação a qual pode ser obtida diretamente pela máquina ou por pontos. A uniformidade termina no momento em que é atingida a carga máxima suportada pelo material, quando começa a aparecer o fenômeno da estrição ou da diminuição da seção do corpo de prova, no caso de materiais com certa ductilidade (DIETER, 1988 *Apud* SILVA, 2014). A ruptura sempre se dá na região mais estreita do material, a menos que um defeito interno no material, fora dessa região, promova a ruptura do mesmo. (SILVA, 2014)

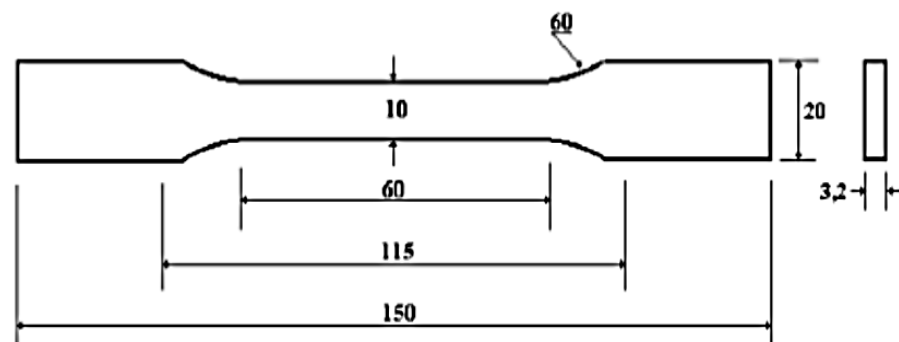
3.5.1 Norma ASTM D638

Este método de ensaio abrange a determinação das propriedades em tração de polímeros com ou sem reforço sob a forma de corpos de prova para teste padrão em forma de halteres ou gravata (Figura 9), quando testado em condições estabelecidas de pré-tratamento, temperatura, umidade e velocidade da máquina de testes. Este método de teste pode ser usado para materiais de teste de espessuras de até 14 mm (0,55 pol.). Os dados de teste obtidos por este método de ensaio são de grande relevância para o uso no projeto de engenharia. Os valores são expressos em unidades do SI que são considerados como valores padrão (ASTM, 1989).

O método aplicado para o teste é projetado para analisar propriedades de tração dados para o controle e especificação de materiais plásticos. Estes dados também são úteis para a caracterização qualitativa e para pesquisa e desenvolvimento. Para muitos materiais, pode ser uma especificação que requer o uso do presente método de ensaio, mas com algumas modificações processuais que têm precedência quando aderindo à especificação (ASTM, 1989).

As propriedades de tensão podem variar de acordo com a preparação de amostras e com velocidade e ambiente de testes. Conseqüentemente, onde os resultados comparativos precisos são desejados, esses fatores devem ser cuidadosamente controlados (ASTM, 1989).

Figura 9: Modelo de corpo de prova segundo a Norma D638



Fonte: Costa, (2012)

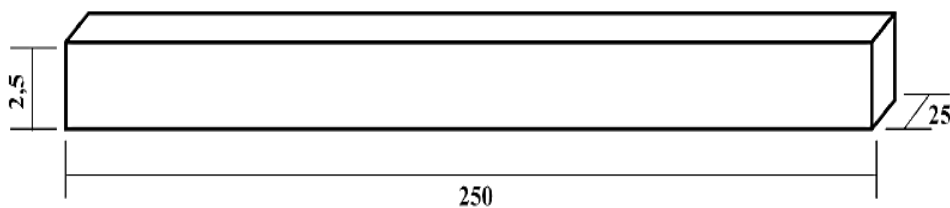
3.5.2 Norma ASTM D3039

O teste da norma D 3039 – 76 funciona bem para corpos de prova ‘orthotropic’ (que possuem diferentes propriedades em diferentes direções ortogonais), pois eles produzem tensões uniformes na peça. (ASTM D 3039 *apud* LOBO, 2010/2016)

A ASTM D 3039/ D 3039 M-00 determina que os corpos de prova tenham uma espessura entre 0,508 a 2,54mm, uma largura de 12,7mm e um vão de no mínimo 12,7 mm para os ensaios de tração longitudinal, ou seja, com as fibras na direção longitudinal. Para os ensaios de tração transversal, ou seja, com as fibras na direção transversal, uma largura de 25,4mm e comprimento útil mínimo de 38,1mm. (ASTM D 3039 *apud* LOBO, 2010/2016)

Os tabs são colocados com filme adesivo para reduzir a concentração de tensões na interface de colagem, e distribuir homogeneamente as forças de agarramento na fixação do corpo de prova na máquina de ensaio e proteger a superfície do laminado contra danos. Os tabs são obtidos a partir de laminados de vidro/epóxi, que devido as baixo módulo de elasticidade do compósito, deformam-se elasticamente distribuindo tensões por uma grande área e absorvendo energia. (ASTM D 3039 *apud* LOBO, 2010/2016). A figura mostra modelo do corpode prova segundo a norma ASTM D3039

Figura 10: Modelo de corpo de prova segundo a norma D3039



Fonte: Costa, (2016)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATERIAIS

4.1.1 Matriz Polimérica

O polímero utilizado no desenvolvimento deste trabalho foi a resina poliéster isoftálica insaturada, com catalisador MEK – D45. Fabricados e comercializados pela empresa CENTERGLASS Resinas e Fibras de vidro LTDA. O catalisador MEK-D45 foi utilizado na proporção 1 % (v/v), segundo a metodologia proposta por Oliveira (2013), o polímero conferiu boa trabalhabilidade e resistência aos compósitos fabricados.

Figura 11: Catalisador MEK - D45 e Resina Poliéster Isoftálica.



Fonte: Autor, (2017)

4.1.2 Fibras vegetais de Pente de Macaco, Mutamba e Pindaíba

As fibras foram extraídas na região de Marabá, com a ajuda de um guia para o reconhecimento das árvores com nomes comuns de Pente de Macaco, Mutamba e Pindaíba. A extração da casca do caule dessas árvores foi realizada. A pindaíba é proveniente da Vila Monte Castelo, Km 54, às margens da rodovia Transamazônica. Pente de Macaco e Mutamba foram provenientes do km 64 na rodovia Transamazônica. As fibras foram escolhidas para o desenvolvimento do presente

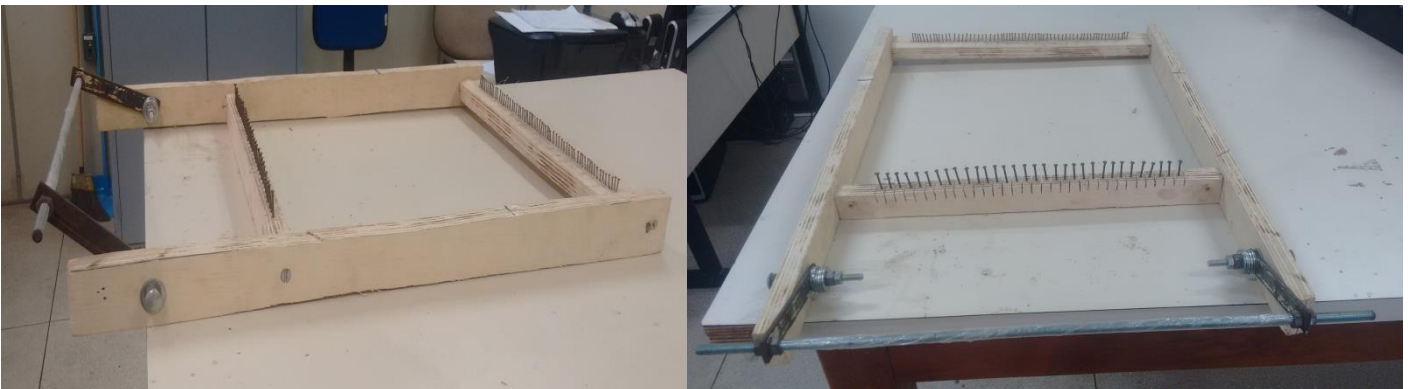
trabalho devido as suas aplicações e a sua resistência aparente, que faz com que a população da zona rural utilize em grande parte essas fibras como cordas.

4.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

4.2.1 Tear

O Tear é comumente conhecido como artefato ou máquina destinada ao fabrico de tecidos, malhas, tapetes, etc. No presente trabalho o tear foi utilizado para a fabricação dos tecidos de fibras bem como para o alinhamento dessas fibras, que foi o maior objetivo do uso do mesmo, para posteriormente serem fabricados os corpos de prova segundo a norma D339. Foram fabricados no interior da universidade alguns teares para melhor rendimento do trabalho (Figura 12). E a partir da utilização desses teares fabricou-se as mantas das fibras naturais.

Figura 12: Tear



Fonte: Autor, (2017)

4.2.2 Extração de Fibras Vegetais de Mutamba, Pente de Macaco e Pindaíba

Para a realização da extração das fibras inicialmente tivemos a ajuda de um guia para reconhecimento das arvores com nomes comuns de: Pente de Macaco, Mutamba e Pindaíba. Ainda com a ajuda do guia foi feita a extração da casca do caule das arvores citadas.

Já tendo em mãos as cascas das arvores, estas foram mantidas submersas em água, sendo que o pente de macaco ficou submerso em água por 12 dias, Mutamba imersa por 12 dias e pindaíba por 5 dias. Esse procedimento de imersão em água foi necessário para melhor manuseio na extração das fibras. Passados os dias, as cascas já estavam prontas e então foram extraídas as fibras que subsequentemente foram para a normalização.

Figura 13: Fibras de Pente de Macaco, Mutamba e Pindaíba Submersas em água.



Fonte: Autor, (2017)

4.2.3 Preparação das Fibras para a Confeção dos Materiais Compósitos

Já com as fibras extraídas, foi necessário que as mesmas fossem normalizadas/preparadas para uso adequado na preparação dos compósitos. Tal normalização foi feita manualmente e trata da relação entre tamanho e espessura da fibra, sendo o tamanho adequado para o uso no Tear (Instrumento utilizado para fabricação de mantas de fibra) é de 35 cm e uma espessura média de 5mm, tais dimensões são utilizadas também para utilização da fibra picotada. As fibras de pente de macaco e mutamba após a normalização são mostradas na figura 13.

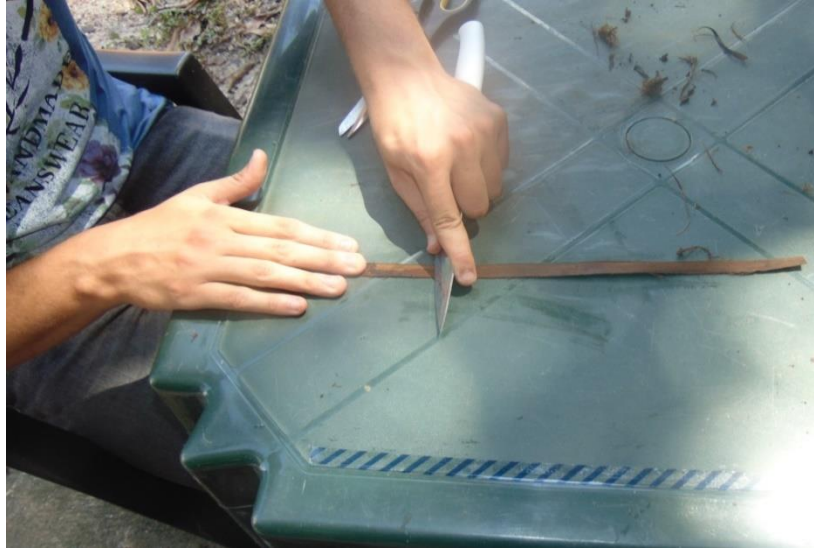
É importante enfatizar que a pindaíba por apresentar um caráter mais ríspido foi necessário fazer sua raspagem (Figura 14). Outro ponto observado é que a normalização obteve melhores resultados deixando essa fibra por uma média de 15 minutos imersa em água; também foi necessário que as mesmas passassem por um processo de secagem.

Figura 14: Fibras de Pente de Macaco e Mutamba após a Normalização



Fonte: Autor, (2017)

Figura 15: Fibra de Pindaída sendo normalizada pelo processo de raspagem



Fonte: Autor, (2017)

4.2.4 Fabricação dos Materiais Compósitos com Fibras Vegetais de Mutamba, Pente de Macaco e Pindaíba

4.2.4.1 Confeção das placas usando tear

Com as fibras normalizadas e secas partiu-se para a confecção das mantas no tear, este processo foi totalmente manual. Neste equipamento as fibras são amarradas por outra fibra conhecida como Sisal e colocadas uma ao lado da outra, sendo que a fibra e a linha de amarração (Sisal) formam um ângulo reto. É importante ressaltar que a linha de amarração necessita ser colocada de forma correta no tear, sendo que o espaçamento entre elas foi de 4 cm, uma linha será linha e a outra linha móvel. Ao final da montagem do Tear, observa-se que a primeira e ultima linha amarradas são fixas. A figura 15 mostra o processo de montagem do tear bem como a linha de amarração.

Conhecendo tal procedimento e tendo montado o tear de forma correta foram fabricadas então as mantas de Pente de Macaco, Pindaíba e Mutamba, a figura 16 mostra a fabricação da manta de mutamba no tear e a figura 17 mostra as

mantas de pindaíba, pente de macaco e mutamba prontas após serem fabricadas no tear.

Figura 16: a- Montagem do Tear, b- linha de amarração (Sisal)



Fonte: Autor, (2017)

Figura 17: Fabricação da manta de Mutamba no Tear



Fonte: Autor, (2017)

Figura 18: Mantas de Pindaíba, Pente de Macaco e Mutamba confeccionadas no Tear.



Fonte: Autor, (2017)

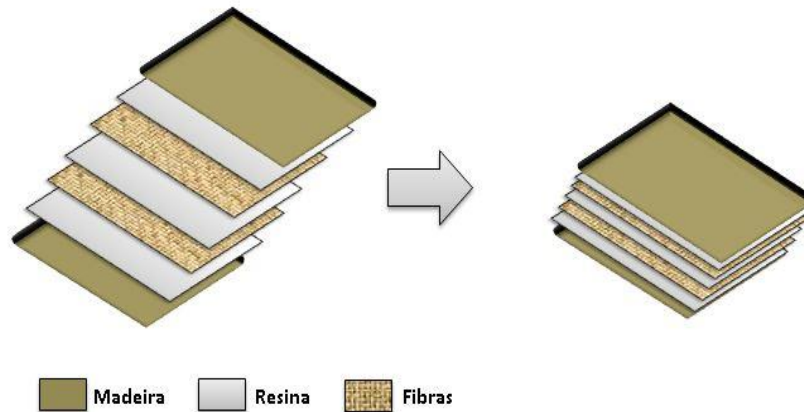
4.2.4.2 Preparação Das Mantas das Fibras, Resina e Catalisador:

Tendo em mãos as mantas fabricadas no tear (Fig. 17) foram feitos os procedimentos necessários para a fabricação das placas. Primeiro as mantas necessitam passar por uma pesagem, obtendo o seu peso a mesma vai para a secagem em uma estufa por um tempo determinado de 10 minutos, isso para que haja a total retirada de umidade presente na fibra. Em seguida faz-se novamente a pesagem. Temos então assim o peso inicial e final da manta das fibras. Para a fabricação das placas é necessário que seja retirado o excesso em cada ponta das mantas.

A quantidade exata de resina para ser utilizada nas mantas para a preparação das placas é de exatamente 123 gramas e quantidade exata de catalisador é 0,90 gramas. Uma mistura entre catalisador e resina foi feita, sendo este um processo preciso e rápido. Tendo feito tal processo a mistura entre

catalisador e resina está pronta para ser utilizada na fabricação das placas. O esquema abaixo mostrado na figura 18 explica a montagem de fabricação das placas de mantas das fibras.

Figura 19: Esquema de montagem das placas com mantas de fibras naturais



Fonte: Autor, (2017).

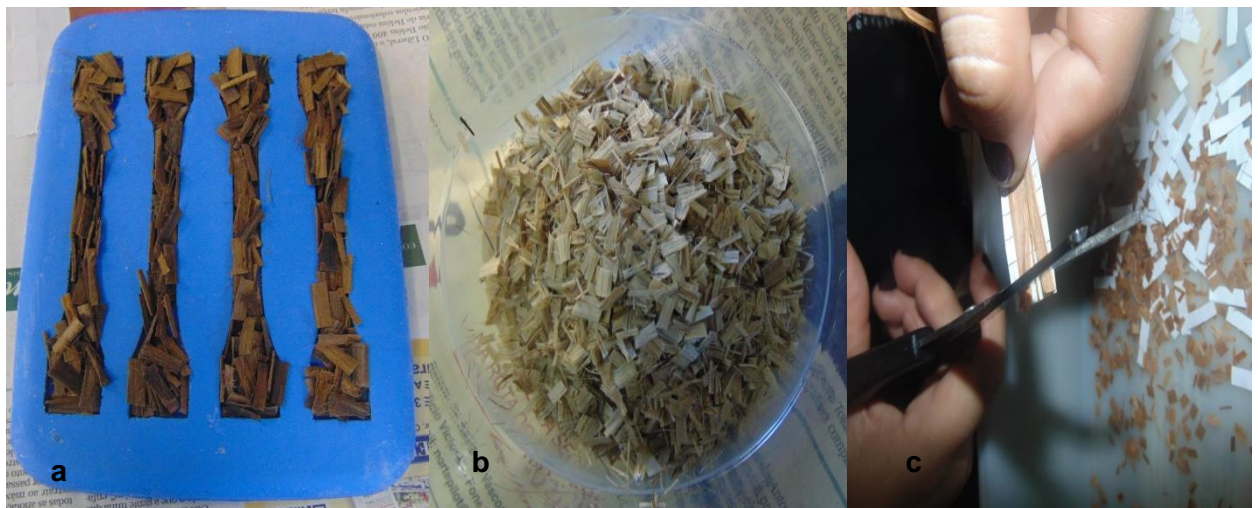
A pressão exercida sobre este esquema de montagem foi de meia tonelada. Essa pressão foi exercida por uma média de meia hora ou de um dia para outro se desejar que a “cura” aconteça ainda com as placas pressionadas. Retirada a pressão, se obtém a placa pronta para os retoques finais e para serem feitos os corpos de prova para o ensaio de tração segundo a norma D3039.

4.2.4.3 Fabricação dos corpos de prova segundo a norma D638, nos tamanhos de 5 mm, 10 mm e 15 mm

Nesse método de fabricação, é necessário que as fibras tenham passados por todo o processo de normalização/preparação. Os tamanhos adotados para as fibras para o processo de fabricação para estes corpos de prova foram de 5 mm, 10 mm e 15 mm, logo as mesmas precisaram ser picotadas nestes tamanhos. Estes corpos de prova são fabricados em molde de silicone. Para saber a quantidade exata de fibra a se usar na fabricação de tais corpos de prova a fibra é medida no

próprio molde o que chamamos de “teste de volume”, onde pega-se uma quantidade de fibra e com esta preenche-se o molde até se tenha percebido que atingiu-se a quantidade necessária de fibra para a fabricação do corpo de prova, sempre tendo atenção para que haja o preenchimento total do molde para não haver falhas na hora da fabricação. A figura 19 mostra o procedimento de preparação da fibra para a fabricação dos corpos de prova segundo a norma D638.

Figura 20: a- Teste de volume da Fibra de Pindaíba, b- fibra de Pente de Macaco picotada, no tamanho de 10 mm, c- fibra de Mutamba sendo picotada no tamanho de 5 mm



Fonte: Autor, (2017)

4.2.4.4 Preparação das Fibras Picotadas, Resina e Catalisador.

As fibras cortadas necessitam ser pesadas para em seguida serem secas na estufa por 10 minutos, para que seja retirada a umidade da mesma, passado os 10 minutos pesa-se novamente obtendo assim o peso da fibra *in natura* e o peso da mesma seca. A quantidade exata de resina para fabricação dos corpos de prova foi de 61,5 gramas e 0,45 gramas de catalisador. Foi feita a mistura entre resina e catalisador em seguida misturou-se a fibra seca, obtendo a mistura entre resina, catalisador e fibra a mesma está pronta para ser colocada no molde. Após 7 dias de

cura os corpos de prova passam por uma usinagem até uma espessura de 3,2 mm. O processo descrito é mostrado na figura 20.

Figura 21: a- Fibra de Mutamba picotada na estufa para secagem; b- fibra de Mutamba seca sendo mistura à resina e catalisador; c- Mistura das Fibras com resina e catalisador prontas para a secagem e posteriormente pronto para o ensaio da norma D638.



Fonte: Autor, (2017)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EXTRAÇÃO DE FIBRAS VEGETAIS DE MUTAMBA, PENTE DE MACACO E PINDAÍBA

Relacionando a extração de cada uma das fibras foi possível perceber algumas diferenças entre a extração das mesmas sendo possível listar alguns os pontos positivos e os pontos negativos sobre a extração de cada uma das fibras.

O Pente de macaco é a fibra que apresenta a extração mais fácil, além de ser a árvore de mais fácil acesso e reconhecimento tendo em vista o vasto conhecimento populacional da mesma, foi possível observar essa árvore na beira de rios bem como em algumas casas de populares. Ainda sobre a extração, foram feitos testes da casca contendo a fibra para saber-se qual o melhor ponto de sua extração sendo que inicialmente a casca contendo a fibra ficou imersa por 10 dias; passado esses dez dias foi visto que seria necessário que a casca ficasse imersa por mais tempo, então foi deixada por mais 2 dias totalizando 12 dias e foi possível observar que a fibra estava soltando-se espontaneamente da casca não precisando de grandes esforços para a extração da mesma. Um ponto negativo que foi observado, foi o odor que a mesma exalou quando está submersa em água por muito tempo, que foi o caso.

A fibra da mutamba também apresenta facilidade em sua extração, porém é necessário que uma pessoa com experiência faça o reconhecimento da mesma; como já citado neste trabalho árvore da mutamba é encontrada em varias partes do Brasil, porém seu conhecimento popular ainda é pouco, sendo que essa árvore, diferente do pente de macaco, é mais abundante nas matas, por conta disso e outros critérios foi necessário um guia para a extração da casca da árvore. Com as cascas dessa fibra fizemos também o teste da imersão em água, sendo deixada inicialmente dez dias submersa em água e observando que deixando-a por mais alguns dias a sua extração seria mais fácil, no décimo segundo dia fomos analisar e como o pente de macaco a fibra de mutamba já soltava espontaneamente da casca. Essa fibra apresentou maior odor que a fibra de pente de macaco, sendo necessário trabalhar com a extração da mesma ao ar livre. Tanto a fibra de mutamba como a fibra de pente de macaco após serem secas não apresentam mais odor.

A extração da fibra de pindaíba foi a que apresentou mais dificuldade relacionando com as fibras de pente de macaco e fibra de mutamba. A árvore bem como mutamba é encontrada nas grandes matas sendo necessário ajuda para o reconhecimento dessa árvore. Essa fibra apresenta um caráter rígido, e diferente das outras fibras com as quais realizou-se esse trabalho, foi deixada por 5 dias imersa em água, não apresentando mudança alguma em seu estado. Percebendo isso, partiu-se para a raspagem manual da mesma: raspou-se toda a casca que recobria a fibra sendo que essa fibra quando ainda estava imersa em água não apresentou odor algum.

O mau odor apresentado pela fibra de pente de macaco e fibra de mutamba se dá por conta da grande quantidade de lignina observada nas arvores; isso justifica o fato de a pindaíba não ter aprestado odor pois a quantidade de lignina na mesma é pouca.

5.2 PREPARAÇÃO DAS FIBRAS PARA A CONFECÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS

O pente de macaco na sua preparação para a fabricação dos materiais compósitos não apresentou grandes dificuldades, tendo em vista que mesma depois de seca não apresentou rigidez, sendo assim foi possível normaliza-la já seca, e as dimensões necessárias para a confecção dos materiais compósitos foram obtidas com facilidade. Mesmo depois de vários dias o pente de macaco ainda apresentava possibilidade de ser trabalho sem dificuldades como, por exemplo, precisar trabalhar com ele úmido.

Na preparação da mutamba observamos alguns pontos que podemos listar como dificuldades se comparada com a fibra de pente de macaco, primeiro que depois de seca a fibra não apresenta mais tanta facilidade para ser normalizada pois se não for bem armazenada apresenta-se de forma retorcida, por conta disso é preciso que esta seja bem estocada. Sendo assim para um melhor manuseio é indicado que a normalização desta fibra seja feita com ela umedecida. Depois de normalizada sua trabalhabilidade se trona fácil.

A pindaíba por ser a fibra com caráter mais rígido também foi à fibra de mais difícil normalização sendo que essa fibra foi trabalhada a sua normalização totalmente com ela úmida. Para se obter as medidas necessárias para a fabricação

das mantas bem como dos corpos de prova segundo a norma D368 foi necessário um cuidado maior pois diferente do pente de macaco que apresentou uma grande facilidade na sua normalização com essa fibra foram utilizados acessórios tais como tesouras para seu corte, pois em momento algum ela se apresentou de forma que fosse possível realizar sua normalização apenas manualmente.

Numa visão geral, a normalização das três fibras foi feita com facilidade, sendo que o pente de macaco apresentou maior facilidade em seu manuseio e a fibra de pindaíba apresentou uma maior dificuldade em sua normalização, mas nada que comprometesse o seu uso para a fabricação dos materiais compósitos.

5.3 FABRICAÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS COM FIBRAS VEGETAIS DE MUTAMBA, PENTE DE MACACO E PINDAÍBA

A fibra de pente de macaco normalizada apresentou uma ótima trabalhabilidade tanto para a fabricação das mantas utilizando o Tear como para a fabricação dos corpos de prova segundo a norma da ASTM D638. A fibra não apresentou dificuldades de acomodação no Tear, foi também facilmente molhada pela resina o mesmo aconteceu em relação à fabricação do corpos de prova ara ensaio de tração segundo a norma ASTM D638, como a fibra do pente de macaco não apresenta rigidez a mesma foi de fácil manuseio no molde para a fabricação deste tipo de corpo de prova.

Bem como o pente de macaco a fibra de mutamba não apresentou dificuldades para a fabricação dos materiais compósitos, sua acomodação foi fácil no Tear apresentou uma boa molhabilidade pela resina, também em relação à fabricação dos corpos de prova para ensaio de tração segundo a norma ASTM D368 essa fibra não apresentou dificuldades, tendo fácil acomodação no molde para a fabricação dos corpos de prova.

A fibra de pindaíba se comparada com as fibras de pente de macaco e de mutamba foi a que apresentou maior dificuldade para a fabricação dos materiais compósitos, diferente das outras duas citadas esta apresenta uma maior dificuldade em relação a sua acomodação no Tear, sendo necessário um maior cuidado na hora da fabricação pois o atrito da fibra de pindaíba com a linha de amarração (Sisal) pode acabar no rompimento por parte da linha de amarração, comprometendo assim

o processo de fabricação. Em relação à fabricação dos corpos de prova de tração segundo a norma ASTM D638 não foi observado nenhuma dificuldade, a fibra teve uma boa acomodação no molde de fabricação, com relação à molhabilidade a fibra de pindaíba apresenta uma menor molhabilidade, porém nada disso comprometeu o processo de fabricação dos materiais compósitos a partir dessa fibra.

Como já esperando tendo em vista o que já foi observado, as fibras de pente de macaco e mutamba foi as que apresentaram o melhor aspecto na hora da fabricação dos materiais compósitos, a fibra de pindaíba apresentou em menor quantidade esse aspecto isso se da por conta da baixa molhabilidade apresentada pela fibra bem como pela sua rigidez.

A figura 21 mostra os corpos de prova que foram fabricados segundo as normas ASTM D3039 e ASTM D638, ambos fabricados a partir da fibra pente de macaco.

Figura 22: a- Corpos de prova segundo a normal D3039; b- Corpos de prova segundo a norma D638. (Pente de Macaco)



Fonte: autor, (2017)

6. CONCLUSÕES

O método de fabricação utilizado (Hand Lay Up) comprova a eficácia deste método, pois foi de fácil compreensão e se mostrou capaz de atender as necessidades exigidas para esse trabalho, assim como descrito na tabela na página 31.

No que se diz respeito às fibras estudadas mais especificamente a extração das fibras, observou-se que as mesmas foram de fácil trabalhabilidade tendo em vista que a Mutamba e a Pindaíba, tratando-se de compósitos, ainda não haviam sido estudadas com esse intuito o que acabou sendo muito satisfatório uma vez que vem agregar conhecimento científico e tecnológico para essas duas espécies, bem como também o pente de macaco o qual atendeu as expectativas sabendo-se da alta performance deste quando se trata de compósitos reforçados por fibras naturais. A fibra que apresentou maior dificuldade em sua extração foi a fibra de pindaíba, porém essa certa dificuldade não atrapalhou o desenvolvimento do trabalho, observou-se ainda que a preparação das fibras torna-se um dos pontos cruciais na fabricação dos materiais compósitos, sendo esse um dos passos mais importantes e que merece bastante atenção.

A fabricação do Tear exige um pouco de tempo e atenção para que as mantas sejam fabricadas com perfeição, o mesmo é sugerido para a fabricação no molde de silicone é necessário que não seja esquecido que fazer o chamado teste de volume, citado no trabalho, pois o mesmo pode evitar o aparecimento de bolhas no compósito; é necessário observar a acomodação da mistura entre a fibra resina e catalisador para evitar as bolhas citadas. Através dos dois métodos de fabricação utilizados neste trabalho obteve-se êxito, o Tear sendo o menos conhecido, foi com certeza um dos maiores objetos de estudo deste trabalho, pois através deste método foi comprovado que pode-se fabricar corpos de prova para ser ensaiado segundo a norma D3039 com maior aproveitamento e perfeição.

Tendo citado o que foi estudado e desenvolvido neste trabalho, foi possível concluir que o método apresentado no mesmo foi útil e bastante eficaz para a fabricação de materiais compósitos segundo as normas D638 e D3039, pois de forma louvável foi obtido o resultado esperado podendo ser observado visualmente.

REFERÊNCIAS

Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí. Disponível em: <http://ceapla2.rc.unesp.br/atlas/esp_guazu.php acessas> . Acessado em: 08/02/17

Baillie. C (2004) – “**Green Composites – Polymer composites and the environment**”, Woodhead Publishing Ltda.

BARBOSA, P. A **Características Estruturais E Propriedades De Compósitos Poliméricos Reforçados Com Fibras De Buriti.** (Tese de doutorado). Universidade Estadual Do Norte Fluminense – Uenf Campos Dos Goytacazes – Rj Dezembro – 2011

BATHHISTA. .S. B. L. A; SILVA. O. E. “**Conhecendo Materiais Poliméricos**”. Universidade Federal De Mato Grosso Instituto De Ciências Exatas E Da Terra, Departamento De Física, Grupo De Pesquisa Em Novos Materiais - 2003

BLASS, A., **Processamento de Polímeros**, 2a ed., Editora da UFSC, 1988.

BLEDZKI, A .K., GASSAN, J. (1999) **Composites Reinforced With Cellulose-Based Fibers.** Prog. Polym. Sci,v. 4, p. 221-274.

Bledzki, A.K., V.E. Sperber, and O. Faruk, **Natural And Wood Fibre Reinforcement in Polymers.** 2002: iSmithers Rapra Publishing.

Bledzki.;A .K; Gassan. J. **Polymer Science Oxford**, 24, 221-274,1999.

CALDAS, S. G. B **Estrutura Sanduíche De Matriz Poliéster Reforçado Com Tecido De Sisal Conformado Por Infusão A Vácuo.** Universidade Federal Da Bahia (Dissertação de Mestrado). Salvador 2014.

Características da família annonaceae <http://www.infoescola.com/plantas/familia-annonaceae/> acessado em 11 de Janeiro 2017. CARVALHO, P. E.R. **Mutamba Guazuma ulmifolia: Taxonomia e Nomenclatura.** 2007. Embrapa Florestas. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-200909/42548/1/Circular141.pdf>>. Acesado em 5 de outubro de 2016.

CAVALCANTI. W. S **Compósitos poliéster/tecidos tramados vegetal- vidro: caracterização mecânica e simulação da sorção de água.** (Tese de doutorado). Universidade Federal de campina grande. Centro de ciências e tecnologia doutorado em engenharia de processos. Campina Grande-Paraíba. Março-2006.

COSTA, D. S. **Caracterização de materiais compósitos de matriz Poliéster e fibras de bambu, sisal, e vidro e híbridos bambu/sisal, bambu/vidro e sisal/vidro.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará, Pará, 2012.

DA COSTA D. S **estudo da influência de resíduos gerados pela indústria de mineração nas propriedades de compósitos de matriz poliéster reforçados com fibras naturais** (Tese de Doutorado) - Universidade Federal do Para- 2016.

DA SILVA, H. S. P. **Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras de curauá e híbridos com fibras de vidro.** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Materiais da Escola de Engenharia da UFRGS. Porto Alegre-RS. 2010.

DANIEL, I.M.; ISHAI, O. **Engineering Mechanics of Composite Materials.** Oxford University Press, New York: 1994.

DE CASTRO. B. F. M **Estudo e caracterização mecânica de compósitos reforçados com fibras naturais.** (Dissertação de mestrado) Instituto Superior de Engenharia do Porto – 2013

DE MOURA M F. S. F, Alfredo B. DE MORAIS, A. G. DE MAGALHÃES (2011) – **“Materiais compósitos – Materiais, fabrico e comportamento mecânico”**, Publindústria, Produção de comunicação Ltda

DE MOURA S. F. DE MOURA M.F. , A.M.B. DE Morais, A.G. DE MAGALHÃES, **Materiais Compósitos: Materiais, Fabrico e Comportamento Mecânico.** 2005: Publindústria.

DE OLIVEIRA, R. S **Estudo Do Comportamento Mecânico De Compósitos Reforçados Com Fibra Vegetal De Malva (Urena Lobata L.).** (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade de Engenharia de Materiais - Universidade Federal Do Pará- MARABÁ 2013

DE PAULA, P. G. P **Formulação E Caracterização De Compósitos Com Fibras Vegetais E Matriz Termoplástica.** Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. (Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais). Outubro De 2011.

ESMERALDO, M. A. **Preparação de novos compósitos suportados em matriz de fibra vegetal/natural.** (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

GERALDO C. I. CAPÍTULO 46. **COMPÓSITOS DE ENGENHARIA DE MATRIZ POLIMÉRICA. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.** Adaptado por , Filho L. C.O . DA S; Garcez. M. R - 2000/2016.

GONÇALVES. S. C. D; FREITAS .O .D ;SOUTO. O. K. K; BARBOSA. X. R; FERREIRA. R. T. **Fibras celulósicas.** (RELATÓRIO). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN Novembro de 2003.

HULL, D.; CLYNE, T. W. **An Introduction to Composite Materials, Cambridge Solid State Science Series**, Second Edition, Cambridge, 1996.

JUNIOR, L.S. **Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no Estado de São Paulo – Progamas “São Paulo amigos da Amazônia” e “Cadmadeira”.** (Dissertação de Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2013.

KLOCK. U ; ANDRADE S. A **Química Da Madeira** (4ª. Edição Revisada) Universidade Federal Do Paraná Setor De Ciências Agrárias Departamento De Engenharia E Tecnologia Florestal. Curitiba, 2013

Lobo, R **Ensaio de tração**, <disponível em: > acessado dia 28/11/16

LOPES, I. A. F. **Estudo Do Processo De Infusão A Vácuo Em Materiais Compósitos – Produção De Tampa De Bagageira Para Autocarro.** (Dissertação de Mestrado) – Universidade do Porto, Porto, 2009.

MARINUCCI, G. **Materiais compósitos poliméricos: fundamentos e tecnologia.** São Paulo: Artliber, 2011.

MARTINS, M.A.; JOEKES, I. **Tire rubber-sisal composites: effect of mercerization and acetylation on reinforcement.** *Journal of Applied Polymer Science*, Cleveland, v.89, n.9, p.2507-2515, 2003.

MAXWELL. **Analise e propriedades do material estudando.** PUC RIO 2010/2016

MELO, D F. DOS A; CUNHA, L. C; CONCEIÇÃO, E. C; MELO , D DE S; PEREIRA ,M. E; LEÃO , L. P. **Avaliação Toxicológica Do Extrato Seco Padronizado De Apeiba Tibourbou Aubl (Tiliaceae), Em Camundongos.** Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. “Núcleo de Estudos e Pesquisas Tóxico-Farmacológicas (Nepet) / Faculdade de Farmácia-UFG;” 2012/2016

MOREIRA M. A. **Materiais compósitos**. Materiais de construção. Departamento De Engenharia Civil Area De Construção. 2009. DISPONIVEL EM: <http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/2932__Compositos_MC1.pdf>. ACESSADO EM: 07 DE outubro de 16

NÓBREGA, M. M. S. **Compósitos de Matriz Poliéster com Fibras de Caroá Neoglaziovia Variegata: Caracterização Mecânica e Sorção de Água**. (Tese de Doutorado) - Centro de Ciências e Tecnologia - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande: PB, 2007.

PACHECO , V. M; MATOS , P. V ; FERREIRA. C. L. R; FELICIANO. P. L. A. **Germinação de sementes de Apeiba tibourbou Aubl. em função de diferentes substratos e temperaturas**. SCIENTIA FORESTALIS. (Artigo). Março 2007

PAIVA, J. M .F.; FROLLINI, E. **Matriz Termofixa Fenólica em Compósitos Reforçados com Fibras de Bagaço de Cana-de-açúcar**. Polímeros : Ciência e Tecnologia, n.2, p.78-87, abr./jun. 1999.

PALIGA. C. M Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas, RS. FILHO C.A Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS. DE VASCONCELLOS .M Real Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, RS **Métodos de análise de confiabilidade aplicados a vigas de concreto armado recuperadas com PRFC** - Maio de 2012.

PANZERA 2012, **Notas de aula da disciplina Mecânica de Materiais Compósitos** ministrada no PPMEC/UFSJ.

PEREIRA, J. C. **Curso De Projeto Estrutural Com Materiais Compostos**. UFSC, 99 p., 2000.

RODRIGUES DA J. S **estudo da técnica de infusão de resina aplicada à fabricação de compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras naturais da Amazônia**. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal do Para- 2014.

RODRIGUES S. J **Pente de macaco (apeiba tibourbou aubl) : uma alternativa para reforço em compositos polimericos antes e após mercerização**. (trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal Do Pará - MARABÁ 2013.

SILVA I. L. A **propriedades e estrutura de compósitos poliméricos reforçados com fibras continuas de juta**. (Tese de doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF Campos dos Goytacazes – RJ 2014.

SILVA, C. et all. **Levantamento da utilização dos materiais compósitos reforçados com fibras naturais. 4º Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica.** Belém – PA, 2009.

SILVA, J. L. **Estudo Experimental E Numérico Das Propriedades Mecânicas De Compósitos Poliméricos Laminados Com Fibras Vegetais.** PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA. (Dissertação de mestrado). São João Del Rei, 2011.

SILVEIRA, L. M. A; MILAGRES. F. M. A **Obtenção E Caracterização De Lignina De Madeiras.** Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. (Artigo De Iniciação Científica). VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica 27 a 30 de julho de 2009 Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Standard Test Method For Tensile Properties Of Plastic (Metric). **ASTM D 638**, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 1989.

TARGA, G. N., PIRES, E. N., AL-QURESHI, H. A., BARRA, G. M. O. **Produção E Caracterização De Um Compósito De Fibra De Juta E Resina De Poliéster Insaturado**, In: 10º Congresso Brasileiro de Polímeros, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, PR- 2009.

THOMAS, S. ; L.A. POTHAN, **Natural Fibre Reinforced Polymer Composites: From Macro to Nanoscale.** 2009: Éd. des Archives contemporaines.

VENTURA, A F.M. **Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas.** Departamento de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior Técnico. Lisboa jul. 2009