



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CAMPUS CARAÚBAS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DENNIS DENIAM DE ALBUQUERQUE RIBEIRO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO
COMPÓSITO (FIBRA DE JUTA/POLIÉSTER) PARA APLICAÇÕES EM
CAPACETES DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

CARAÚBAS - RN
2019

DENNIS DENIAM DE ALBUQUERQUE RIBEIRO

ESTUDO DA VIABILIDADE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPÓSITO
(FIBRA DE JUTA/POLIÉSTER) PARA APLICAÇÕES EM CAPACETES DE
SEGURANÇA DO TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Ciência e Tecnologia da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA), Campus Caraúbas, como parte dos
requisitos para obtenção do Título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Rejane Ramos Dantas

CARAÚBAS - RN
2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

R482 Ribeiro, Dennis Deniam de Albuquerque .

ESTUDO DA VIABILIDADE DAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS DO COMPÓSITO (FIBRA DE JUTA/POLIÉSTER)
PARA APLICAÇÕES EM CAPACETES DE SEGURANÇA DO

TRABALHO / Dennis Deniam de Albuquerque Ribeiro.

- 2019.

34 f. : il.

Orientadora: Rejane Ramos Dantas .

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2019.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DENNIS DENIAM DE ALBUQUERQUE RIBEIRO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO
COMPÓSITO (FIBRA DE JUTA/POLIÉSTER) PARA APLICAÇÕES EM
CAPACETES DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 02 / 08 / 2019.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Rejane Ramos Dantas (UFERSA)
Presidente



Profa. Dra. Ana Claudia De Melo Galdas Batista. (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Marcelo Batista De Queiroz (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos que foram dadas nesta caminhada e por ter permitido que eu chegasse até aqui, mesmo que mil caíssem a minha direita e dez mil a minha esquerda, eu não fui atingido

Ao meus pais, Maria José e Manoel Albuquerque, por terem me dado a vida e os ensinamentos necessários para poder vencer, mesmo com todas as dificuldades de acordar cedo, de estudar, de prestar atenção aqui estou.

Dedico a meus companheiros da residência acadêmica da UFERSA que me assistiram e ajudaram a trilhar meu caminho. Dedico em especial a Iara, Thalia, Micael, Miguel, Dalvino, Diller, Pablo, Ismael, João, Paulino, Osian, Aleff, peço perdão a aqueles que fugiram de minha mente, a todos o meu muito obrigado.

A minha amada Ceziana Amaral, que me apoiou em momentos de aflição e me guiou quando não conseguia andar por mim mesmo, muito obrigado por ter me esperado voltar para casa, a felicidade chegou, eu te amo.

Agradeço aos professores (ras): Hudson, Landerson, Marcelo, Guymmann, André, Felipe, Joelton, Ana Claudia, Davi, Maurício Zuluaga, Zenner, Felipe Ribeiro, Celicina, Natália e um agradecimento em especial a minha orientadora Rejane.

RESUMO

O presente trabalho propõe para a comunidade científica o uso de compósitos de fibras de juta/poliéster nos materiais estruturais dos cascos dos capacetes de segurança do trabalho, utilizando como método principal a pesquisa bibliográfica para comparar testes já existentes como sua degradação e sua resistência a impacto. Sabendo que os materiais convencionais da confecção dos capacetes têm a desvantagem com relação a seu descarte e degradação de material, o compósito leva vantagem de poder, desde que bem trabalhado, atender com relação às propriedades mecânicas exigidas nos EPI's. Mesmo com um aspecto positivo com relação ao teste de impacto Izod, porém o compósito obteve desempenho que foge às características exigidas pela NBR 8221, quando analisado sua resistência por queda de dardo sendo parcialmente perfurado com dardos de 1000 g e totalmente perfurado com dardo de 2000g. O trabalho mesmo possuindo muitas informações, o estudo se torna inconclusivo único e exclusivamente pelo fato dos métodos de análises da resistência não possuírem o mesmo padrão, mesmo com o compósito de fibra de juta/poliéster tendo bons resultados, a falta de padrão entre o compósito e o polímero usualmente utilizado nos capacetes acarreta insegurança por parte de seu desempenho pelo hipótese do compósito ser submetido a situações de perigo real.

Palavras chave: Resistência. Teste de impacto. Capacetes.

ABSTRACT

The present work seeks to bring the proposal to the scientific community of the use of jute / polyester fiber composites in the structural materials of the work safety helmet hulls, using as a main method the bibliographic research to compare existing tests such as their degradation and their impact resistance. Knowing that conventional helmet-making materials have the disadvantage with regard to their disposal and material degradation, the composite has the advantage that it can, as long as worked, please with respect to the mechanical properties required in PPE's. Even with a positive aspect regarding the Izod impact test, the composite achieved performance that is beyond the characteristics required by the NBR 8221, when analyzing its dart drop resistance being partially pierced with 1000g darts and fully pierced with 2000g dart. Although the work has a lot of information, the study is inconclusive only and exclusively because the resistance analysis methods do not have the same pattern, even with the jute / polyester fiber composite having good results, the lack of pattern between the composite. and the polymer usually used in helmets causes insecurity on the part of its performance due to the hypothesis of the composite being subjected to real danger situations.

Key words; Resistance. Impact test. Helmets

FIGURAS

Figura 1: Exemplos de fases dispersas e a matriz de um compósito.....	16
Figura 2: Esquematização do Polietileno tereftalato.....	18
Figura 3: Compósito reforçado com fibra de juta.....	19
Figura 4: Esquema de como funciona os métodos de teste de impacto Izod e charpy	20
Figura 5: Esquema utilizado para testes em capacetes de segurança do trabalho.....	21
Figura 6: Dimensões da ponta de aço estudado.....	22
Figura 7: Exemplificação do capacete.....	24
Figura 8: Corpo de prova tubular confeccionado do compósito de fibra de juta/poliéster com impacto de 500 gramas.....	26
Figura 9: Corpo de prova tubular confeccionado do compósito de fibra de juta/poliéster com impacto de 500 gramas.....	27
Figura 10: Corpo de prova tubular confeccionado do compósito de fibra de juta/poliéster com impacto de 500 gramas.....	27
Figura 10: Corpo de prova tubular confeccionado do compósito de fibra de juta/poliéster com impacto de 500 gramas.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico1: Gráfico mostrando a resistência ao impacto.....	25
--	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NR	Norma Regulamentadora
CCS	Compósito Com Secagem
CSS	Compósito Sem Secagem
NBR	Norma Técnica
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PELBD	Polietileno Linear de baixa densidade
PEMD	Polietileno de média densidade
Ep	Energia potencial
Eai	Energia absorvida no impacto

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Energia potencial.....	21
Equação 2: Energia absorvida no impacto.....	21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivos geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 CIÊNCIA DOS MATERIAIS.....	14
3.2 OS MATERIAIS.....	15
3.2.1 Classificação dos materiais.....	15
3.2.2 Materiais compósitos.....	16
3.2.2.1 Polímeros.....	17
3.2.2.2 Poliéster.....	17
3.2.2.3 Fibra de Juta	18
3.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	20
3.3.1 Ensaio de impacto (Izod).....	20
3.3.2 Teste de impacto por queda de dardo.....	21
4. METODOLOGIA.....	23
4.1 TIPO DE PESQUISA.....	23
4.2 CONTEXTO DA PESQUISA.....	23
4.3 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1 RESISTÊNCIA A IMPACTO (IZOD).....	25
5.2 RESISTÊNCIA A IMPACTO POR QUEDA DE DARDO.....	26
6. CONCLUSÃO.....	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da engenharia trouxe ao longo do tempo, a criação dos materiais compósitos, que por sua vez ganharam cada vez mais espaço pela característica de unir dois materiais, a fim de adquirir propriedades exclusivas que separadamente os componentes dificilmente conseguiriam atingir, com a vantagem de preservar as suas propriedades iniciais de cada componente do composto.

Fibra de juta é uma fibra natural cultivável em áreas tropicais, uma grande aliada da indústria têxtil do Brasil, pela facilidade de seu cultivo que se adapta muito bem com a região amazônica e de seu manuseio, confeccionando diversos produtos e até mesmo sendo a base material para produtos ecológicos como sacolas e etc., devido algumas características desta fibra as mesmas são exploradas para aplicação em compósitos, já que, a mesma possui uma alta rigidez e segundo Pires (2009) É uma das mais baratas fibras naturais e, em quantidade produzida e número de aplicações, em escala mundial, é superada somente pelo algodão. O ciclo do plantio leva seis meses e coincide com os períodos de cheia e vazante dos rios.

Com a revolução industrial, o número crescente de máquinas a vapor era igualmente proporcional ao número de trabalhadores que atuavam com as mesmas, tendo o seu trabalho diário com carga horária de 16 horas e a complexidade de trabalhar com o maquinário trouxe à tona a necessidade da criação de leis que atuassem em defesa do trabalhador, aqui no Brasil, temos além das leis, as Normas Regulamentadoras. A Norma Regulamentadora de número 6 refere-se ao EPI (Equipamento de Proteção individual) que é objeto de estudo deste trabalho.

A NBR 8221/2003, relata todas as diretrizes necessárias para a produção, fiscalização e descarte de capacetes de segurança, onde expõe o material que compõe a parte superior do capacete (casco), material este denominado polietileno de alta densidade (PEAD).

PEAD ou Polietileno de Alta Densidade trata-se de um polímero sintético que possui características favoráveis quando aplicados a situações onde o material deve ser resistente e de longa durabilidade. Porém, peca quando partimos de pressupostos de degradação e decomposição, podendo perdurar por mais de 50 anos na natureza.

O polietileno, descoberto na Grã-Bretanha em 1933 e comercializado em 1939, é um dos plásticos mais vendidos, comercialmente são encontrados quatro tipos de polietileno: Polietileno de baixa densidade (PEBD), Polietileno linear de baixa densidade (PELBD), polietileno de média densidade (PEMD) e polietileno de alta densidade (PEAD). As Propriedades mais relevantes do PEAD são elevadas resistência química, mecânica e ao stress

cracking, além de elevadas características de rigidez, fluência, abrasão, impacto e fendilhamento sob tensão ambiental (CADIAN,2007)

Como a grande poluição por parte dos polímeros, é necessário cada vez mais a utilização de materiais degradáveis em todas as áreas possíveis, desde objetos do dia-a-dia como nos materiais de segurança do trabalho, podendo assim propor um compósito de fibra vegetal a fim de manter características cruciais dos materiais poliméricos e de garantir que quando descartado, o compósito vai se decompor mais rapidamente.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar as propriedades mecânicas da fibra de juta/poliéster (ensaio de resistência a impacto IZOD e por queda de dardos) e estudar a viabilidade da aplicação desses compósitos em EPI - capacetes de Segurança do Trabalho.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os dados bibliográficos dos ensaios de resistência a impacto (Izod) e por queda dardos em compósitos reforçados com fibra de juta;
- Observar se existe ou não viabilidade do compósito em estudo para aplicação do material em capacetes de Segurança do Trabalho;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CIÊNCIA DOS MATERIAIS

Historicamente o desenvolvimento e o avanço das sociedades têm estado intimamente ligados às habilidades dos seus membros em produzir e manipular materiais para satisfazer suas necessidades. De fato, as civilizações antigas foram designadas pelo nível de seus desenvolvimentos em relação aos materiais (isto é, Idade da Pedra, Idade do Bronze) (CALLISTER, 2012).

A relação estreita entre Homem e materiais se configurou tão significativa e importante, como ainda se configura, que eras diferente da humanidade receberam o nome do material mais importante em cada uma delas desde a Idade da Pedra à Era dos Metais, passando pelas eras batizadas com o nome da civilização dominante num dado período (períodos helênicos, romanos, bizantinos e islâmicos), pela Era Moderna e chegando-se hoje ao que se tem convencionado chamar de Era do Silício (NAVARRO, 2006).

A disciplina ciências dos materiais envolve a investigação das relações que existem entre as estruturas e as propriedades dos materiais. Em contraste, a Engenharia de Materiais consiste, com base nestas correlações estrutura-propriedade, no projeto ou engenharia da estrutura de um material para produzir um conjunto predeterminado de propriedades (CALLISTER, 2012).

Desde a década de 1960, o termo *Engenharia e Ciência dos Materiais* se tornou o rótulo do ramo geral da engenharia que trata dos materiais. Tal rótulo se deve ao fato de esse campo ser uma verdadeira combinação dos estudos científicos fundamentais e da engenharia prática. Ele cresceu para incluir contribuições de muitos campos tradicionais, como metalurgia, engenharia de cerâmica, química de polímeros, física de matéria condensada e físico-química (SHACKELFORD, 2008).

Deve-se ter em mente que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera. Não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. Em 1943 a previsão era de que pessoas ricas nos Estados Unidos teriam seus próprios girocópteros. Quão errada estava esta previsão! (SMITH, et al, 2012)

3.2 OS MATERIAIS

Os materiais são constituídos de átomos, e são estes que determinam se o material é um plástico, madeira, metal ou ar (é a estrutura geral do átomo que diferencia um material do outro). O domínio e o conhecimento das propriedades dos materiais são importantes para a indústria em geral (metal mecânica, química, elétrica, civil, etc.), estas propriedades se referem ao comportamento do material em diversas situações e em níveis de solicitação do normal ao crítico.

Quando escolhemos, ou podemos dizer, especificamos um material, levamos em consideração vários fatores, por exemplo: serem bonitos, baratos, práticos, leves, resistentes, duráveis, etc. Inúmeros fatores podem ser citados uns mais gerais outros mais restritos ao emprego dado para o material. Os produtos são feitos de materiais que conseguem atender não só, as exigências de mercado, mas também às exigências técnicas de adequação ao uso e ao processo de fabricação. Segundo Callister (2002), o conhecimento adquirido ao longo dos últimos 60 anos mais ou menos, deu-lhes condições de moldar, em grande parte, as características dos materiais. Desta forma, dezenas de milhares de materiais diferentes foram desenvolvidos com características relativamente específicas que atendem às necessidades de nossa moderna e completa sociedade; estes incluem metais, plásticos, vidros e fibras. Ele relata ainda que o desenvolvimento de muitas tecnologias que tornam nossa existência tão confortável tem estado intimamente associado com a acessibilidade a materiais adequados. Um avanço na compreensão de um tipo de material é frequentemente o precursor da progressão escalonada de uma tecnologia. Por exemplo, os automóveis não teriam sido possíveis sem a disponibilidade de aço a baixo custo ou de algum outro substituto comparável.

3.2.1 Classificação dos Materiais

Por questões de conveniência, a maioria dos materiais para a engenharia é dividida em três categorias básicas principais: **materiais metálicos**, **materiais poliméricos** e **materiais cerâmicos** (SMITH, et al, 2012).

Esse esquema está baseado principalmente na composição química e na estrutura atômica, e a maioria dos materiais se enquadra em um ou outro grupo distinto. Adicionalmente, existem os compósitos, que são combinações “engenheiradas” de dois ou mais materiais diferentes (CALLISTER, 2012).

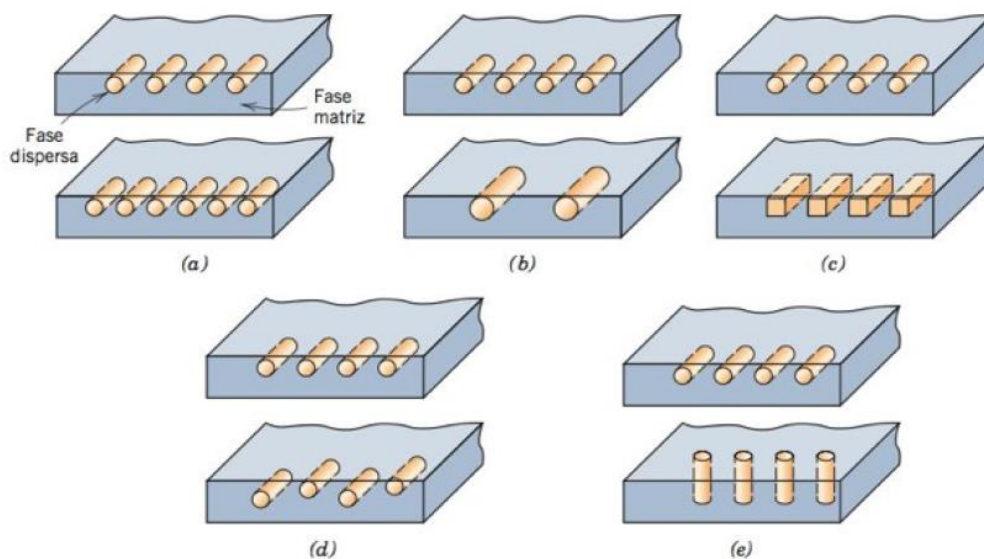
3.2.2 Materiais compósitos

Ao se desenvolverem os compósitos, a ideia primordial consistia em combinar as propriedades de diferentes materiais. Formados por dois ou mais materiais, os compósitos dão origem a propriedades que não são encontradas em nenhum dos materiais individualmente (ASKELAND, et al, 2013).

As combinações e as faixas das propriedades dos materiais foram, e ainda estão sendo, ampliadas pelo desenvolvimento de materiais compósitos. De maneira geral, um compósito pode ser considerado como qualquer material multifásico que exhibe uma proporção significativa das propriedades de ambas as fases constituintes, tal qual que é obtida melhor combinação de propriedades. De acordo com esse princípio da ação combinada, melhores combinações de propriedades são criadas por uma combinação judiciosa de dois ou mais materiais distintos (CALLISTER, 2012).

Muitos materiais compósitos são constituídos por apenas duas fases; uma é denominada matriz, a qual é contínua e envolve a outra fase, chamada com frequência de fase dispersa como mostrado na figura 1. As propriedades dos compósitos são função das propriedades das fases constituintes, das suas quantidades relativas e da geometria da fase dispersa. Neste contexto, subentende-se por geometria da fase dispersa a forma, o tamanho, a distribuição e a orientação das partículas (CALLISTER, 2012).

Figura 1: Exemplos de fases dispersas e a matriz de um compósito



Fonte: Callister (2012).

Durante as últimas décadas, um substancial desenvolvimento de compósitos para aplicações estruturais foi observado. A principal motivação desta grande evolução tem sido a possibilidade de produzir materiais com altas propriedades mecânicas e baixas densidades (DANTAS, 2004).

Compósitos de matriz polimérica com diversos tipos de cargas, em particular os reforçados por fibras, têm recebido muita atenção desde a segunda guerra mundial. A importância desses compósitos é muito grande, sobretudo no campo de aplicação e desenvolvimento de peças automobilísticas e na indústria aeroespacial. (NETO, et al, 2006).

Os compósitos poliméricos reforçados por fibras vegetais também têm sido alvo de grande interesse acadêmico e industrial por substituírem, geralmente com vantagens de custo e leveza, as peças feitas de compósitos poliméricos convencionais ou mesmo peças feitas inteiramente de plástico (NETO, et al, 2006).

Os compósitos derivados de produtos vegetais, tanto na matriz como no reforço, inserem-se na política de aproveitamento de recursos renováveis, menos agressivos e tóxicos, visto que as matérias primas de origem vegetal, tais como: óleos, fibras, polímeros, corantes, etc., além de serem oriundas de fontes renováveis, atendem aos requisitos de biodegradabilidade e preservação do meio ambiente durante todo o seu ciclo de vida (NETO, et al, 2006)

3.2.2.1 Polímeros

Uma cadeia polimérica é uma macromolécula, formada a partir de unidades de repetição (meros) unidas por ligações primárias fortes. Estas são chamadas intramoleculares, pois dizem respeito às ligações dentro de uma mesma molécula, normalmente do tipo covalente. Por outro lado, as distintas cadeias poliméricas termoplásticas, ou segmentos de uma mesma cadeia, se atraem por forças secundárias fracas, ditas intermoleculares. (CANEVAROLO; SEBASTIÃO, 2013).

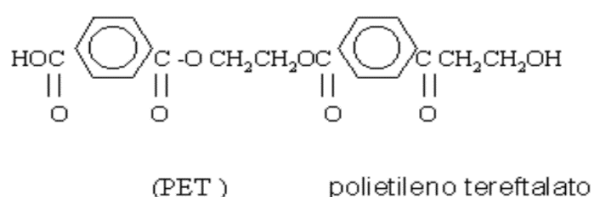
3.2.2.2 Poliéster

O Polietileno Tereftalato é um poliéster, transparente, brilhante, leve com boa performance de design e facilidade de moldagem, que proporciona alta resistência mecânica (impactos) e química além de ter barreiras para gases e odores. Devido às características acima

e ao seu peso ser muito menor que as embalagens tradicionais, ao ser usado pelas indústrias de bebidas, ele reduziu os custos de transporte e produção. (LIMA, 2001)

Nesta classe, a ligação característica é a ligação éster -CO-O-, como mostrado na figura 2 a baixo, podendo gerar cadeias saturadas (formando termoplásticos de engenharia) ou insaturadas (gerando termofixos), dependendo do tipo de material inicial empregado (saturado ou não). Na classe dos termoplásticos, temos o polietileno tereftalato, que é usado para fiação (PET, por exemplo, a fibra Dacron, da DuPont), confecção de vasilhames descartáveis soprados (PETG) e produção de filmes biorientados (PETF). (CANEVAROLO; SEBASTIÃO, 2013)

Figura 2: Esquematização do Polietileno tereftalato



Fonte: Doratiotto (2006).

O Poli (tereftalato de etileno) - PET alcançou, no final da década de 90, uma produção de aproximadamente 2,4x10¹⁰ kg, tornando-se o polímero mais produzido mundialmente. O aumento da produtividade deste polímero está associado à versatilidade das suas aplicações. (ASSIS, 2012)

As resinas poliéster podem ser utilizadas com ou sem reforço, se bem que uma vez reforçadas se transformam em um plástico de engenharia com ótimas propriedades mecânicas, substituindo muitas vezes materiais como ferro, aço e concreto. (DANTAS, 2004)

Os valores de porcentagem de mercado para polímeros de engenharia são afetados por essas aplicações ‘do dia-a-dia’. As fatias de mercados para náilon e poliéster incluem seus principais usos como fibras têxteis, que é o motivo para a maior fatia de mercado do poliéster, embora o náilon seja um substituto mais comum para o metal. (SHACKELFORD, 2008)

3.2.2.3 Fibra de juta

Originária da Índia, a “*Corchorus Capsularis*” ou juta é uma fibra vegetal resistente parecida com o barbante, totalmente ecológica. Proveniente da família das tiliáceas, sua planta, uma erva lenhosa, pode alcançar altura de 3 a 4 metros e o seu talo a espessura de aproximadamente 20 mm, crescendo em climas úmidos e tropicais. (PIRES, 2009)

A fibra de juta possui baixo custo, abundância, maleabilidade e por apresentar, isoladamente, um bom conjunto de propriedades como, por exemplo, elevado módulo e resistência específica. Compósitos reforçados por essa fibra como mostra a figura podem ser usados em telhados de casas populares, painéis e partes de carros, placas para indústria eletrônica, mesas e divisórias para escritório, orelhões, bancada para laboratórios, tanques de armazenamento, e outros (MELLO, et al, 1995).

Figura 3: compósito reforçado com fibra de juta



Fonte: Dantas (2004).

A utilização da juta em materiais compósitos, como a produção de revestimentos e forrações laterais de automóveis, vem ganhando cada vez mais espaço na indústria automobilística nos últimos anos. (PIRES, 2009)

Muitas pesquisas têm avaliado a viabilidade da utilização de fibras naturais como uma alternativa para as fibras sintéticas convencionalmente utilizadas como reforço em materiais compósitos (SANCHEZ, et al, 2010)

Neste contexto, existe um interesse crescente na utilização de materiais lignocelulósicos (fibras de juta, sisal, coco, banana e curauá) como reforço em compósitos de matrizes poliméricas. O interesse da utilização das fibras vegetais está relacionado ao seu baixo custo, densidade menor do que as fibras de vidro, além de serem oriundas de fontes renováveis, não abrasivas, biodegradáveis e disponíveis em território nacional. Dentre as fibras vegetais, a fibra de juta é uma das mais usadas como reforço de matrizes termoplásticas e termofixas por seu baixo custo e propriedades mecânicas adequadas (PIRES, et al, 2011)

3.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS

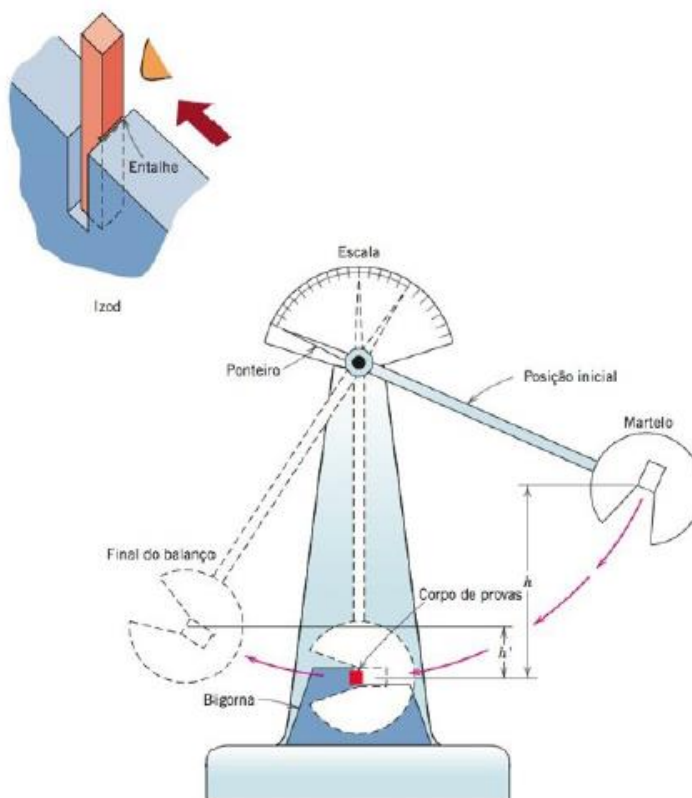
A resistência de um material depende de sua capacidade de suportar uma carga sem deformação ou ruptura. Essa propriedade é inerente ao próprio material e deve ser determinada por métodos experimentais (HIBBLER, 2008).

Existem muitos ensaios que podem ser feitos nos materiais. Mas, nesse estudo vamos nos limitar aos ensaios de impacto Izod e por queda de dardos.

3.3.1 Ensaio de Impacto (Izod)

Como descrito na figura 3 a carga é aplicada como um impacto instantâneo de um martelo de pendulo balanceado que é liberado de uma posição elevada que se encontra a uma altura fixa h . Com a liberação, uma aresta em forma de faca montada sobre o pendulo atinge e fratura o corpo de prova exatamente no entalhe que atua como um ponto de concentração de tensões para este impacto de alta velocidade. O pendulo continua o seu balanço, elevando-se até uma altura máxima h' , que é inferior a h . A absorção de energia computada a partir da diferença entre h e h' , representa uma medida de energia de impacto (CALLISTER, 2012).

Figura 4: Esquema de como funciona os métodos de teste de impacto Izod e Charpy.



Fonte: Callister (2012).

Os princípios físicos envolvidos em testes de impacto com pêndulos a martelo são baseados na transformação de parte da energia potencial armazenada, pelo pêndulo no repouso, em energia absorvida pela ruptura do corpo de prova, durante o movimento pendular do martelo. (CORREA; YAMAKAWA; HAGE , 1999)

$$E_p = m \times g \times h \text{ onde } h = L(1 - \cos\alpha) \quad (1)$$

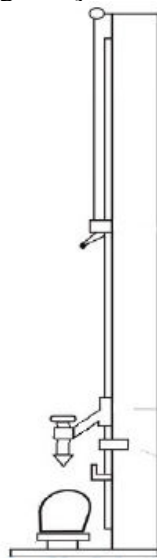
$$E_{ai} = m \times g \times (h - h_1) \quad (2)$$

Onde: m= massa do martelo; g = aceleração da gravidade; h = altura de lançamento do martelo; L = comprimento do martelo α = ângulo de lançamento do martelo h_1 = altura alcançada pelo martelo após o impacto (CORREA; YAMAKAWA; HAGE , 1999)

3.3.2 Resistência ao impacto por queda de dardo

No ensaio de resistência ao impacto do dardo ilustrado na figura 4 em queda livre determina-se a energia que causa a ruptura em filmes flexíveis sob condições específicas de impacto. Esta energia é expressa em peso (massa) do dardo que cai de altura específica para um índice de falha de 50% dos corpos ensaiados (YASMANE, 2010).

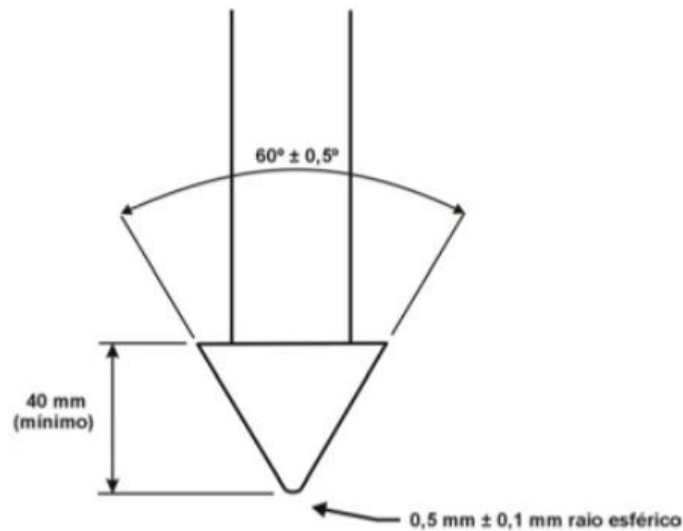
Figura 5: Esquema utilizado para testes em capacetes de Segurança do Trabalho



Fonte: Diniz (2012).

A aparelhagem deve incluir o seguinte: Dispositivo que permita queda livre ou guiada, de um prumo de altura de pelo menos 1 m sobre o capacete montado na cabeça padrão; o prumo com pondeita de aço de formato cônico, possuindo altura mínima do cone de mm, ângulo da ponta igual a $60,0^\circ \pm 0,5^\circ$ e raio da ponta igual a $0,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, no caso de queda livre a massa do prumo deve ser de $3,025 \text{ kg} \pm 0,025 \text{ kg}$ e no caso de queda guiado, este deve ser o valor da massa do conjunto móvel, incluindo prumo, garra, suporte, rolamento e acelerômetro opcional (NBR 8221, 2003)

Figura 6: Dimensões da ponta de aço



Fonte: NBR 8221

4. METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

Para a realização deste estudo trabalhou-se única e exclusivamente por meio do lançamento de uma hipótese e pelo método descritivo da metodologia científica que consiste no método de se fazer entender mentalmente o que o pesquisador deseja mostrar.

4.2 CONTEXTO DA PESQUISA

Com o lançamento da hipótese que diz: a casca do capacete de Segurança do Trabalho constituído apenas de compósito de fibra de juta/ poliéster, pode obter vantagem com relação ao material convencional utilizado.

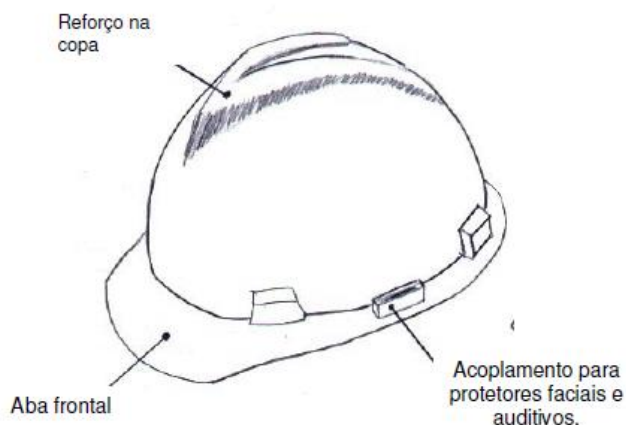
A pesquisa analisou a hipótese em termos de resistência do casco do EPI para atender as exigências segundo a NR 6 e a viabilidade do uso total ou parcial do compósito em questão, levando em consideração todas as suas características

4.3 PROCEDIMENTO DA ANÁLISE

O procedimento também terá como base principal a pesquisa de bibliográfica feita na dissertação de Dantas (2004) já que a mesma possui um número de informações suficientes acerca do assunto, comparando algumas informações do compósito com os parâmetros de exigência descrito pela NBR 8221.

A definição do EPI estudado é: Equipamento usado para proteger a cabeça, constituído essencialmente por um casco rígido. O estudo delineou-se no casco rígido como descrito na figura 5, componente que em situação de impacto com um objeto, será a parte que deverá conter propriedades mecânicas de resistência a impactos.

Figura 7: Exemplificação do capacete estudado



Fonte: Companhia elétrica do São Francisco – CHESF (2010).

Segundo a NBR 8221 (ABNT) no quesito 4, os requisitos para a fabricação do casco do EPI são: O casco deve constituir-se de peça única sem emendas. Ele deve ser feito de material de combustão lenta, resistente a impacto determinado pela norma, penetração e à ação da água e, para a classe B, isolante térmico. Com base nessas informações vamos analisar o compósito nos quesitos de resistência a impacto informado pela norma NBR 8221.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

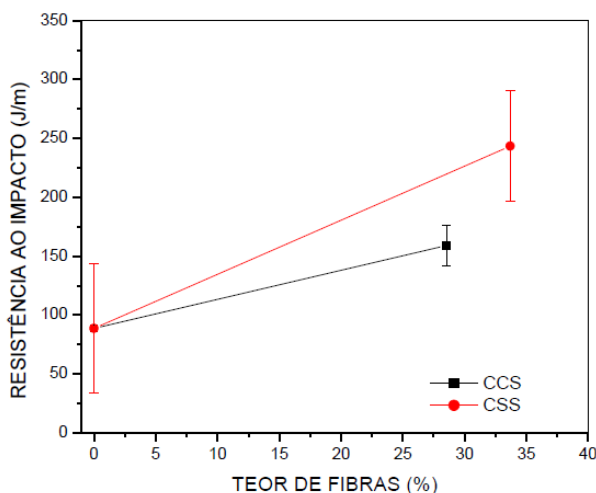
Nos últimos anos houve um crescimento rápido no uso de fibras vegetais renováveis como reforços em matérias compósitos (LIMA et al., 2009). Pensando nisso, o estudo desse compósito buscou o questionamento de tais usos de fibras, além de sua eficácia. A necessidade de utilização dessas fibras está relacionada ao conceito de sustentabilidade, pois, comparadas às fibras sintéticas, as fibras naturais apresentam bom comportamento mecânico, são provenientes de fontes renováveis e biodegradáveis.

Por tanto, vamos analisar as características do compósito em comparação com as exigências expostas na NBR.

5.1 RESISTÊNCIA A IMPACTO (IZOD)

Abaixo veremos os resultados obtidos da bibliografia com relação ao compósito de fibra de juta/poliéster através do Gráfico 1, onde Dantas (2004), realizou os ensaios de impacto com a matriz e em seguida com o compósito com quatro camadas de fibras de duas formas: a fibra seca e não seca. Analisando esse resultado, observou-se que a resistência ao impacto dos compósitos é bem superior à da matriz e que a secagem do tecido gera um material menos resistente ao impacto do que a dos compósitos reforçados por tecidos não secos. Aumentos na resistência ao impacto de 44 e 63 % em relação à matriz foram obtidos para compósitos contendo quatro camadas de tecidos secos e não secos, respectivamente.

Gráfico 1: Gráfico da resistência ao impacto Izod



Fonte: Dantas (2004).

Então pelos dados obtidos pode-se ver que o CCS (Compósito Com Secagem) estaria descartado para a utilização do capacete, já que há a necessidade de maior resistência a impacto,

sendo essa característica suprida pelo CSS (Compósito Sem Secagem). Contudo, observa-se que a fibra de juta teve um aumento considerável na resistência ao impacto. Como diz Monteiro (2006), o entrelaçamento dos fios do tecido de juta e a efetiva aderência do polietileno às fibras contribuem para o desempenho mecânico do compósito. Para quantidades relativamente grandes de fibra de juta, acima de 30%.

Como complemento Shah (1981) fala que os resultados dos testes em propriedades mecânicas mostram claramente que as fibras de juta, quando introduzidas na matriz de resina como reforço, melhoram consideravelmente as propriedades mecânicas.

5.2 RESISTÊNCIA AO IMPACTO POR QUEDA DE DARDO

Para prosseguir deve-se levar em consideração o quesito 4.2 da NBR 8221 que diz: Os capacetes de classe B não podem apresentar partes metálicas ou perfuração. Os resultados a seguir foram analisados seguindo tais diretrizes postas (ABNT, 2003).

Segundo Dantas (2014) verificou-se que com o peso de 500 e 1000 gramas, o compósito não foi perfurado (sendo atingido superficialmente). Com o teste de 1500 gramas danificou o compósito perfurando após o quarto impacto e com 2000 gramas, houve a perfuração no primeiro impacto. Para o teste com impacto de 500 g, o compósito em formato tubular, sofreu uma pequena deformação, mas sem ser perfurado, obedecendo aos requisitos impostos pela norma. Exemplifica-se melhor com os registros abaixo ilustrados na Figura 6.

Figura 8: Corpo-de-prova tubular do compósito de fibra de juta/poliéster com impacto de 500 gramas



Fonte: Dantas (2004).

Na Figura 7, observa-se que com o teste de impacto de 1000 g, o compósito sofreu uma deformação maior, porém ainda dentro dos limites ao que prediz a norma.

Figura 9: Corpo-de-prova tubular do compósito de fibra de juta/poliéster com impacto de 1000 gramas



Fonte: Dantas (2004).

O Teste com impacto de 1500 g observa-se na Figura 8, que o compósito sofreu uma perfuração, mesmo sendo superficial quebra os requisitos da norma.

Figura 10: Corpo-de-prova tubular do compósito de fibra de juta/poliéster com impacto de 1500 gramas.



Fonte: Dantas (2004).

Na Figura 9, ilustra-se o último teste com um dardo de 2000g. Observa-se que o compósito foi totalmente perfurado sem quaisquer resistências.

Figura 11: Corpo-de-prova tubular do compósito de fibra de juta/poliéster com impacto de 2000 gramas



Fonte: Dantas (2004).

Então os resultados bibliográficos por queda de dardo, mostram que os ensaios de impactos por queda de objetos com até 1000 g de massa, estão dentro dos parâmetros estudados e impostos pela norma. Já que os testes com 500 e 1000 g não houve perfuração por parte do dardo, entretanto qualquer objeto com massa acima de 1500 g causará uma pequena perfuração no compósito e perfuração total quando tiver 2000g.

6. CONCLUSÕES

Ao longo deste trabalho pode-se compreender o espaço dos compósitos e sua importância dentro do mundo dos materiais, dando ênfase merecida aos compósitos que contém fibras. Vale ressaltar a o número de informações bibliográficas obtidas durante o trabalho para disseminar o conhecimento sobre as características mecânicas de uma fibra tão utilizável como a da juta.

É importante citar que os estados de secagem da fibra de juta influenciaram diretamente nos resultados de impacto Izod, sendo um fator de destaque no meio da pesquisa bibliográfica além de mostrar uma diferença considerável de desempenho entre o compósito seco e não seco.

Pode-se concluir que existe uma viabilidade sim ao compósito de fibra de juta/poliéster. Tendo sua matriz sendo feita de poliéster e sua fase de dispersão de fibra de juta o compósito atende bem a norma relacionada a sua perfuração para materiais com até 1000 g, já com relação ao teste de impacto Izod não foi encontrado parâmetros de comparação.

Um ponto a ser sugerido para melhoria do trabalho ou trabalhos futuros é o fato de que os EPIs - capacetes de Segurança do Trabalho são feitos de polietileno de alta densidade. Portanto, fica a sugestão do uso de polietileno como matriz e as fibras de juta como fase de dispersão. Aos que desejarem a continuação da pesquisa e adquirirem resultados mais satisfatórios, pode-se incluir a adição de outro material na qual dificulte a combustão do compósito a ser aplicado no EPI como exigido na norma 8221, já que o compósito estudado, além de não possuir bibliografia sobre o assunto não tem nenhum fator que garanta uma combustão lenta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P. **Ciência e Engenharia dos Materiais**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

ASSIS, Adriana Helfenberger Coletto. **Avaliação das mudanças ocorridas em fibras de poliéster submetidas a tratamento alcalino e enzimático**. 2012. Dissertação (Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 8221: Equipamento de proteção individual - Capacete de Segurança para uso na indústria**. Rio de Janeiro, 2003. 18 p.

CADIAN, Livia Matheus. **Estudo do polietileno de alta densidade reciclado para o uso em elementos estruturais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CALLISTER, JR, Willian D. **Ciência e Engenharia de Materiais Uma Introdução**. 2002. Editora LTC, 5ª edição. Rio de Janeiro – RJ. 2002.

CALLISTER, JR, Willian D. Compósitos. *In*: CALLISTER, JR, Willian D. ; RETHWISCH, David G. **Ciência e Engenharia de Materiais Uma Introdução**. [S. l.]: GEN, 2012.

CANEVAROLO Jr., Sebastião V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros** / Sebastião V. Canevarolo Jr. -- São Paulo: Artliber Editora, 2013.

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco. **ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE CAPACETES DE SEGURANÇA, SUSPENSÃO E JUGULAR**. [S. l.], 8 fev. 2010. Disponível em: www5.chesf.gov.br/Anexos/ET%20ABV10-7700.pdf. Acesso em: 7 maio 2019.

CORREA, Carlos A.; YAMAKAWA, Roberto S.; HAGE, Elias Jr. Determinação de Temperatura de Transição Dúctil-frágil de Plásticos Através de Testes de Impacto Instrumentado. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, 1999.

DANTAS, Rejane Ramos. **Uso de compósitos (poliéster/tecido de juta) para construção de silos cilíndricos verticais**. 2004. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

DINIZ, Emerson Júnior *et al.* **Avaliação da segurança oferecida por capacetes de uso industrial** – CLASSE B. PUC Minas, [S. l.], 5 set. 2012.

DORATIOTTO, Cristiane Priscila *et al.* **Reciclagem de pet (polietileno tereftalato) no brasil. In: X ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA**, 2006, São José dos Campos. **Anais [...]**. São Paulo: X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

FIDELIS, Maria Ernestina Alves. **Desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos cimentícios têxteis reforçados com fibras de juta**. 2014. Tese (Doutor em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

HIBBELER, Russell Charles. Teste de impacto. *In: HIBBELER, Russell Charles. Resistência de Materiais*. São Paulo: Pearson, 2008.

LIMA, ÂNGELA MARIA FERREIRA. **ESTUDO DA CADEIA PRODUTIVA DO POLIETILENO TEREFTALATO (PET) NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR COMO SUBSÍDIO PARA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA**. 2001. Monografia (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria) - Aluna, Salvador, 2001.

LIMA, Wilma S. Cavalcanti, Antonio G. B. de; CARVALHO, Laura H. de. Polímeros: Ciência e Tecnologia. **Sorção de Água em Compósitos de Poliéster Insaturado Reforçados com Tecido de Juta e Juta/Vidro: Modelagem, Simulação e Experimentação**, [S. l.], 15 dez. 2009.

MELLO, N. C., FERREIRA, F. C., CURVELLO, A. A. S., COLNAGO, L. A. & MATTOSO, L. H. C. (1995) “Estudos e caracterização de sisal “in natura” e sisal benzilado por RMN CPMAS de 13C”, in: Anais do 3º Congresso Brasileiro de Polímeros, p.1349.

MONTEIRO, Sergio N. *et al.* **Propriedades de Compósitos de Tecido de Juta Descartado Reforçando Matriz de Polietileno Reciclado**. Revista Matéria, [S. l.], p. 1-8, 27 fev. 2006. Disponível em: <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10788/>. Acesso em: 28 jun. 2019.

NAVARRO, R. F. A., **Evolução dos Materiais. Parte1: da Pré-história ao Início da Era Moderna. Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, p. 1-11, 28 jun. 2019.

NETO, José R. A.; ARAÚJO, Laura H. de Carvalho, Edcleide M. Polímeros: Ciência e Tecnologia. **Influência da Adição de uma Carga Nanoparticulada no Desempenho de Compósitos Poliuretano/Fibra de Juta**, [S. l.], 5 out. 2006.

PIRES, Eduardo N. Polímeros. **Efeito do Tratamento Alcalino de Fibras de Juta no Comportamento Mecânico de Compósitos de Matriz Epóxi**, [S. l.], 3 nov. 2011.

PIRES, Eduardo Nascimento. **Efeito do tratamento de superfície em fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi**. 2009. Dissertação (Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Florianópolis, 2009.

SANCHEZ, Elisabete M. S. *et al.* Polímeros. **Compósito de Resina de Poliéster Insaturado com Bagaço de Cana-de-Açúcar: Influência do Tratamento das Fibras nas Propriedades**, [S. l.], 22 fev. 2010.

SCHACKELFORD, James F. **Ciência dos Materiais**. São Paulo: Pearson, 2008.

SHAH, A.N., LAKKAD, S.C., “**Mechanical Properties of Jute Reinforced Plastics**”, *Fiber Science and Technology*, v. 15, pp. 41-46, 1981.

SMITH, Willian F.; HASHEMI, Javad. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. São Paulo: AMGH Editora, 2010.

YAMANE, M. M. **Modificação das propriedades mecânicas do polietileno de alta densidade através de mistura com polietileno linear de baixa densidade**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Polímeros pela Universidade do rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2010. Disponível em: Acesso em 12/07/2019.