UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITO HIBRÍDO DE POLIPROPILENO (PP), JUTA, E NANOTUBO DE CARBONO FUNCIONALIZADO

GREICIELE DA SILVA FERREIRA

Manaus-AM
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

GREICIELE DA SILVA FERREIRA

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITO HIBRÍDO JUTA E NANOTUBO DE CARBONO EM MATRIZ DE POLIPROPILENO

Dissertação do mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais, (PPGCEM) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) para obtenção de título de mestre em ciências e engenhariais de materiais

Orientador: prof° Dr. José Costa de Macêdo Neto

Manaus-AM
2019

GREICIELE DA SILVA FERREIRA

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITO HIBRÍDO DE POLIPROPILENO (PP), JUTA, E NANOTUBO DE CARBONO FUNCIONALIZADO

Dissertação do Mestrado apresentada ao programa de Pós- Graduação em ciências e Engenharias de Materiais, PPGCEM da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) como parte dos requisitos necessário à obtenção do Título de Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Costa de Macedo Neto (Orientador e Presidente)
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materias (PPGCEM)

Prof D.r Solenise Pinto Rodrigues Kimura
Universidade do Estado do Amazonas

Prof. D.ra .Ana Emília Diniz Silva Guedes
Centro Universitário do Norte -UNINORTE

Manaus-Am

2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F383j

Ferreira , Greiciele silva ferreira da
Preparação e Caracterização de Compósito Híbrido de Polipropileno (PP), Juta,e Nanotubo de Carbono Funcionalizado : Estudo referente a compósito com fibra de juta, e nanotubo de carbono com a matriz de Poliprop / Greiciele silva ferreira da Ferreira , José Costa de Macêdo Neto de Neto Macedo. 2019
73 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Jose Costa de Macedo Neto
Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas.

1. nanotubo . 2. juta. 3. polipropileno. 4. compósito. 5. carbono. I. Neto Macedo, José Costa de Macêdo Neto de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

“*Todos podem iniciar uma jornada, mais só os fortes veem a beleza da chegada*”

Greiciele Ferreira

AGRADECIMENTOS

Bem, eu quero agradecer de forma intensa e forte ao meu Pai (DEUS), por cuida de mim, por ser meu melhor amigo, por ser aquele que segurou em minha mão em todos os momentos, que limpou minhas lágrimas, quanto tudo parecia tão impossível, ele estava lá, somente pra me dizer, “só mais um pouquinho”, simplesmente por você a cada dia me mostra como é bom me sentir amada e protegida por você, e saber que a cada momento, você me oferece um novo amanhã, e no fim de cada jornada, eu posso dizer como é bom ser filha por adoção e te chama de Aba Pai =),

A minha mãe Nouris greici, que na verdade, é minha inspiração, mesmo longe, ela é meu secundário motivo, e meus irmãos em especial Gabriel pela sua compreenção e cuidado.

Ao Prof Dr. José Costa de Macêdo Neto, orientador deste trabalho, por ser a pessoa que mais teve fé que tudo iria da certo no final, seu apoio foi de suma importância, eu aprendi muito com suas palavras e seu comportamento, com certeza nunca vou esquecê-lo, sua simplicidade é algo que me marcou profundamente.

Aos meus amigos e colegas do curso de Engenharia de Materiais da UEA-EST pela companhia, massagem, gargalhadas e aquelas ajudinhas que somente quem viveu saberá, Débora, Gabriel meus dois Heróis, Josiel e Guilherme companheiros de Café, porém eu como sempre, no Chá de Limão.

Aos meus amigos do PPGCEM pela amizade e companhia, motivação e de quebra umas aventuras especialmente a Rebeca Bandeira, e Darbens.

A minha famíla de negócios, Skiline Empreendimento, especialmente ao Cláudio Marinho, por me salvar do tédio com boas risadas, comida, e passeios, e ao meu amigo, Sérgio Salles pela mesa de café com chocolate e as boas e divertidas conversas =).

As minha amigas Karolyne Barbosa, e Klicia Andrade pelas gargalhadas, preocupação e cuidado =);

Ao Jairo Trindade pela amizade, orações e perseverança.

Aos colaboradores da INOVA, em especial Marlon como ele foi eficiente, eternamente grata.

Aos professores do curso de Engenharia de Materias da UEA-EST em especial Prof.D.r Solenise Kimura, Prof° Msc Mitsuo Takeno, pelos ensinamentos e conselhos, e ao Prof°Msc João Martins que chamo carinhosamente de olho de Tandera, o olho que tudo ver.

A FAPEAM pelo suporte financeiro durante todo o percuso.

RESUMO

O desenvolvimento de materiais compósitos híbridos poliméricos utilizado compostos sintéticos e naturais como reforço é cresente e vem ocupando diversos segmentos de mercado, devido ao baixo custo das fibras, e o fato de possuírem boas propriedades mecânicas, em contra partida, os nanotubos de carbono possuem um custo elevado, no entando, características diversificadas permitem que ele tenha uma gama de aplicaçoes. Nesta pesquisa foram desenvolvidos compósitos híbridos a partir da fibra de juta e nanotubo de carbono em uma matriz de polipropileno. Para a obtenção do corpo de prova a fibra de juta foi incorporada na matriz polimérica a 9,09%, e em seguida extrudada e Injetada, enquanto que o nanotubo de carbono (NTC) foi misturado a 0,5% junto com os peletes de J/PP (Juta/Polipropileno) em seguida Injetado. As propriedades mecânicas destes materiais foram estudadas através de ensaios normalizados de resistência à tração, e resistência ao impacto. A adição das fibras à matriz de polipropileno proporcionou um aumento na Resistência máxima e Alongamento respectivamente de aproximadamente 2,14% e 0,4%, comparado com o compósito híbrido J/PP/NTC (juta/ polipropileno/ nanotubo de carbono), entretanto no módulo de elasticidade houve uma diminuição de 44% em relação ao híbrido (J/PP/NTC). Quando comparadas os valores de resistência ao impacto do compósito (J/PP) com o híbrido (J/PP/NTC) houve um aumento de 4,48% para o híbrido. Os compósitos de juta (J/PP) e Híbridos (J/PP/NTC) foram caracterizados por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Microscopia de Eletrônica de Transmissão (MET), Radiação Infravermelho por Transformada de Fourier (RITF), Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (EEDR), Análise Termogravimétrica (ATG), Calorimetria Exploratória Diferencial (CED), essas caracterizações foram realizadas de modo a obter elementos que indiquem mudanças na morfologia, como também as diferenças nas estruturas da matriz, que influência em temperaturas importante de processamento e as bandas de ligações correspondente a cada elemento (Juta, Polipropileno, Nanotubo de carbono). Os resultados obtidos demonstram a influência da inserção da fibra de Juta e do nanotubo de carbono sobre as propriedades mecânicas e sugere uma aplicação industrial do produto final.

Palavras-chave: Nanotubo de Carbono, Juta, Polipropileno

ABSTRACT

The development of polymeric hybrid composite materials using synthetic and natural compounds as reinforcement is growing and has been occupying several market segments, due to the low cost of fibers, and the fact that they have good mechanical properties, in contrast, carbon nanotubes have a high cost, however, diversified features allow it to have a range of applications. In this research, hybrid composites were developed from jute fiber and carbon nanotube in a polypropylene matrix. To obtain the specimen, jute fiber was incorporated into the polymeric matrix at 9.09%, and then extruded and injected, while the carbon nanotube (NTC) was mixed at 0.5% together with the pellets. J / PP (Jute / Polypropylene) then Injected. The mechanical properties of these materials were studied through standardized tests of tensile strength and impact resistance. The addition of fibers to the polypropylene matrix provided an increase in maximum strength and elongation, respectively, of approximately 2.14% and 0.4%, compared to the hybrid composite J / PP / NTC (jute / polypropylene / carbon nanotube), however in the modulus of elasticity there was a decrease of 44% in relation to the hybrid (J / PP / NTC). When comparing the impact resistance values of the composite (J / PP) with the hybrid (J / PP / NTC) there was an increase of 4.48% for the hybrid. Jute (J / PP) and Hybrid (J / PP / NTC) composites were characterized by Scanning Electron Microscopy (SEM), Transmission Electron Microscopy (MET), Fourier Transform Infrared Radiation (RITF), Spectroscopy of X-ray Dispersive Energy (EEDR), Thermogravimetric Analysis (ATG), Differential Scanning Calorimetry (CED), these characterizations were performed in order to obtain elements that indicate changes in morphology, as well as differences in matrix structures, which influence temperatures important processing and the connection bands corresponding to each element (Jute, Polypropylene, Carbon Nanotube). The results obtained demonstrate the influence of the insertion of Jute fiber and carbon nanotube on the mechanical properties and suggest an industrial application of the final product.

Key-words: Carbon Nanotube, Jute, Polypropylene.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática da estrutura de nanotubos de carbono (a) nanotubo de camada única. (b) nanotubo de multicamadas 24
Figura 2: Biocomposito com a Juta Incorporada 30
Figura 3: Macroscopia de superficie de fratura, (A) J/PP e (B) J/PP/NTC, Iniciação (zona 1) propogação lenta (zona 2) de transição, (zona 3), para manter derrepante zona, e de propagação rápida (zona 4) 37
Figura 4: (A) Micrografia de Fratura de superficie de Impacto , Imagem macroscópica (B) Microscópio Eletrônica de Varredura da fratura do Impacto do compósito (J/PP) 38
Figura 5: :(A) Micrografia de Fratura de superficie de Impacto , imagem macroscópica (B) Microscópio Eletrônica de Varredura da fratura do Impacto J/PP/NCT 40
Figura 6: Microscopia de Varredura (MEV) (A) híbrido (J/PP/NTC) com redes (B) compósito (J/PP/) (C) fibras presente no híbrido. 43
Figura 7: Imagem por MET do compósito híbrido J/PP/NTC. 45
Figura 8: Gráfico Termogravimetria comparando PPpuro, compósito J/PP e J/PP/NCT 46
Figura 9: Grafico Termogravimetria Derivada ATD comparativa do PP puro com J?PP 50
Figura 10: Gráfico Análise Termogravimetria Derivada do Híbrido (J/PP/NTC) 51
Figura 11: Gráfico Curvas CED obtidas a 10°C/min e sob atmosfera dinâmica de N_2 de uma amostra de PPpuro, em uma cédula DSC 52
Figura 12: Gráfico Curvas CED obtidas a 10°C/min e sob atmosfera dinâmica de N_2 de uma amostra de (A) J/PP, e (B) J/PP/NTC,em uma cédula DSC 53
Figura 13:Gráfico CED obtida a 10°C/ min e sob atmosfera dinâmica de N2 de uma amostra de PP puro J/PP e J/PP/NTC em uma cédula de DSC 55
Figura 14: Comprimentos dos Nanotubo de carbono funcionalizado 57
Figura 15: Medidas do nanotubo de Carbono encontrados no EDS 58
Figura 16: Gráfico: Espectro do Infravermelho do (a) poliptopileno (PP), (b) compósito com juta (J/PP), (c) nanotubo de carbono (NTC) (d) híbrido com nanotubo (J/PP/NTC) 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Eficiência do Reforço de composito reforçado com fibras para diferentes Orientações das fibras em varias direçoes de aplicaçoes da Tensaõ 20
Tabela 2: Estudo Relatado na hibridização de Fibra de Juta 27
Tabela 3: Parâmetros operacionais aplicados na Extrusora 30
Tabela 4: A composição dos híbridos formados (J/PP/NTC) 31
Tabela 5: Parâmetros operacionais aplicados na Injetora 31
Tabela 6: Ensaios de Tração para o Compósito (J/PP) e Híbrido (J/PP/NTC) 35
Tabela 7: : Valores das Resistências ao Impacto em J/m^2 do Compósito de J/PP e J/PP/NCT 41
Tabela 8: Valores Determinação do Índice de Fluidez do PP/Puro (Dado Fornecedor), J/PP e J/PP/NCT 42
Tabela 9: Temperatura de Amolecimento (°C), PP puro, J/PP e J/PP/NCT 44
Tabela 10: Características Térmicas PP puro , compósito J/PP e Híbrido J/PP/NTC 46
Tabela 11: : Temperatura porcentagem (%) de Massa degradada 47
Tabela 12: Temperatura de degradação dos constituintes do J/PP e J/PP/NTC 48
Tabela 13: Valores da Curva ATD, para o compósito de Juta (J/PP) e o híbrido com nanotubo de carbono (J/PP/NTC) 49
Tabela 14: Extraído da Curvas de (CED) do Compósito e do Híbrido PP puro, J/PP e J/PP/NTC 52
Tabela 15: Concentração dos elementos químicos obtidos por EEDR obtidos do Nanotubo de Carbono Funcionalizado 57
Tabela 16:Principais bandas , vibrações e estiramento encontrado no espectro 61

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

NTC	Nanotubo de Carbono
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PE	Polietileno
J	Juta
J/PP	Juta e Polipropileno
J/PP/NTC	Juta, Polipropileno, Nanotubo de Carbono
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MET	Microscopia Eletrônica de Transmissão
CED	Calorimeria Exploratória Diferencial
RITF	Radiação do Infravermelho por Transforma de Fourier
ATG	Análise Termogravimétrica
ATD	Análise Termogravimétrica Derivada
EEDR	Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X
BN	Borracha Natural
AMD	Análise Mecânica Dinâmica
AT	Análise Termomecânica
Tg	Temperatura de Transição Vítrea
Tm	Temperatura de Fusão Cristalina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

1.1 OBJETIVOS 16

2. REVISÃO DA LITERATURA 17

2.1 MATERIAIS POLIMÉRICOS 17

2.1.1.Materiais Compósitos Poliméricos 17

2.1.2.Fibra de Juta 22

2.1.3.Nanotubo de Carbono 23

2.1.4.Compósito Híbrido 25

3. MATERIAIS E MÉTODO 29

3.1 MATERIAS UTILIZADOS 29

3.2. METODOLOGIA 29

3.2.1. Preparação da Fibra para o Processo de Incorporação 29

3.2.2. Preparação do Híbrido por Injeção (Juta/ Polipropileno/Nanotubo de Carbono) 30

3.2.3. Análise Termogravimetria (ATG) 31

3.2.4. Calorimetria Exploratória Diferencial (DED) 32

3.2.5. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 32

3.2.6. Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) 32

3.2.7. Radiação do Infravermelho por Transformada de Fourier (RITF) 33

3.2.8. Espectrometria de Energia Dispersiva de Raio-X (EEDR) 33

3.2.9. Ensaios Mecânicos 33

3.2.9.2. Impacto Izod 34

4. 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 35

4.1 ENSAIOS MECÂNICOS 35

4.1.1 Ensaio de Impacto com Composito com Inserção de Juta 37

4.1.2. Análise Ìndice de fluidez (AIF) do Compósito J/PP e o híbrido J/PP/NTC ... 41

4.1.3. Temperatura de Amolecimento (VICAT) 44

4.1.4. Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) J/PP/NTC 44

4.2. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (ATG/ATD) 45

4.2.1. Análise Termogravimétrica do Compósito (J/PP) e Híbrido (J/PP/NTC) 45

4.2.2 Análise de Termogravimetria Derivada (ATD) do Compósito (J/PP) e do Híbrido (J/PP/NTC) 47

4.3. CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DED) 50

4.3.1. Calorimetria Exploratória Diferencial do Compósito (J/PP) e do Híbrido (J/PP/NTC) 52

5.1 ESPECTROMETRIA POR ENERGIA DISPERSIVA DE RAIO-X (EEDR) 56

5.1.1. Espectrometria por Energia Dispersiva de Raio-X (EEDR) do Compósito (J/PP) e do Híbrido (J/PP/NTC).....

6.1 RADIAÇÃO DO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (RITF) 58

6.1.1 Radiação do Infravermelho por Transformada De Fourier (RITF) do Compósito (J/PP) e Híbrido (J/PP/NTC)..... 58

7. CONCLUSÃO..... 62

8. REFERÊNCIAS 64

APENDICES COM TABELAS E GRÁFICOS DE DEFORMAÇÃO 64

1. INTRODUÇÃO

Visando a suprir às novas necessidades do mercado e o desenvolvimento de novas tecnologias, tem sido objeto de pesquisa a formulação e caracterização de compósitos híbridos de resinas termoplásticas.

O desenvolvimento de materiais compósitos é um ramo importante da área de engenharia de materiais, incluindo o uso das fibras e aglutinante como carbono que resulta em um produto de alta resistencia mecânica (RAJESH, 2018).

Na elaboração de um componente estrutural em material compósito, procura-se otimizar o aproveitamento das ótimas propriedades mecânicas associadas ao reforço fibrosos e os compósitos que são híbridos também fazem parte desse contexto (MOHAMED, 2016).

Um material é compósito quando resulta na combinação de dois materias distintos, um exemplo clássico são os compósitos fibrosos, isto é, que resultam da dispersão de fibras na matriz. A incorporação de fibras tem sido cada vez mais utilizado nos segmentos da indústria e da construção cívil, devido suas características químicas e moforlógica, pois consegue ter boa adesão e possui características muitos peculiares, como boa resistência, atóxico e de fácil acesso por não ser de alto custo (THOMAS, 2019).

As indústria aeronáutica espacial são as grandes impulsionadoras do desenvolvimento destes materiais, pois necessitam de componentes com baixa densidade e que atenda aos requisitos de elevadas resistência mecânica em serviço. Assim esse setor da indústria nucleou o surgiemento dos compósitos de plásticos reforçados com fibras de alta resistência, como também de materiais híbrido (DIMITRIOS, 2013).

Compósitos híbridos são formados apartir de um controle preciso da composição, da distribuição, da forma e das interações orbitas entre as espécies que são capazes de produzir estruturas complexas com propriedades únicas apartir da combinação de substâncias orgânicas e inorgâncias comuns e abundantes, com aplicações diversas (LOOS, 2015).

Os materiais compósitos híbridos com o uso do nanotubo de carbono, também tem sido usado vastamente principalmente na indústria, pois suas aplicações são diversas nas indústrias eletrônicas, mecânicas e químicas, ou em qualquer setor que necessite de nanotecnologia avançada. Dadas suas propriedades, os nanotubos podem ser utilizados como excelentes condutores, além de serem estáveis quimicamente e também aplicados para o aumento da resistência mecânica de um material (MCCARTHY et.al., 2014).

A área de grande desenvolvimento na aplicação de nanotubos de carbono é a eletrônica, no qual são desenvolvidos dispositivos como sensores, transdutores, células

solares, dispositivos de armazenagem de hidrogênio e supercondutores, displays, filtros, capacitores de alta potência entre outras (VASSILOPOULOS, 2015).

A demanda dos nanocompósitos dos Estados Unidos cresceu em 21% ao ano até 2011, a médida que os nanomaterias e os preços compostos declinavam. Resinas de preço mais alto como os plásticos de engenharia usados em aplicações onde o custo não é um fator crítico, levaram a altos ganhos (FREEDONIA, 2019).

Embalagens e veículos continuam sendo dois dos principais mercados inicias, estudos analisam a indústria de nanocompósitos em U$ 860 milhoes apresentando dados de demanda histórica para os anos de 2001 e 2006 e previsões para 2011, 2016 e 2025 por produto, nanocompósito como por exemplo (termoplástio, e termofixo) (FREEDONIA, 2019).

Em trabalhos anteriores, utilizando a matriz de Polipropileno com cargas de fibras lignocelulósica observou-se o crescimento desse mercado devido suas excelentes propriedades de resistência mecânica, baixa densidade (1,3-1,5g/cm^3) baixo custo, amortecimento de vibrações, reduzindo os desgates de parafuso e os tambores de equipamento de processamento de plásticos em comparação com as fibras de vidro (PAILLOR, 2019).

Portanto o uso recorrente de materias nanocompósito com diversas aplicações, como foi visto, torna o estudo sobre compósitos com uma importância de grande relevância, pois além de ter uma boa receita, são produtos amplamente usados em diversas indústriais com utilizações em variadas diretrizes do mercado (SADOWSKI, 2019).

Com o intuito de encontrar novos materias que possam ser de alta aplicabilidade na indústria , é proposto o estudo aplicado na investigação sobre os benefícios da fibra de juta, e o nanotutubo de carbono como reforço na matriz de polipropileno, verificando a possibilidade das melhorias mecânicas, e desta forma ser usado na indústria polimérica, movimentando assim a economia (CARVALHO, 2018).

Atualmente o setor tecnológico tem crescido e exigido sempre inovações. Desta forma, obter um material com caracteríticas de alta tecnologia como o nanotubo de carbono, juntamente com a fibra de juta, como um material tão simples, no entanto com aplicações vastas, pode abrir a possibilidade de um novo material com características favoravéis.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Obtenção e caracterização de um material compósitos polimérico híbrido com fibra de juta e nanotubo de carbono com matriz de polipropileno.

Objetivos Especificos

- Preparar via extrusão o material compósito utilizando polipropileno (PP) e juta;
- Preparar o material compósito híbrido Poliproileno (PP), juta (J) e nanotubo de carbono (NTC) via injeção plástica;
- Caracterizar o material compósito e o compósito híbrido por análise Termogravimétrica *Termogravimetric Analyses*(TGA), Calorimetria Exploratório Diferencial *Differencial Scanning Calorimeter* (DSC), Radiação do Infravermelho com transformada de Fourier *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR);
- Caracterizar mecanicamente o Compósito e compósito híbrido, por Tração, Impacto;
- Analisar por temperatura de amolecimento Vicat e Índice de Fluidez *Melt flow Index* (MFI).
- Análisar as fraturas do material compósito e o compósito híbrido por Microscopia Óptica (MO) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV);
- Analizar por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) o material compósito e o compósito híbrido

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MATERIAIS POLIMÉRICOS

Materiais poliméricos são materiais constituídos pelos polímeros que representam macromoléculas caracterizadas pelo seu tamanho e estrutura química, são obtidas atráves de reações de síntese de adição e condensação são conhecidos como homopolímero (monômero), ou partir de dois ou mais monômeros, são denominado de copolímeros (RAHAMAN, 2019).

Os plásticos são o produto final da síntese polimérica, e são divididos em duas classes, termoplásticos e termofixos, dependendo de como são ligados quimicamente e estruturalmente. Termoplásticos requerem calor para se tornar moldável, no entanto retém a forma na qual foram modelados, em contrapartidas os termorrígidos se degradam a alta temperatura ou seja não podem ser refundidos e remoldados em outra forma (HERMANN, 2019).

As características e propriedades dos polímeros podem ser alteradas por aditivos, os materiais poliméricos tem uma vasta aplicação dentre as principais pode-se citar (SOUTIS, 2015).

- **Plásticos:** com aplicações em embalagens, peças automotivas, encanamento, tubos de baixa pressão, eletrotubos, isolamento de cabos elétricos
- **Fibras:** com grande aplicação na industria textil, que podem ser utilizado como material de reforço ou estrutural em conjunto com outros polímeros formando compósito.
- **Borracha:** aplicação em pneumático, correais transportadoras, mangueiras estruturais industriais, revestimentos, luvas, botas, e diversos tipos de materias polimérico, neste trabalho terá o foco em material compósito hibrido com nanotubo de carbono funcionalizado.

2.1.1. Materiais Compósitos Poliméricos

Desde a antiguidade, a história mostra os benefícios do uso de fibras no processamento de artefatos como tijolos menos quebradiços, com adição de cargas reforçantes, é uma prática antiga, no entanto muito utilizada na indústria de plásticos com o intuito de redução de custos, e elevadas propriedades (JAMES, 2016; JEFERSON, 2018).

Os compósitos de fibras mais modernos são resultante de uma evolução que teve início em torno de 1960, nesse período, houve o aumento da produção dos compósitos. Existem

previsões até 2020, que demandam pela fabricação de compósitos poliméricos, cerâmicos e metálicos que continuará aumetando, juntamente com materiais advindos de avanços da tecnologia, como os polímeros condutores e os de resistência a altas temperturas (FREEDONIA, 2019).

A possibilidade de alterações nas propriedades dos materiais com a adição de cargas corretas e concentrações apropriadas resultou em uma nova visão sobre esse antigo procedimento. Estes materiais são denominados compósitos poliméricos e podem ser definido como sistema constituído pela combinação de dois ou mais componetes de diferentes características que precisam estar em escala de microestrutura ou macroestrutura, em sua essência insolúveis uns nos outros, cujo o desempenho mecânico e propriedades apresentam melhoras superiores aos constituintes que não contém reforço fibroso ou sintético (CALLISTER, 2018; RABELLO, 2000; RICCIO, 2015; YOSHIHIKO, 2015).

Inúmeros trabalhos sobre propriedades mecânicas de compósitos reforçados por fibras naturais tem sido feito nos últimos anos, devido a preocupações relacionada à preservação do meio ambiente tem estimulado a busca em desenvolvimentos de novos materiais a serem utilizadas na indústria têxtil automobilísticos, aeroespacial, construção cívil e esportiva onde para cada aplicação específica exige uma propriedade distintas e são obtidas com diferentes modos de fabricação de matrizes e de tipos de reforços. Os compósitos poliméricos podem ser preparados com matrizes constituída por polímeros termorrígido, termoplástico e elastômeros (BAPAN, 2019).

Os compósitos poliméricos reforçado com reforço encontram-se na quarta geração. A primeira foi constituída de resinas termorrígidas com fibras de vidro, a segunda de resina termorrígidas com fibras de carbono, a terceira de termoplásticos com fibras de vidro e a quarta de termoplásticos com fibras de carbono. Termoplásticos PP quando reforçado, passam a ter grande aplicação e apresentam aspectos favoráveis como alta resistência ao ímpacto, esses materiais apresentam vasta aplicação nas indústrias esportivas, de construção cívil, automobilística, de energia eólica, espacial e aeronáutica, devido à sinergia de sua massa específica com suas propriedades mecânicas (PASBAKHSH, 2015).

Os reforços utilizados na matriz compósita polimérica são classificados em duas categorias ***fibras naturais e sintéticas*** (CALLISTER, 2018; MONHAMED, 2019).

- ***Fibras Naturais:*** apresentam caracteristicas naturais de origem vegetal, mineral, animal como por exemplo fibras de madeira, bambu, sementes, fibras de frutas, fibras de folha, fibras de seda, e uma fibra bastante utilizada é a fibra de juta , o qual é

tradicionalmente usada para se fazer cordas e sacos, obtida da Hastes da planta *(Corchorus Capsularis*), tendo o seu comprimento uma variação de 200 a 1500 mm, sendo composta de 58-63% de celulose, 21-24% hemicelulose e 12-14% de Lignina

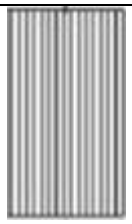
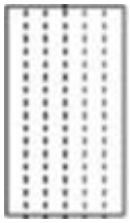
- ***Fibras Sintéticos:*** são polímeros artificiais moldados em forma de fios, produzidos a partir de resinas derivadas do petróleo, as fibras naturais estão sendo estudadas como reforço para materias compósitos de matriz polimérica em substituição as fibras sintéticas. Isso pode ser justificado pelo fato desses materiais apresentarem algumas vantagens em relação aos reforcos sintéticos, devido a baixa densidade, biodegradabilidade e baixo custo

O reforço fibroso como o síntético é o principal constituinte do compósito e ocupa a maior fração em volume do material. Este componente é o responsável pela resistência ao carregamento e tem uma maior influência sobre as propriedades mecânicas do material final. O desempenho estrutural do reforço depende de sua disposição em uma ou mais direções, como também da sua estrutura química (XIAOGANG, 2016).

Diversos fatores tais como interação entre as fases, a geometria, tamanho, distribuição, orientação, fibras, contínuo alinhado, descontinuo curto, alinhado ou orientado aleatoriamente e a quantidade de reforço são relevantes para a propriedade finais dos compósitos.

Compósitos poliméricos como já foi dito, podem ser preparados com matrizes constituídas por polímeros termorrígidos, termoplásticos e elastômeros e classificam-se de acordo com os tipos de reforço e matriz utilizada. A Tabela 1 ilustra as orientações das fibras, direção da tensão como também a eficiência dos reforcos fibrosos (KAR, 2015).

Tabela 1: Eficiência do Reforço de composito reforçado com fibras para diferentes Orientações das fibras em varias direçoes de aplicaçoes da Tensaõ

Orientação da Fibras	Direção da Tensão	Eficência Reforço	Fibras
Todas as Fibras paralelas	Paralela às fibras	1	
	Perpendicular ás fibras	0	
Fibras distribuídas aleatória e uniformemente em um plano especifico.	Qualquer direção no plano das fibras	3/8	
Fibras distribuidas aleatória e uniformemente nas três dimensões no espaço	Qualquer direção	1/5	

Fonte: Fonte: Adapatada Callister, 2018; Nunes, 2012

O reforço de fibras nesses sistemas apresentam rendimentos melhores quando são incorporadas a matriz , facilitando o processamento por Extrusão. O processo de Extrusão utiliza aquecimento e cisalhamento controlados, o que promove uma boa mistura dos componentes, aumentando a homogeneade e favorecendo bons resultados mecânicos. Após esse processo, os compósitos podem ser moldados por injeção para obtenção da forma final dos produtos (SUNDARKRISHNA, 2015; NUNES, 2012).

A matriz polimérica tem a função de dispersar a fase de reforço e deformar o necessário para distribuir e transferir as tensões para o componente de reforço quando submetido a uma força, e ainda pode protegê-lo de qualquer efeito nocivos, de acordo com o grau de interações entre os componentes essas características tendem a se torna mais eficiente (CARVELLI, 2015).

A carga de reforço se constitui na fase dispersa que está envolvida pela matriz causa modificações nas estruturas do material, dependendo da forma como a incorporação é realizada, pode ocorrer um ganho ou perda nas propriedades mecânicas, em se tratando de

materiais com maior grau de dureza e disperção alta, são propensos a gerar aglomerados dentro do corpo da matriz (JONES, 2016; MOHAMMAD, 2019).

Os compósitos com melhores propriedades são expressa em termos de parâmetros como: resistência máxima, módulo específico, módulo de elasticidade alongamento, resistência ao impacto dentre outros, esses parâmetros apresentam resultados superiores ao polímero sem a inserção da carga. Esse tipo de processo tem sido amplamente utilizado, empregando materiais de baixo peso específico tanto para a fibra quanto para a matriz (SOUZA, 2017; HEREGA, 2018).

Grandes partes dos materiais que tem na sua estrutura fibras mostram resultados de limites de resistencia à tração bem favoravéis, no entanto, pode apresentar fraturas caso haja um volume desproporcional da fibra isto aumenta a probabilidade de um defeito superficial crítico capaz de levar a fratura, e a trinca que podem levar as falhas sob baixos níveis de tensão de tração. Por isso que introduzir a concentração ideal para o volume da amostra é vantajoso para obter compósito reforçado com boas propriedades (GWOFUH, 2016).

Uma grande vantagem do compósito é que a fase fibra se matém separada da fase matriz, e deixa as duas fases separadas. A matriz separa as fibras umas das outras, em virtude de sua baixa dureza e plasticidade relativas, previnindo a propagação da trinca frágeis de uma fibra para outra, o que resulta em uma falha catastrófica, em outras palavras, a fase matriz serve como uma barreira a propagação da trinca (HODZIC, 2014).

Uma desvantagem da utilização das fibras naturais a não uniformidade das propriedades das fibras, apresentando uma grande variação nos valores das suas propriedades, as quais estão diretamente relacionadas com a composição dos seus constituintes: celulose, hemicelulose, e lignina (MUTHU, 2019).

Outro cuidado que se deve ter com as fibras, é quanto ao seu processamento, pois possuí uma limitação referente a temperatura, tem a tendência a formar aglomerações e sua natureza hidrófifica impede uma boa adesão interfacial , no entanto, a incorporação de fibras naturais como reforços em compósito termoplástico tem recebido grande atenção nos últimos anos, por parte dos vários grupos de pesquisas no Brasil e no mundo em resposta à preservação smbiental (BIRON, 2014; GIUSEPPE, 2018).

Nota-se de forma abrangente o estudo em pesquisas no campos dos materias compósitos poliméricos, são trabalhos realizados com o objetivo claro de avaliar as propriedades mecânicas, ímpacto, características morfológicas e térmicas, como também as influências das variavéis de processamento em diferentes tipos de matrizes e de reforços (RAHUL, 2015).

2.1.2. Fibra de Juta

A Juta/malva é uma fibra têxtil vegetal produzida a partir de plantas herbáceas *(corchoruscapsularis)* da família das *Sparrmanniaceae/ Malvaceae*, originaria da índia onde é amplamente cultivada , a juta/malva também tem alta produção de escala em Bangladesh (KISHORE, 2018).

A juta é uma erva lenhosa que alcança a altura de 3 a 4 metros. Seu talo possui um diâmetro aproximadamente de 20 milímetros que cresce em climas umedecidos e tropicais. O semeio na Amazônia, varia em função do regime dos rios e do clima. O florescimento das plantas ocorre de 4 a 5 meses após o semeio e a colheita é imediata (SHOKRIEH, 2017).

A fibra útil fica entre a casca e o talo interno e a extração é feita pelo processo de maceração após o corte rente ao solo com o uso de ferramentas de corte e a retirada da folhagem. Após esse procedimentos os feixes de plantas são colocados em água corrente ou parada com a finalidade de ocorrer o processo de amolecimento da casca. Para a obtenção de uma fibra de boa qualidade o comprimento médio deve estar em torno de 3,20 metros e haste e caule devem ser cortado tão logo a flor murche (ADRIAN, 2018).

A alta temperatura da região de cultivo propicia uma rápida fermentação do caule, permitindo a maceração entre 8 e 10 dias após a imersão dos feixes. Após esse procedimento a fibra é retirada, seca e empacotada para o transporte. O comprimento das células elementares da juta é de 0,80 mm e o diâmetro varia de 0,01 a 0,03 mm (PAULO, 2015).

A composição química da juta varia em função do tipo de solo em que ocorre o cultivo, e a fibra de juta, o qual é uma fibra vegetal tradicionalmente usada para se fazer cordas e sacos, obtida da Hastes da planta *(Corchorus Capsularis*), tendo o seu comprimento uma variação de 200 a 1500 mm, sendo composta de 58-63% de celulose, 21-24% hemicelulose e 12-14% de Lignina (JUN, 2017).

A fibra em análise possui celulose e apresentam na sua composição a lignina e hemicelulose é isto possibilita uma excelente propriedade mecânica, possuindo alta resistência a tração, o que faz com que tenha uma ótima atuação como reforço de matriz polimérica (NANDAKUMAR, 2017).

As fibras naturais tem uma grande vantagem devido o seu baixo custo, alta disponibilidade, baixa densidade, alta resistência, por ser um recurso renovável e pela facilidade de ser trabalhada pelas ferramentas de processamento. O baixo custo e a facilidade

de encontrar a juta, a elegem como um destes materiais promissores nesta nova indústria que tende a ter destaque economicamente e ambientalmente (ADRIANO, 2017).

2.1.3. Nanotubo de Carbono

O Nanotubo de Carbono consiste em uma única lâmina de grafita, enrolada na forma de um tubo e com ambas extremidades fechadas por hemisférios C_{60} de fulerenos. O prefixo nano indica que os diâmetros do tubo são da ordem do nanômetro (isto é 100 nm ou menos). Cada nanotubo é uma única molécula composta por milhões de átomos, o comprimento dessa molécula é muito maior (da ordem de milhares de vezes maior) que seu diâmetro, também foram descobertos nanotubo de carbono de paredes múltiplas, compostos por cilindros concêntricos (MICHAEL, 2017).

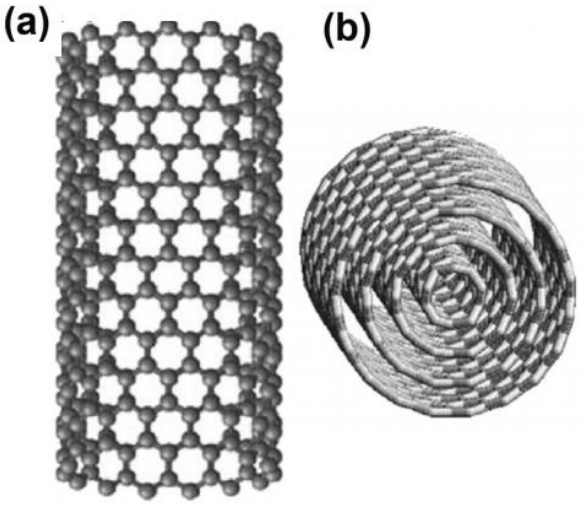
Os nanotubo de carbono com paredes multiplas são extremamente resistentes e rígidos, além de serem relativamente dúcteis. Para os nanotubo de carbono com uma única parede, os limites de resistência a tração variam entre 50 e 200 GPa, esse é o material mais resistente conhecido, os valores para o módulo de elasticidade são a ordem de[1Tpa=10^3 Gpa] com deformação na fratura entre aproximadamente 5% e 20%, os nanotubo apresentam massa específica relativamente baixas, e são extremamente promissor como um reforço em materiais compósitos, podendo se comportar como um metal ou um semicondutor (ALI, 2018).

Apresentam característica elétricas únicas e sensíveis a estrutura, dependendo da orientação das unidades hexagonais no plano do grafeno isto é na parede do tubo, no entanto, existe varias formais estruturais que esse composto pode se comportar (PETER, 2018).

Os nanotubos de carbono provavelmente são as nanoestruturas mais interessantes devido ao seu grande potencial de aplicação. Os NTC foram descobertos em 1991 como um subproduto obtido na síntese do fulereno, desde então grandes progressos ocorrem como a descoberta tipos básicos de nanotubos: os nanotubos de camada única ou parede simples e os nanotubos de multicamadas ou paredes múltiplas (FANGUEIRO, 2018).

Os NTC na Figura 1, são formados de arranjos hexagonais de carbono que originam pequenos cilindros com diâmetro em dimensões nanométricas e podem ter comprimentos de vários micrômetros. Os nanotubos de camada única são formados por uma única folha de grafeno enrolada sobre si mesma para formar um tubo cilíndrico com um diâmetro que varia de 0,4 nm até 3nm. Os nanotubos de paredes múltipla, apresentam um diâmetro de varia de 1,4 nm até 100 nm, eles são constituídos de 2 a 40 camadas de nanotubos concêntricos que se distanciam entre si por 0,34 nm sendo que suas propriedades estão diretamente ligadas ao número de camadas e ao seu diâmetro interno (REZAUR, 2018; KAZAKOVA et al.,2018).

Figura 1: Representação esquemática da estrutura de nanotubos de carbono (a) nanotubo de camada única. (b) nanotubo de multicamadas



Fonte: Marcio Loos, 2015.

Os nanotubos de carbono são insolúveis na maioria dos líquidos, tais como a água, resinas poliméricas e em quase todos os solventes. Para tornar os nanotubos solúveis em líquidos deve-se realizar um processo de funcionalização onde se incorpora grupos funcionais ou moléculas polares à superfície dos NTC, mudando quimicamente as suas estruturas sem alterar significativamente as suas propriedades. Além disso, a funcionalização é largamente utilizada para a purificação e classificação dos NTC em soluções (MOIGNE, 2018).

Os NTC possuem alta reatividade nas suas extremidades e nos defeitos presentes em suas paredes, logo a funcionalização que pode ser do tipo não-covalente (funcionalização física) ou covalente (funcionalização química) ocorre com maior facilidade nesses locais. Na funcionalização não-covalente é utilizados surfactantes que tornam os NTC mais solúveis em água, sendo que esse processo é resultado das interações do tipo van der Waals e do tipo π-π. (MECHTCHERINE, 2018).

Nanotubo de Carbono Funcionalizado

Esta seção trata das alterações nas propriedades eletrônicas e estruturais de nanotubo de carbono, resultantes das diferentes das diferentes formas de funcionalização. Neste caso, átomo ou moléculas podem ser adsorvidos ou ligados aos nanotubos, tornando-os interessantes e com novas propriedades.

Experimentos relacionados com funcionalização de nanotubos tiveram início com a adsorção de flúor em SWNT e substituição de SWNT flurodos em solução. Também tem sido

intensamente investigada, tanto teórica como experimentalmente, a funcionalização de nanotubo de carbono através de suas paredes com a adsorção de átomos ou moléculas através de dopagens substitucionais dos tubos por meio de deformação estruturais ou ainda por adsorção de grupos químicos como o COOH. Na maioria destes casos, as propriedades eletrônicas e, consequentemente, a reatividade química são alteradas em função da funcionalização.

Uma forma de analisar a interação dos nanotubo de carbono com átomos e moléculas é através do comportamento da transferência de carga entre o SWNT e o sistema adsorvido

2.1.4. Compósito Híbrido

O termo greco-latino híbrido tem sido usado em diferentes áreas, significando algo de origem ou composição mista. Conceitualmente tem se que são combinações intencionais de diferentes materiais com novas ligações químicas, com uma disperção em nível submicrométrico, podendo chegar em nível atômico ou molecular em contra partida os compósitos são misturas a nível micrométrico (ALBOOYER, 2019).

Híbridos são materiais compósitos com interações químicas entre seus componentes com diferentes moléculas de maneira similar ao que acontece nos orbitais híbridos e suas conversões, sendo assim pode se dizer que todo o híbrido é um compósito, uma vez que é constituido por dois ou mais materiais diferentes, no entanto, nem todo compósito é um híbrido, já que este pressupõe interações fortes em escala submicrométrica e propriedades superiores (ALBOOYER, 2019).

Existe diversas pesquisas no ramo de materiais híbridos, de acordo com Alamri (2012) realizou um trabalho, com material híbrido reforçado com fibras de celulose reciclada, e plaquetas organofílica e com uma matriz epóxi, foi realizado as caracterização de MET (Microscopia Eletrônica de Transmissão), propriedades mecânicas e ATG (Análise Termogravimetria), os resultados indicaram que as propriedades mecânicas aumentou com a adição de nanoargila para dentro da matriz de epoxi, houve uma melhora significativa na resistência a fractura, resistência ao impacto dos compósitos e dureza. A presença da nanoargila acelera a degradação térmica de epóxi puro, mas a uma temperatura elevada a estabilidade térmica foi melhorada com o aumento do resíduo sobre carvão animal resina pura.

Um outro trabalho na área de materiais híbridos foi fundamentada, na pesquisa de Saba (2016) e Rahmandouts (2016), apresentou uma pesquisa que investiga a fabricação de

nanocompósito híbrido Kenaf/epoxi com a incorporação de óleo de palma nano filler montmorilonite e organicamente modificada , e foi caracterizado por DRX (Difração de Raio-X), AT (Análise Termomecânica), o parâmetro densidade aumentou para o híbrido, o que influência diretamente na dureza do nanocompósito híbrido, apresentaram menor coeficiente de expansão térmica

Uma recente pesquisa no campo de compósitos híbridos foi realizada por Hydayah (2019) fabricou compósitos hierárquicas por combinação de nanotubo de carbono de paredes múltiplas (NTCPM) em vidro Kenaf/epóxi e compósito de carbono/ kenaf epóxi laminados. Além disso, a análise mecânica dinâmica (AMD) mostraram um aumento de 42% do módulo de armazamento na região vítreo, houve uma mudança 85,7°C para 90°C, em Tg para os NTCPM, os resultados indicaram que a adição de NTCPM, obteve com altas desempenho exural.

Uma outra pesquisa com foco em materias híbridos, com o híbrido formado por vidro, juta, e sisal, notou-se que aumentou a resistência à tensão a flexão e ao impacto, e de forma geral, aumentou a absorção de energia do material (RAMU et al.,2019)

Um trabalho recente feito por Kumarjyoti (2018), realizou um trabalho com o híbrido formado por Juta, Nanoargila com a matriz de borracha natural (BN) foi utilizado técnicas de caracterização como Microscopia de Varredura), (MEV), Microscopia de Eletrônica de Transmissão (MET), Radiação Infravermelho por Transformada de Fourier (RITF). Análise Dinâmico Mecânica (AMD), foram avaliadas interação entre a fibra de Juta e a nanoargila, aumentou o valor de índice de taxa de cura e a resistência a tração dos compósitos, observou-e uma superfície continua e lisa para os compósitos, uma melhora significativa na borracha, interação entre nanoargila e juta, e notou-se que a fibra apresentou natureza mais hidrofóbica na presença de ácido esteárico.

As propriedades Mecânicas de uma fibra natural compósito reforçado com polímero nano, depende de parâmetros tais como resistência, comprimento de fibra, tratamento químico e orientação para além da fibra-matriz força de ligação interfacial.

Concordando com Sahu (2017), foi o autor de um trabalho com bio compósito híbrido composto por fibra de Juta, e Fe_2O_3 em nanoparticula sintetizada pelo processo hidrotérmico e utilizado para um eficiente adsorvente híbrido, as caracterização ocorreu pela técnica DRX (Difração de Raio-X), MET, MEV, a adsorção do material nanocompósito encontrada foi de 48,06 mg, a adsorção cinétca do processo segue a cinética de pseudo-segunda ordem, a adsorção do material envolve dois tipos de interação, atração electrostática e processo de ligando Iônica, apresentando melhoras nas propriedades mecânicas.

Uma pesquisa muito relevante na área de materiais híbridos foi fundamentada em Zhuang (2017), realizou um trabalho com o híbrido utilizando fibra de juta e nanotubo de carbono de paredes Multiplas (NTCPM) a base da matriz Epoxi, verificou que para os parâmetros de temperatura, umidade, tensão e deformação sofreram grande influência pelas características físicas e químicas intrísecas das fibras, além disso, uma melhora significativa nas propriedades dielétricas dos compósitos epoxí/NTCPM e quando comparado com compósitos puros Juta/Epoxi, apresentou melhorias nos parâmetros de resistência.

Os Híbridos em campos diferentes por causa da maior área superfície, podendo ter aplicação nos setores de biotecnologia, com obtenção de materias híbridos que podem explorar a sinergia entre as fibras que traz um apelo ambiental (RAMU, 2019).

Pode se obervar que a Tabela 2, esta contido os trabalhos mais recente referente a compósitos e híbridos com diversos tipos de reforços, com a principais caracterização, como também os resultados mais relevantes e suas respectivas referências

Tabela 2: Estudo Relatado na hibridização de Fibra de Juta

Reforço	Matriz	Caracterização	Propriedades com melhoras significativas	Referência
Juta/ Vidro/ Kenaf	Epóxi	TRAÇÃO, ATG, MEV, MET	Resistência a tração	Sanjey (2016)
Papel(Reciclado), Plaquetas Organofílica	Epóxi	CED/ ATG MEV/DRX/ TRAÇÃO	Resistência a tração, Impacto, dureza	Alamri (2012)
Nanotubo de Carbono de paredes Múltiplas (NTCPM),Vidro, Kenaf	Epóxi	AMD MET/TRAÇÃO/ MEV	Ductilidade, desempenho exural, Impacto, Rigidez	Hidayah et al., (2019)
		MET,	Rigidez,	

Juta,Sisal,	PP/PS/PE	TRAÇÃO, MEV, MET, DED, TGA	Resistência a tração, Impacto, flexibilidade, rigidez,	Ramu (2019)
Vidro, Juta e Sisal	PP	MET, TRAÇÃO, MEV, MET, DED, ATG	Resistência a tensão, flexão e Impacto	Ramu (2019)
Juta, Nanoargila, ácido esteárico.	Borracha (BN)	MET, FTIR, AMD, ATG, DED	Módulo de Armazenamento, Tração	Roy (2018)
Oléo de Palma, Kenaf	Epóxi	DRX, AMD,	Expansão Térmica, densidade	Sabá (2016)
Juta, Fe_2O_3	Adsorvente	DRX, MET, ,RITF	Adsorção Cinético, Interação entre os compostos	Sauh (2017)
Nanotubo de Carbono (NTCPM), Juta	Epóxi	Tração, MET, MEV	Tração, Impacto, Dielétricas	Zhuang (2017)

Fonte: Própria, 2019

Portanto, em vista da vasta aplicação tanto no mercado industrial, como no campo científico, torna-se de suma importância o estudo de materias compósitos híbridos com o intuito de obter materias com propriedades mecânicas superiores e com aplicações diversificada atuando de forma direta no aumento da economia do país.

3. MATERIAIS E MÉTODO

Nessa seção são descritos todos os equipamentos utilizados na produção dos híbridos e dos compósitos. Também é apresentado as caracterizações dos compósitos e híbridos bem como seus métodos, procedimentos experimentais de processamento adotados ao longo do trabalho.

3.1 MATERIAS UTILIZADOS

- As fibras de Juta foram cedidas pela empresa Jutal, localizada no Estado do Amazonas, na cidade de Manaus.
- Nanotubo de Carbono cedido pelo Centro de Tecnologia de Nanomateriais e Grafeno da Universidade Federal de Minas Gerais.
- A Resina de Polipropileno Isotático fornecido pela Brasken.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Preparação da Fibra para o Processo de Incorporação

Foram colocadas 1,5kg (9,09%) de fibra de Juta para ser previamente moída e aquecida por um tempo de 10 minutos até a temperatura 70°C, no aglutinador da marca LGMT, moldelo DCT-20 com a capacidade 50Kg.

Em seguida, com a fibra em 70°C, misturou-se 15 Kg de Polipropileno no aglutinador por um tempo de 15 minutos até a temperatura 110°C, após esse procedimento a mistura foi transportada para a Extrusora da marca LGMT, Modelo DCT-20 com a capacidade de 100Kg/h, onde foi realizada a extrusão. Os parâmetros de Extrusão empregados estão de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros operacionais aplicados na Extrusora

EXTRUSORA	
Zona 1	200°C
Zona 2	210°C
Zona 3	215°C
Velocidade da rosca	47,4 Rpm
Corrente	57,7Am

Fonte: Própria, 2019.

Os compósitos foram processados em uma extrusora de dupla rosca corrotátória e interpenetrante, formandos os compósitos peletizados conforme a Figura 2.

Figura 2: Biocomposito com a Juta Incorporada

Fonte: Própria, 2019

3.2.2. Preparação do Híbrido por Injeção (Juta/ Polipropileno/Nanotubo de Carbono)

O compósito de J/PP (Juta/Polipropileno) foi misturado manualmente com o nanotubo de carbono com as proporções que estão dispostas na Tabela 4, formando os compósitos híbridos de Juta, polipropileno e nanotubo de carbono (J/PP/NTC).

Tabela 4: A composição dos híbridos formados (J/PP/NTC).

Nanotubo de Carbono Funcionalizado(g)	5	0,5%
Juta/Polipropileno (g)	1000	99,5%

Fonte: Própria,2019

Os compósitos peletizados junto com nanotubo de carbono foram injetados na injetora da marca TINUS OLSEN, modelo SSF700K-5 na forma de corpos de prova de acordo com a norma ASTM D 638, os parâmetros utilizados estão disposto na Tabela 5.

A Tabela 5, esta apresentado os parâmetros utilizado no processo de Injeção para a obtenção do Híbrido.

Tabela 5: Parâmetros operacionais aplicados na Injetora

INJETORA	
Zona 1	220°C
Zona 2	240°C
Zona 3	230°C
Temp. Cabeçote	215°C
Velocidade da rosca	47,4 Rpm
Corrente	57,7Am

Fonte: Própria, 2019

- **Técnicas de Caracterização**

Para a caracterização do Polipropileno, compósitos, e híbridos foram preparados corpos de prova na Injetora marca Tinus Olsen modelo SSF700K-5 com a norma ASTM D-638 e ASTM 256.

3.2.3. Análise Termogravimetria (ATG)

As análises Termogravimetria ATG das fibras foram realizadas em um SDT Q600 (modelo) da TA Intrument (marca) localizada no laboratório da Engenharia de Materiais (Ensaio Físico-Químico/ FT/UFAM). As amostras foram aferidas aproximadamente 10 mg para o Polipropileno Puro, compósito (Polipropileno com Juta) e o Hibrido (Juta, Polipropileno, nanotubo de carbono) a taxa de aquecimento foi de 10°C. min^{-1} até a

temperatura final de 700°C, com fluxo de gás N_2 (Taxa de 30 ml.min^{-1}). O cadinho utilizado nessa análise foi o de alumina de 90 microlitros sem tampa. A análise foi realizada nos compósitos e nos híbridos a fim de determinar a temperatura de inicio de degradação e caracterizar a composição a partir das perdas de massa de cada evento térmico.

3.2.4. Calorimetria Exploratória Diferencial (DED)

As análises por calorimetria exploratória diferencial (DED) dos compósitos e híbridos foram feitas em um SDT Q600 (modelo) da TA Intrument (marca) localizada no laboratório da Engenharia de Materiais (Ensaio Físico-Químico/FT/UFAM), e processada segundo o software TA advantage Specialitylib, com uma taxa de aquecimento de 10°C.min^{-1}, utilizando 10g na faixa de temperatura de 0°C de 700°C com fluxo de gás de N_2, (Taxa de 30 ml.min^{-1}), o cadinho utilizado nessa análise foi de alumina de 90 microlitros sem tampa.

3.2.5. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As imagens da fratura dos compósitos e híbridos (provenientte dos ensaios de impacto) forma obtidas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV), foram recobertas por uma fina camada de prata pulverizada catódica revestido sobre as amostras, o equipamento utilizado foi o MEV da Universidade Federal do Rio Janeiro (UFRJ), possuia um filamento capilar de Tugnstênio (eletrodo negativo) com a aplicação de uma diferença de potencial de 30 KV, no modelo Jeol Marca JSM-5800LV.

3.2.6. Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET)

Os compósitos caracterizados por microscopia eletrônica de transmissão (MET) foram preparados a partir dos corpos de prova de Injeção e as amostras analisadas nesta técnica foram os compósitos de J/PP (Juta/Polipropileno) e J/PP/NTC (Juta/Polipropileno/nanotubo de carbono).

As amostras foram produzidas através de cortes ultrafinos (~100 nm) nos corpos de provas injetados, utilizando navalhas de diamante em um crioultramicrótomo Leica em UC6.

As micrografias foram obtidas com um microscópico eletrônico de transmissão com canhão de elétrons por emissão de campo operando a 200KV, com o equipamento da marca JEOL JM 1200 com voltagem de 110KV, localizada na Universidade Federal do Rio Janeiro (UFRJ).

3.2.7. Radiação no Infravermelho por Transformada de Fourier (RITF)

Na seguinte pesquisa foi realizado a análise de RITF no PP (puro), J/PP, Híbrido J/PP/NCT, os espectros foram obtidos em um espectrômetro Thermo Electron (Modelo Nicoleti S10) localizada no laboratório de espectroscopia de infravermelho da central analítica UFAM, com 32 varreduras na faixa de 4000 a 400 cm^{-1} e resolução de 4 cm^{-1}. Cada amostra foi misturada com Kbr na proporção 1:100 e prensada em disco na pressão de 80 KN por 2 min.

3.2.8. Espectrometria por Energia Difspersiva de Raio-X (EEDR)

O nanotubo de carbono funcionalizados (NTC), de multicamada, que possuem vários cilindros de carbono concêntricos, este composto foram fornecidos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), possui 90% de pureza, com grau de oxidação 9% em massa, comprimento médio, 4,5 µm, diâmetro médio, distribuição de diâmetro 8 a 4,5nm, diâmetro médio 20 nm, com distribuição de cumprimento de 0,5 a 15µm.

Através da análise do equipamento EEDR, no modelo Vacuum Mode High Vacuum foi possível identificar os comprimentos e as quantidades dos nanotubo de carbono funcionalizado com voltage 15,0 KV e WD 10,9 nm, com a magnification 60,000 vezes.

3.2.9. Ensaios Mecânicos

Os ensaios mecânicos foram realizados com 5 corpos de prova, injetados na injetora modelo SSF700K-5 da marca Tinus Olsen.

3.2.9.1. Ensaio de Tração

O ensaio de tração foi realizado com a norma ASTM D-638, por uma máquina de ensaio universal de ensaios Instron, fabricante Instron da marca 5984 do laboratório de P&D do curso de Engenharia de Materiais da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas (EST-UEA), com Capacidade da cédula de carga 150 Kn, o software utilizado foi Bluehil 3 e com velocidade do ensaio: 30 Mpa/s^{-1}, os ensaios foram feitos em temperatura ambiente.

Através deste ensaio foi determinado as propriedades mecânicas do compósito e do híbrido, tais com resistência máxima, alongamento, e módulo de elasticidade.

3.2.9.2. Impacto Izod

A empresa (INOVA) cedeu o aparato para os ensaios de Impacto Izod, seguindo a norma ASTMD 256, os corpos de prova tanto do compósito de juta (J/PP) e do híbrido (J/PP/NTC) foram entalhados minuciosamente com a utilização do equipamento Equipamento Tinius Olsen) foram fixados verticalmente em relação a base do equipamento, sofrendo então o impacto do pêndulo, o equipamento utilizado para os testes de impacto foi o Pêndulo da marca Tinius Olsen Modelo Impact 104, o qual possui um martelo instrumento acoplado a um pêndulo de energia incidente de 5,6 J., os corpos de prova foram injetados como indica na norma, acima de 250°C (temperatura de injeção).

3.2.9.3.Análise Macroscópica

A fratura dos corpos de provas do impacto foram submetidas a análise macróscopica utilizando um estereomicroscopio do modelo Cx31 da marca Olympus, com o aumento de 10, 40, e 100 vezes, do laboratório de materiais e processamento da Escola Superior de Tecnologia (EST-UEA).

3.2.9.4. Temperatura de Amolecimento (VICAT)

Os ensaios foram realizados por meio de um equipamento medidor de temperatura VICAT da marca Tinuis Tolsen, modelo HDT 6 VICAT, da empresa (INNOVA) segundo a norma ASTM D-152. Os ensaios descrevem a temperatura que o indentador circular com uma seção tranversal de 1 mm^2 penetra exatamente 1 mm sob uma carga padronizada de 50N.

3.2.9.5. Análise de Índice de Fluidez (AIF)

As analises de fluidez foram realizado no equipamento Plastômero, modelo MI3 da DSM da marca Tinuis Tolsen, seguindo a norma ASTM D 1238.

As amostras foi carregada no canal de extrusão, após o processo de extrusão, os materiais foram cortados automaticamente em intervalos de tempo constantes 10s, o resultado é o índice de fluidez (MRF) que foi calculado a partir da massa extrudada por 10 min.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados das propriedades mecânicas como também as caracterizações térmicas, morfológicas, e reológicas dos compósitos (J/PP) e dos híbridos (J/PP/NTC) analisados após o processo de extrusão e injeção.

4.1 ENSAIOS MECÂNICOS

Valores de propriedades mecânicas que possuem como parâmetro resistência máxima, módulo de elasticidade, e alongamento podem ser utilizados como base de comparação dos desempenhos mecânicos de diferentes polímeros com diversas cargas, para melhor entender as características conferidas ao compósito (9,09%) J/PP e o híbrido (0,5%) J/PP/NTC foram realizados os ensaios de tração. .

Para o híbrido os parâmetros como Resistência Máxima e Alongamento apresentaram valores superiores se comparado com compósito de juta (J/PP), enquanto, que o módulo de elasticidade do híbrido foi maior que o módulo do compósito de juta (J/PP).

Para o compósito de juta (J/PP) o módulo de eslasticidade reduziu 44% se comparado com o híbrido, que apresentou resultados superiores.

Para o compósito de juta (J/PP) a Resistência Máxima é 36,70 MPa, e para o híbrido foi de 34,56 MPa, aumentando em 2,14%, comparando com compósito de juta (J/PP).

O Alongamento com o híbrido (J/PP/NCT) foi de 0,11mm , notou-se que reduziu em 0,4% comparando com compósito de juta (J/PP), o qual se obteve 0,15 mm.

Na Tabela 6, esta sendo apresentado os valores das Resistência Máxima, Módulo de elasticidade, Alongamento obtidas no ensaio de Tração,

Tabela 6: Ensaios de Tração para o Compósito (J/PP) e Híbrido (J/PP/NTC)

Corpo de Prova	Resistência máxima (MPa) Média / Desvio padrão	Módulo Elasticidade (Mpa) Média / Desvio padrão	Alongamento (mm/mm) Média / Desvio padrão
J/PP	36,70	1116	0,15
Desvio Padrão	1,08	49,89	6,18
J/PP/ NTC	34,56	1160	0,11
Desvio Padrão	1,8	55,5	2,02

Fonte: Própria,2019

Observa-se que tanto a Resistência Máxima quanto o Alongamento dos compósitos reforçados com fibras de Juta aumentou comparada com o híbrido (J/PP/NTC), esse comportamento é devido a alta homogeniedade da fibra na matriz, causando uma excelente distribuição, formando uma camada interfacial de alta espessura (interface), e as fibras impediram o escoamento das moléculas, isto justifica o motivo pelo qual houve o aumento da Resistência Máxima e o Alongamento para o compósito reforçado com fibra de Juta (ALLAMRAJU, 2018; DAMIN, 2016).

Para o híbrido (J/PP/NTC) apresentou Resistência Máxima e Alongamento inferiores devido a fibra ter impedido que o nanotubo de carbono atuasse integralmente como agente nucleante (ISMAIL, 2018)

De acordo com Doant (2006), Panatescu (2010), López Machado et al., (2002), Paiva (2016), Rothan (2017), Pires (2012), Spadetti, et al.(2016), a dispersão das fibras dentro da matriz polimérica, como as interações entre o polipropileno e os grupos organofuncionais da fibra de Juta (H-O-C) contribui para significativas melhorias nas propriedades mecânicas, isto justifica o motivo pelo qual o compósito de juta (J/PP) apresentou resultados de Alongamento mais favorável comparado com híbrido (J/PP/NTC). Trabalhos com o mesmo cunho de pesquisa , foram encontrados resultados semelhantes.

Segundo Libano (2012) , Rabello (2000), Souza (2008), e Wang (2018), com a adição do nanotubo de carbono no compósito, o material foi nucleado de forma heterogênea, aumentado a velocidade, temperatura de cristalização, e o grau de cristalinidade, este efeito traz um ganho para o modulo de elasticidade pois diminui a mobilidade das cadeias da matriz, isto repalda o motivo pelo qual o módulo de elasticidade do compósito de Juta (J/PP) foi menor que o híbrido (J/PP/NTC), o aumento desse parâmetro, reduz o tempo de ciclo de processo de moldagem, isto porque reduz a energia livre crítica para a consolidação do núcleo e acelerando o processo global de cristalizaçao.

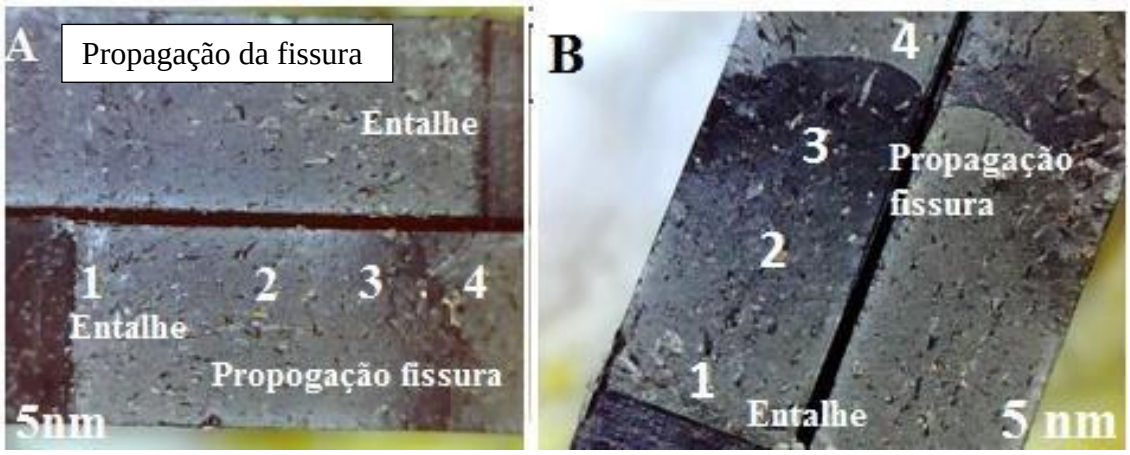
Conforme kham (2018), Bikiaris (2010), Rabello (2000), Wang (2018), Franciszcak (2018). Um outro fator que pode ter interferido diretamente no aumento do modulo de elasticidade do híbrido (J/PP/NCT) foi tamanho do nanotubo utilizado, pois tinha alta dispersão (4,5 µm) a uma concentração de 0,05%, esses dois fatores são indispensável para o nanotubo ter sido um bom nucleante para a matriz polipropileno. Os nucleantes aumentam o número de núcleos no polímero e isto interfere diretamente nos tamanhos dos esferulitos, que se formam simultaneamente com tamanhos uniforme, cristais os quais melhoram as propriedades físicas do polipropileno.

4.1.1 Ensaio de Impacto com Composito com Inserção de Juta

A Figura 3 mostra as superficies de fractura do compósito reforçado com Fibra de juta (J/PP) e com o híbrido (J/PP/NCT) em 0,05% (NTC) respectivamente, o híbrido mostrou superficie de fractura muito áspera, enquanto que o compósito de juta (J/PP) exibiram superficie relativamente mais lisa, essas diferenças de surpeficie de fractura mostram claramente que a propogação de fissura tem uma maior resistência em amostras baseadas em que o nanotubo esta presente (J/PP/NCT) do que J/PP.

Observando as superfícies de fractura de na Figura 3 tanto para o compósito de juta (J/PP) como para o híbrido (J/PP/NCT), nota-se quatro zonas primárias que se define como Iniciação (zona 1), a propagação lenta (zona 2), de transição (zona 3) e de propagação rápida (zona 4), verifica-se que forma-se um cume parabólico entre a zona 3 e 4 representa uma frente de propagação stick-slip, isto se justifica devido a velocidade da propagação da fissura ser inferior a um valor crítico de tal modo que a fenda pára, dando o inicio da propagação.

Figura 3: Macroscopia de superficie de fratura, (A) compósito de juta (J/PP) e (B) híbrido (J/PP/NTC), Iniciação (zona 1) propogação lenta (zona 2) de transição, (zona 3), para manter derrepante zona, e de propagação rápida (zona 4)



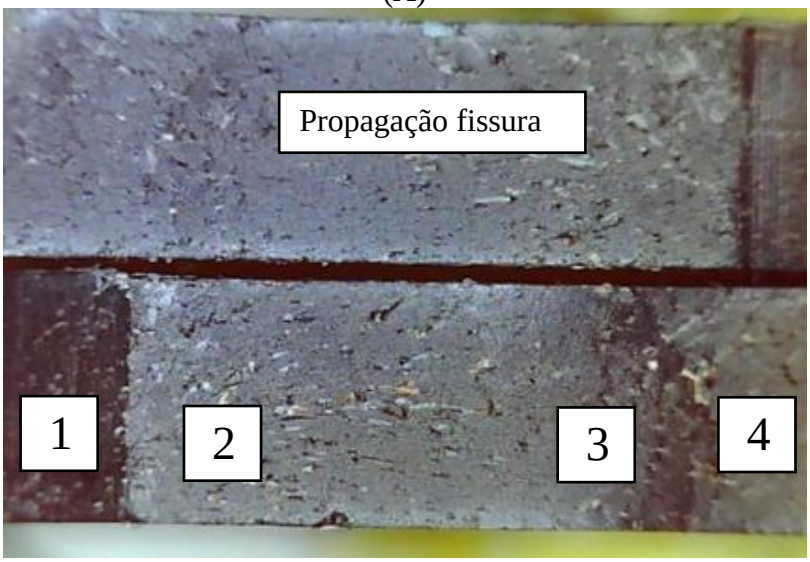
Fonte: Própria, 2019

Nota-se também na Figura 3, que o híbrido (J/PP/NTC) apresentou uma superficie com mais rugosidade que compósito de juta (J/PP), este efeito permite uma maior dissipação de energia durante a falha de material, devido a elevada flexibilidade do nanotubo de carbono e seu efeito nucleante, podendo causar os intervalos de abertura durante as fissuras, estes deslocamentos promovem a deformação plástica no local, mostrando que a adesão interfacial entre os nanotubo de carbono e o polímero da matriz (PP) é suficientemente forte.

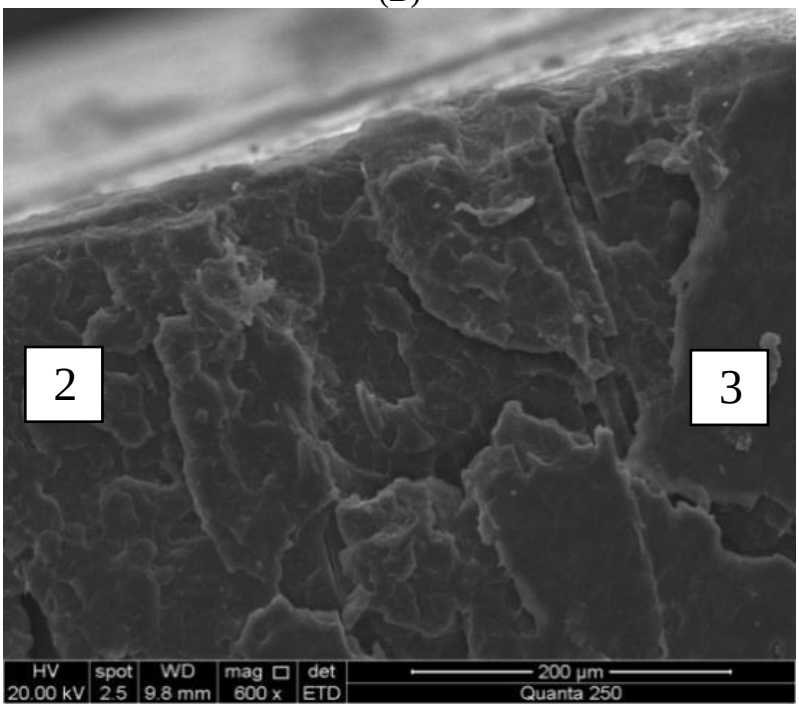
Observando as imagens obtidas por (MEV) pode se verificar nas Figuras 4, entre a zonas (3 e 4) que as rachaduras se propagam em diversas direções, mostrando várias bifurcações que apresentando caminhos tortuosos e representaram as superficies ásperas devido a inserção das fibras (WANG, 2018).

Figura 4: (A) Micrografia de Fratura de superficie de Impacto , Imagem macroscópica (B) Microscópio Eletrônica de Varredura da fratura do Impacto do compósito de juta (J/PP)

(A)



(B)



Fonte: Própria, 2019

Ao analisar a Figura 4, não foi observado aglomerações, nem arrancamento de fibra, nota-se uma boa interação interfacial, pois não há espaços vazios relevantes, indicando uma

maior adesão entre as fases presentes, que contribui para melhor transferência de tensão, resultando em melhores propriedades mecânicas de tração, como foi visto na seção referente aos ensaios mecânicos.

Na Figura 5, apresenta a macroscopia da fratura de ímpacto, do híbrido (J/PP/NTC), como também a microscopia eletrônica de varredura (MEV), observaram-se espaços vazios, na figura da macroscopia, e na análise de MEV, ficaram evidente, a presença das fibras, desplacamento, microfissuras, propagação da fissura (ALIAFKHAZRAEI, 2018; KARBIR, 2013; WANG, 2018).

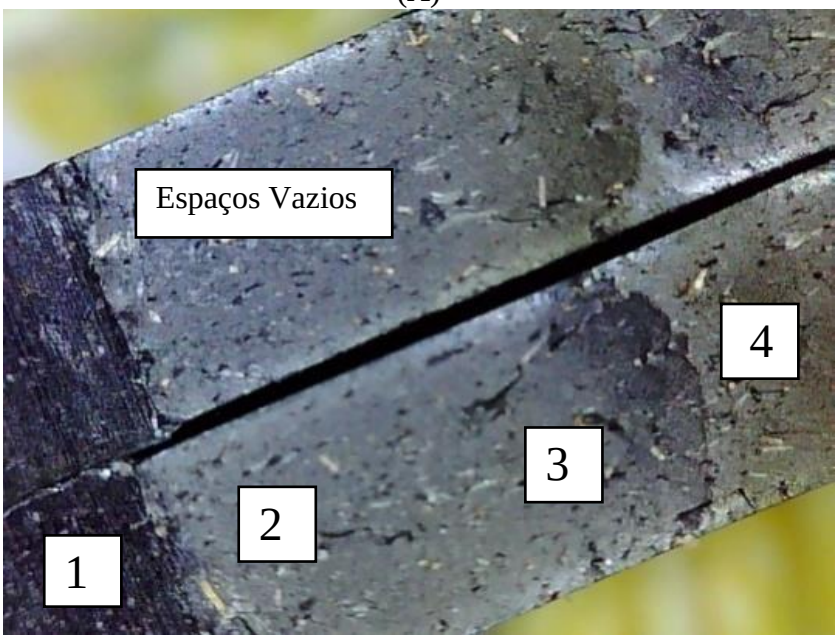
Estudos de nucleação do polipropileno de acordo com Wang (2018), pode se dizer que o nanotubo de carbono podem funcionar como o stress concentrador, causando as microfissuras como pode se verificar nas fraturas do híbrido (J/PP/NCT), na figura 5, observa-se um efeito secundário da ação do consumo de energia, devido a presença de nanotubo de carbono e seus efeitos nucleantes, o qual leva o mecanismo de endurecimento do nanocompósito (J/PP/NCT).

Como mostra a Figura 5, a propagação da fissura, assim como também o cisalhamento a ruptura das fibrilas indicam o alto consumo de energia da fratura durante a avaliação de Impacto, e verificou-se que a superficie de fratura tem um aspecto visual mais brilhantes, devido a nucleação causada pelos nanotubos (WANG, 2018).

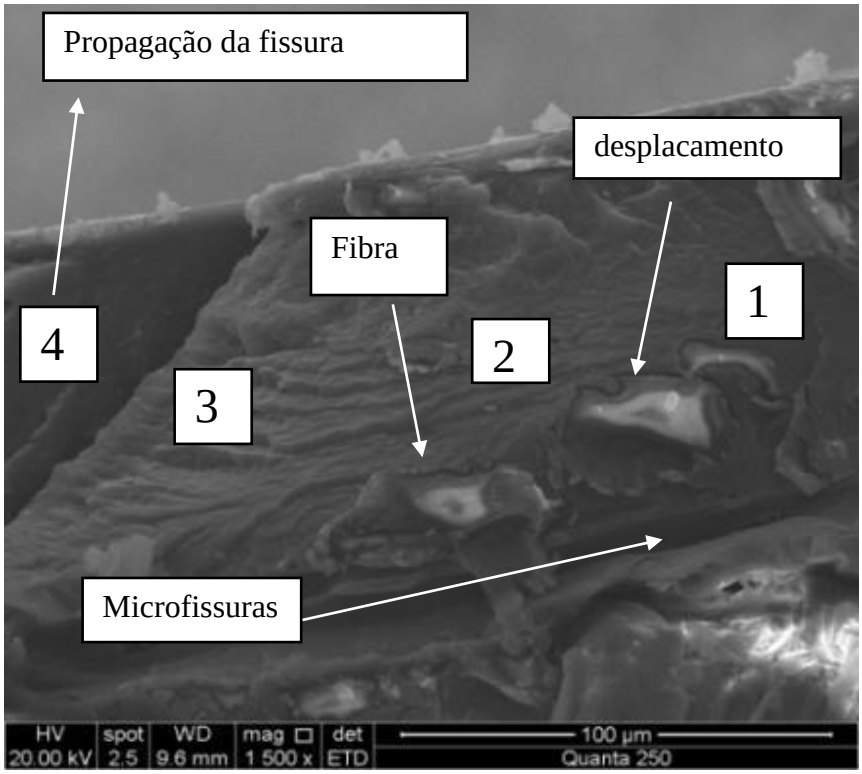
O pequeno desplacamento observado na Figura 5, indica uma menor adesão entre as fases presentes, que contribui para uma menor transferência de tensão, resultando em perdas de resistência de ímpacto para o compósito com a inserção da fibra, em contra partida com a adição no nanotubo de carbono, notou-se melhoras na resistência ao impacto. Em pesquisas realizadas por Kangbo (2008), Wang (2018), Zhang (2008), que trabalharam com interações entre nanotubo e matriz PP, encontraram resultados semelhantes.

Figura 5: :(A) Micrografia de Fratura de superficie de Impacto , imagem macroscópica (B) Microscópio Eletrônica de Varredura da fratura do Impacto do híbrido (J/PP/NCT)

(A)



(B)



Fonte: Própiria, 2019

A Tabela 7, mostra os valores dos 5 ensaios de resistência ao impacto do compósito de juta (J/PP) e do Híbrido (J/PP/NTC), é possível observar que os resultados do compósito foram inferiores comparado com o Híbrido, tomando como referência dados da literatura a resitência ao ímpacto do PP Virgem é de 26,5 J/m^2 , ligeiramente menor se comparado com os

dados da Tabela 7, indicando que a presença da Juta e do nanotubo de carbono aumenta a resistência ao impacto (PAIVA, 2017; WANG, 2018).

Tabela 7: Valores das Resistências ao Impacto em J/m^2 do Compósito de juta (J/PP) e hibrido (J/PP/NCT)

Corpo de Prova	Resistência Impacto(Jm^2) Média / Desvio padrão
J/PP	35,89
Desvio Padrão	0,155
J/PP/ NTC	40,37
Desvio Padrão	0,155

Fonte: Própria, 2019

Ocorreu uma forte interação entre as cadeias polímericas com a adição do nanotubo de carbono (NTC) na matriz polimérica, isto acarretou um aumento da densidade levando uma maior resistência polimérica para o híbrido com nanotubo como pode ser visto na Tabela 7 (BLEDZKI, 2015; PIZZIOTOLA, 2011).

O nanotubo de carbono tem a capacidade de nucleação, e isto causa uma redução ao tamanho dos esferulitos, pois esferulitos menores, geram maior resistência ao impacto, devido a maior quantidade de moléculas interesferulito, que são amorfas e possui a capacidade de absorver impacto, causando um aumento no grau de cristalinidade, e isto implica em um maior número de moléculas atadoras, que contribuem para maior resistência ao impacto, isto mostra o motivo pelo qual o híbrido (J/PP/NCT) mostrou maior desempenho se comparado com o compósito de juta (J/PP) (RABELLO, 2000).

4.1.2. Análise Índice de fluidez (AIF) do Compósito de juta (J/PP) e o híbrido (J/PP/NTC)

Através da análise dos dados da Tabela 8, observou-se que o índice de fluidez para o PP virgem foi de 40g/min (dado do Fornecedor), enquanto que para as amostras com fibra inserida no compósito juta (J/PP) obteve-se 17,2 g/min, e para o híbrido com nanotubo (J/PP/NCT), foi de 12,7 g/min., ou seja, com a adição da fibra ocorreu uma diminuição de 22,8% se comparado com o índice de PP puro, enquanto o híbrido com nanotubo de carbono mostrou uma redução de 27,3%. Durante o processo da análise do AIF das amostras

coletadas para o compósito com fibra compósito de juta (J/PP) os dados foram obtidos com o tempo de 6 segundos, enquanto que para o híbrido (J/PP/NCT), foi de 10 segundos.

Tabela 8: Valores Determinação do Índice de Fluidez do PP/Puro (Dado Fornecedor), compósito de juta (J/PP) e híbrido (J/PP/NCT)

Corpo de Prova	**Índice de Fluidez (g/10min)**
PP/Puro	40,0
J/PP	17,2
J/PP/NCT	12,7

Fonte: Própria, 2017

Como afirmado por AliSyed (2010), Sabu (2019), Fernandes (2017), Firmino (2017), Starr (2002), Soares (2014), essa técnica é comumente utilizada na indústria petroquímica, pois auxilia na otimização e no processo (extrusão e injeção) mais adequado para um determinado material.

A análise (AIF) fornece informações sobre o índice de fluidez, quanto maior o índice de fluidez menor é a viscosidade do polímero, tendo em vista que os valores de AIF tanto para o compósito com a inserção da fibra (J/PP) como para o híbrido com a adiação do nanotubo (J/PP/NCT), foram inferiores ao PP puro.

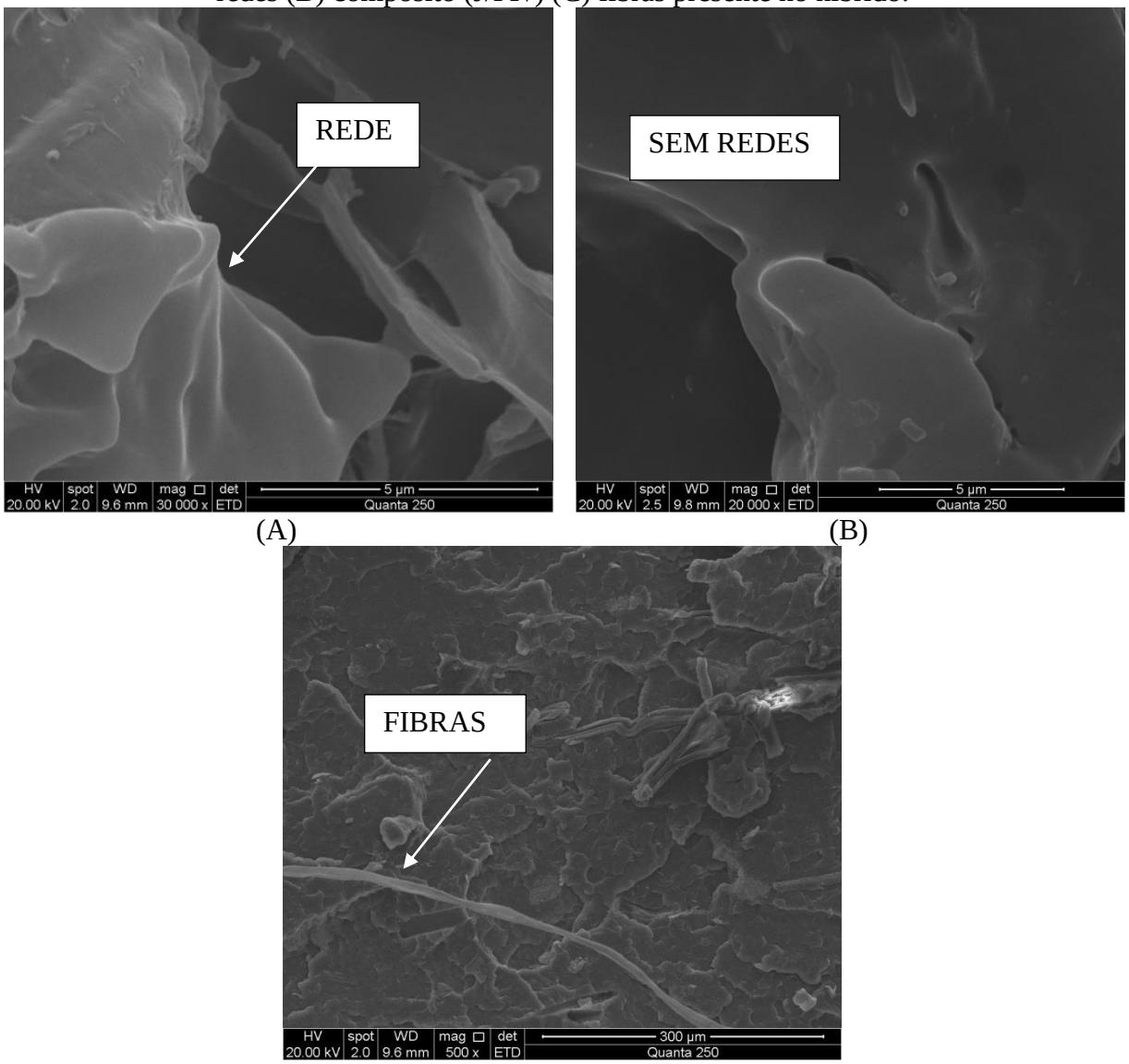
Quanto maior o índice de fluidez menor é a viscosidade do polímero, essa característica otimiza processos de moldagem por extrusão ou injeção, tendo em vista que os valores de |AIF tanto para o compósito com juta (J/PP) como para o híbrido com nanotubo (J/PP/NCT), foram inferiores ao do PP puro, indicando que o material tem sua maior aplicabilidade no processo tanto de Extrusão como de Injeção de acordo com os parâmetros de processabilidade mostrada abaixo (ALISYED, 2010).

↓Índice de fluidez (3,5 a 42g/m) = ↑viscosidade → Extrusão e Injeção

↑ Índice de fluidez (≥42 g/m) ↓ viscosidade →Injeção

Segundo Verma et al. (2016), Leal, et al. (2015), Wang (2016), os nanotubo são pequenos tudos com diferentes orientações que ao se depararem com a matriz, formam pequenas redes, pontos interligados com outros pontos, devido a esse comportamento característicos dos nanotubo, as propriedades de viscosidade do material é afetado, como pode ser visto na análise por MET a Figura 6, mostra as redes formadas pelo nanotubo.

Figura 6: Microscopia de Eletronica de Transmissão (MET) (A) híbrido (J/PP/NTC) com redes (B) compósito (J/PP/) (C) fibras presente no híbrido.



(A) (B)

(C)

Fonte: Própria, 2019

As resinas com Índice de fluidez inferior a 3,5 g/m, que apresentam maior viscosidade são mais sensível as mudanças de velocidade da rosca, pois o excesso de velocidade no processo pode causar degradação, provocando manchas escuras, marcas ou peças fracas podendo inferir no produto final, partindo desse príncipio para o compósito com Juta (J/PP) como para o híbrido com nanotubo (J/PP/NCT), mostrou índice de fluidez dentro dos limites de especificações, apresentando valores ideais para um bom processo industrial (FIRMINO, 2017).

Com a inserção tanto da Fibra como do NTC (nanotubo de carbono) resulta em alterações microestruturais tanto no compósito como para o híbrido, reduzindo a mobilidade

molecular, diminuindo o índice de fluidez, e consequentemente aumentando a viscosidade do material (KISHORE, 2018; VERMA, 2016; REZAUR, 2018).

4.1.3. Temperatura de Amolecimento (VICAT)

A temperatura de amolecimento (VICAT) foi realizado com o intuito de se obter informações do desempenho dos compósitos PP/Puro, (J/PP) e (J/PP/NTC) a altas temperaturas.

De acordo com a Tabela 9, observa-se que o compósito apresentou uma temperatura de Amolecimento (Vicat) 141,15°C, enquanto que o PP/Puro apresentou Vicat (129,15°C) ou seja aumentando 12% com a adição da fibra, e 12,1 % com o acréscimo do nanotubo de carbono.

Tabela 9: Temperatura de Amolecimento (°C), PP puro, J/PP e J/PP/NCT

PP puro (°C)	J/PP (°C)	J/PP/NCT (°C)
129,1	141,15	141,16

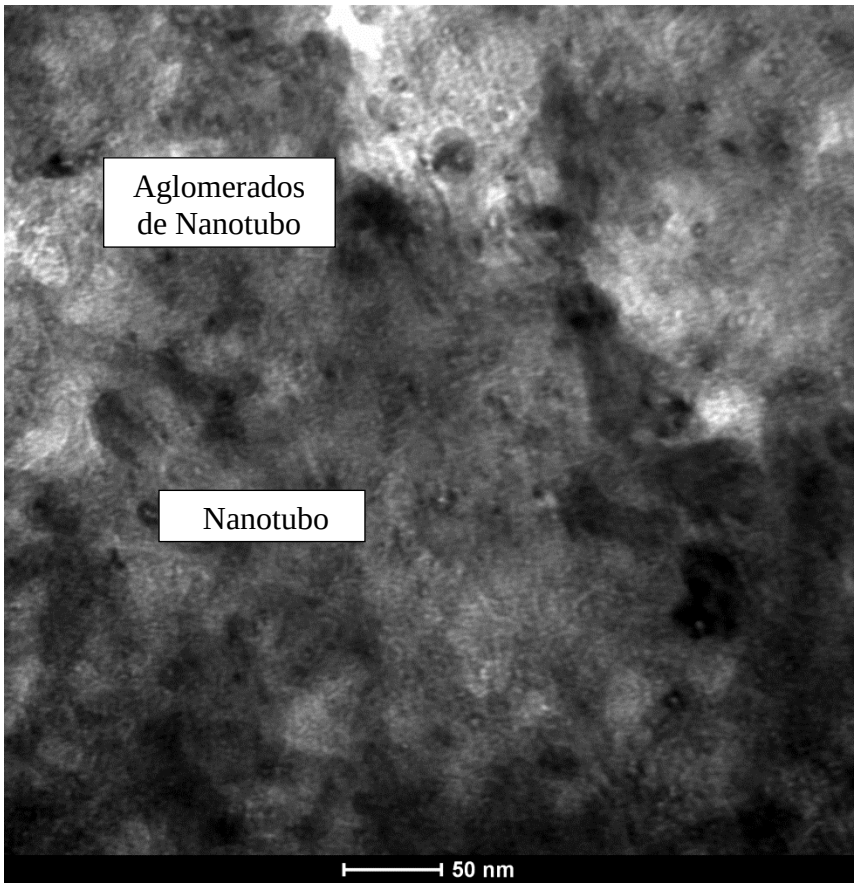
Fonte: Própria, 2019

De posses dos dados da Tabela 9, pode se afirma que o híbrido (J/PP/NTC) não teve um ganho significativo de temperatura de amolecimento (VICAT). A forte interação entre as cadeias poliméricas com o aumento da densidade, leva um aumento da resistência do polímero a temperaturas elevadas, pode se afirmar que a interação entre a fibra e o nanotubo não foram tao eficiente, em contra partida, observa-se um aumento de temperatura VICAT, para o compósito de Juta (J/PP), que pode evidencia uma boa interação entre a fibra de Juta e o PP, isto pode justificar o aumento da temperatura (VICAT) (BLEDZKI, 2015; CANEVALORO, 2002; PAILLOR et a., 2019; PERKINS, 1976; WANG, 2018).

4.1.4. Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) do Híbrido J/PP/NTC

Nas micrografias realizadas no Híbrido (J/PP/NTC) analisada por (MET) observa-se os nanotubo de carbono na superfície, apresentam-se com formato cilíndrico com pequenos tubos esféricos com tendência a forma pequenos aglomerados, como se pode verificar na Figura 7, o padrão de distribuição de tamanho das particulas aleatórias , porém agrupados.

Figura 7: Imagem por MET do compósito híbrido J/PP/NTC.



Fonte: Própria, 2019

De acordo com Albooyer (2019), Leal (2015), a Figura 8, ilustra as regiões mais escuras e mais claras que denotam regiões de altas e baixas concentrações de NTC e distribuída em toda a matriz polimérica, também observa-se pequenos tubos com diferentes orientações formadas por folhas de grafeno, disposto na matriz, isso caracteriza um comportamento de NTC, presente no híbrido (J/PP/NTC).

4.2. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (ATG/ATG)

4.2.1. Análise Termogravimétrica do Compósito de juta (J/PP) e Híbrido (J/PP/NTC)

As técnicas de ATG/ATD foram utilizadas para avaliar a estabilidade e a decomposição térmica dos compósitos com fibra de Juta, e híbridos com nanotubo de carbono, obtidos em função da perda de massa, quando submetido a uma variação de temperatura.

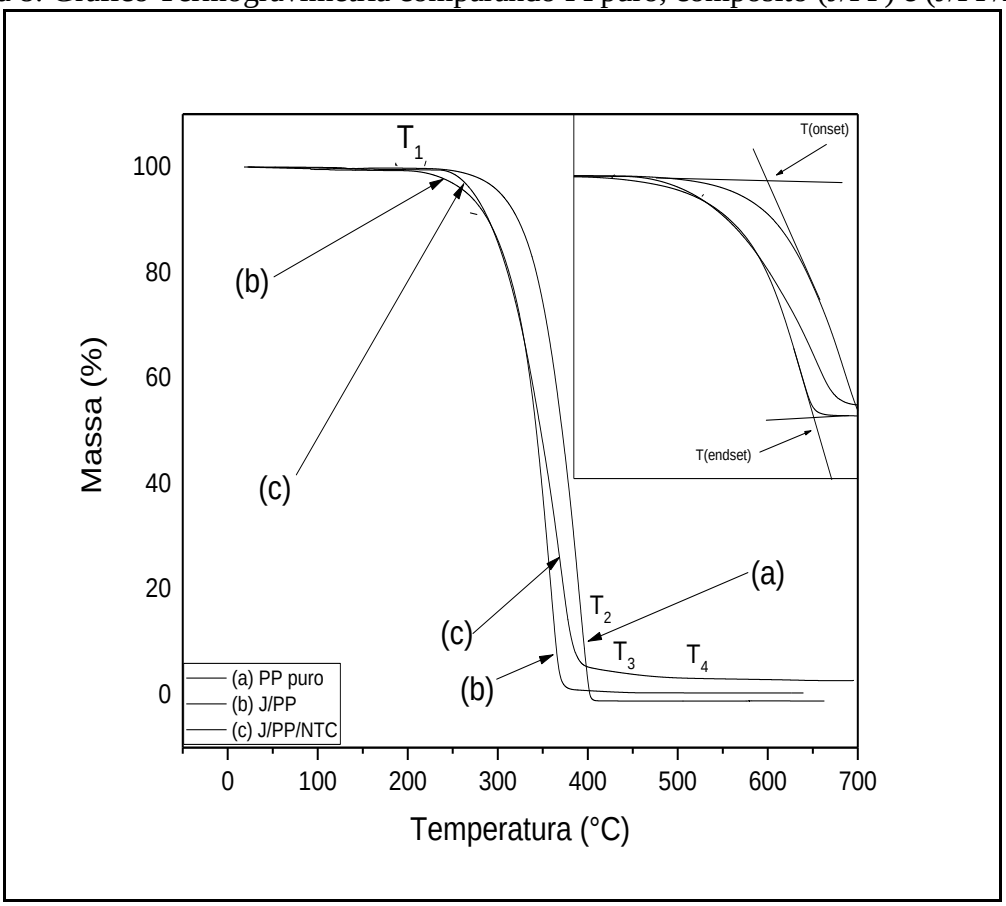
A Tabela 10 foi retirada da Figura 8, e apresenta os valores de início e térmio da degradação térmica através das temperaturas disposta na Tabela 10, como também a perda de massa total.

Tabela 10: Características Térmicas PP puro , compósito J/PP e Híbrido J/PP/NTC

Compósito	T_1 °C	T (onset) °C	T(endset) °C	T_2 °C	T_3 °C	T_4 °C
PP puro	234,4	295,7	400,2	406	444	681
J/PP	208,4	249,2	370,1	377	439	693
J/PP/NTC	234,1	260,8	386,9	394	445	610

Fonte: Própria, 2019

Figura 8: Gráfico Termogravimetria comparando PPpuro, compósito (J/PP) e (J/PP/NCT)



Fonte: Própria, 2019

A Figura 8 apresenta uma comparação entre as curvas de análise termogravimétrica do PP puro, Compósito de juta (J/PP), Híbrido (J/PP/NCT). Foi delimitada as quatros regiões com suas alterações na curvatura das curvas como dispostos no gráfico.

É possível visualizar as 4 temperaturas que fazem a interseção de duas áreas visivelmente alteradas nas curvas. Em T_{onset} evidencia o início da taxa de degradação máxima, para o polipropileno (PP,), compósito com juta (J/PP) e o híbrido com nanotubo de carbono (J/PP/NTC) respectivamente 295,7, 249,2°C, 260,8°C., como esta disposto na Tabela 10.

Para o PP puro ocorreu uma perda de massa de 97,64% até alcança a temperatura 400°C. Para o compósito com inserção da Juta, a perda de massa de foi de 97,0%, enquanto o híbrido com nanotubo de carbono, apresentou uma perda de massa de 99,64%.

Observa-se as curvas entre T_2, T_3 e T_4 que representam uma relativa diferença entre as temperatura T_{endset}, que representa a temperatura final de degradação térmica para cada composto. Para o PP puro a porcentagem de perda de massa é zero para T_{endset} =400°C. Já para o compósito de juta (J/PP) na T_{endset} 370°C, apresentou perda de massa de 0,8%. Para o resultado referente ao híbrido a T_{endset} foi de 386% com perda de massa de 5,8%.

A partir do instante que a curva atinge o patamar estável de perda de massa versus temperatura, aproximadamente a temperatura de T_4 de 528°C, nota-se a porcentagem de resíduo de massa com uma diferença significativa entre PP puro, compósito com Juta (J/PP) e o híbrido com nanotubo de Carbono (J/PP/NTC), respectivamente (0,0%, 1,2%, 3,7%) a diferença de porcentagem de massa, ocorre devido a carga tanto de fibra de juta, como de Nanotubo de carbono, presente no compósito, é possível perceber que a temperatura de degradação da carga de nanotubo de carbono (NTC) é extremamente elevada, pois a temperatura máxima de ensaio (700°C), não foi possível observar nenhuma curva referente à degradação do nanotubo de carbono (NTC.) A Tabela 11 representa as temperaturas com as respectivas porcentagem de perdas de massa, como os resíduos.

Tabela 11: Temperatura porcentagem (%) de Massa degradada

Amostra	Temperatura $T_{(onset)}$ °C	% Massa degradada	Temperatura $T_{(endset)}$ °C	% Resíduo	Temperatura T_4	% Resíduo
PP puro	295,7	97,7%	400,2	0.0%	607	0,0%
J/PP	249,2	97,0	370,1	1,2%	607	0,6
J/PP/NTC	260,8	97,6%	386,9	3,7%	605	2,3

Fonte: Própria, 2019

Para o compósito com Juta (J/PP) e para o híbrido com nanotubo (J/PP/NTC) observou-se resíduo (0,6%) e (2,3%) respectivamente, isto porque a fibra de juta e apresenta uma certos resíduos ao final do processo, e o nanotubo de carbono, são compostos resistêntes

a altas temperaturas, conforme pode ser visto na Tabela 11 (ALBOOYER, 2019; BOCCARDI, et al. 2019; BELLMANN, 2005).

De acordo com a Tabela 12, foi retirada da Figura 8 onde se observa as diferenças de decomposição dos Constituintes do compósito como a fibra de Juta e dos grupos funcionais do Nanotubo de Carbono.

Tabela 12: Temperatura de degradação dos constituintes do J/PP e J/PP/NTC

Temperatura de Degradação (°C) do J/PP, J/PP/NTC	Componentes	Temperatura de Degradação (°C) de trabalhos anteriores	Referência da Literatura
100	Umidade	40 a 100	Souza (2017)
370 a 386	Lignina	350 a 450	Hasan (2019)
255	Celulose	254 a 323	Mohammad(2019)
255	Hemicelulose	254 a 323	Spadeti (2017), Guo (2019)
550	Grupos Funcionais do Nanotubo de Carbono	150 a 550	Wang (2018) e Tsukara (2008)

Fonte: Própria, 2019

Segundo Ishizaki (2006), Pickering (2016), Allamraju (2018), Hasan (2019), com a incorporação da fibra de juta na matriz (J/PP) ocorre a restrinção da movimentação das cadeias moleculares localizadas na região interfacial, promovendo um material com maior rigidez, um outro fator que contribui para esta mudança na estrutura do material, é a diferença entre os coeficientes de expansão térmica dos constituintes dos compósitos.

Não ocorreram ganhos significativos na estabilidade térmica da matriz polimérica ao adcionar a fibra de juta, porém houve redução da perda de massa dos compósitos mediante a incorporação da fibra, e observou-se uma melhoria na resistência a altas temperaturas.

Com a adição do nanotubo de carbono (NTC) em uma dispersão considerável permite o aumento da estabilidade térmica do material, uma vez que se espera uma melhora nas temperaturas iniciais de decomposição do híbrido, uma vez que os nanotubo de carbono (NTC) atuam como isoladores e como transporte de massa, funcionando como uma barreira para os produtos volatéis gerados durante a decomposição, isto justifica o fato do híbrido com nanotubo de carbono (J/PP/NTC) apresenta uma temperatura inicial de degradação T_{ondset} =260°C maior relacionado ao compósito com fibra de juta onde sua T_{ondset} =249°C (J/PP), entretanto ao comparar a análise do PP puro, houve uma redução da temperatura de degradação, sugerindo que a dispesão não foi tão eficiente, o que explica os resultados de tração ineficiente (XIAO et al., 2019).

4.2.2 Análise de Termogravimetria Derivada (ATD) do Compósito (J/PP) e do Híbrido (J/PP/NTC)

A Tabela 13, foi tirada do Figura 9 e, esta dispostos os picos do PP puro, do compósito com juta (J/PP) e do Híbrido com nanotubo (J/PP/NCT) como também a diferença de temperatura entre os picos representados pelo ΔT.

Tabela 13: Valores da Curva ATD, para o compósito de Juta (J/PP) e o híbrido com nanotubo de carbono (J/PP/NTC)

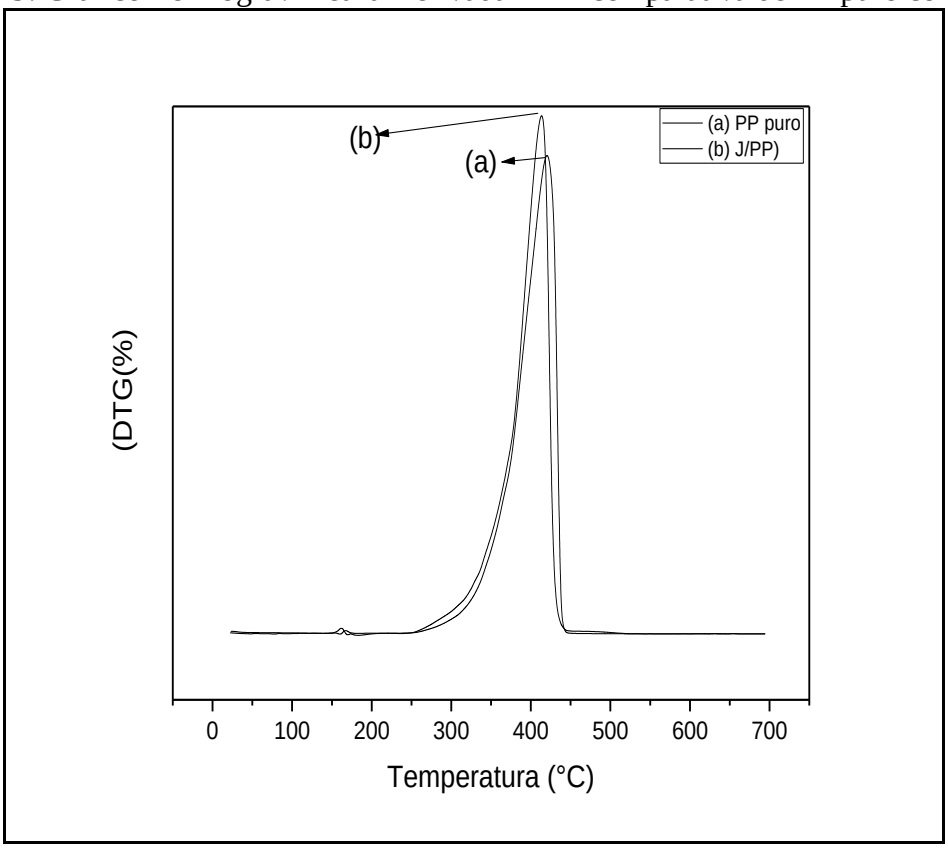
Compósito	T_{pico}°C
PP puro	421
J/PP	412
J/PP/NTC	368

Fonte: Própria, 2019

As curvas ATD sobrepostas do PPpuro e do compósito de Juta (J/PP) apresentam estágio de decomposição semelhantes, pois ambos ocorreram baseada em um processo de decomposição térmica de perda de massa que aconteceu em uma única etapa, entretanto apresentou uma pequena diferença entre as alturas dos picos, pois para o PP puro notou-se um pico menos acentuado com um valor de variação de taxa máxima T_{pico} = (421°C) enquanto que o compósito com Juta (J/PP) mostrou um pico mais acentuado $T_{máxima\ pico}$ = (412°C).

O compósito com inserção de juta, mostrou um pico relativamente maior se comparado com o pico do PP puro, ambos mostraram comportamento exotérmico.

Figura 9: Grafico Termogravimetria Derivada ATD comparativa do PP puro com J/PP

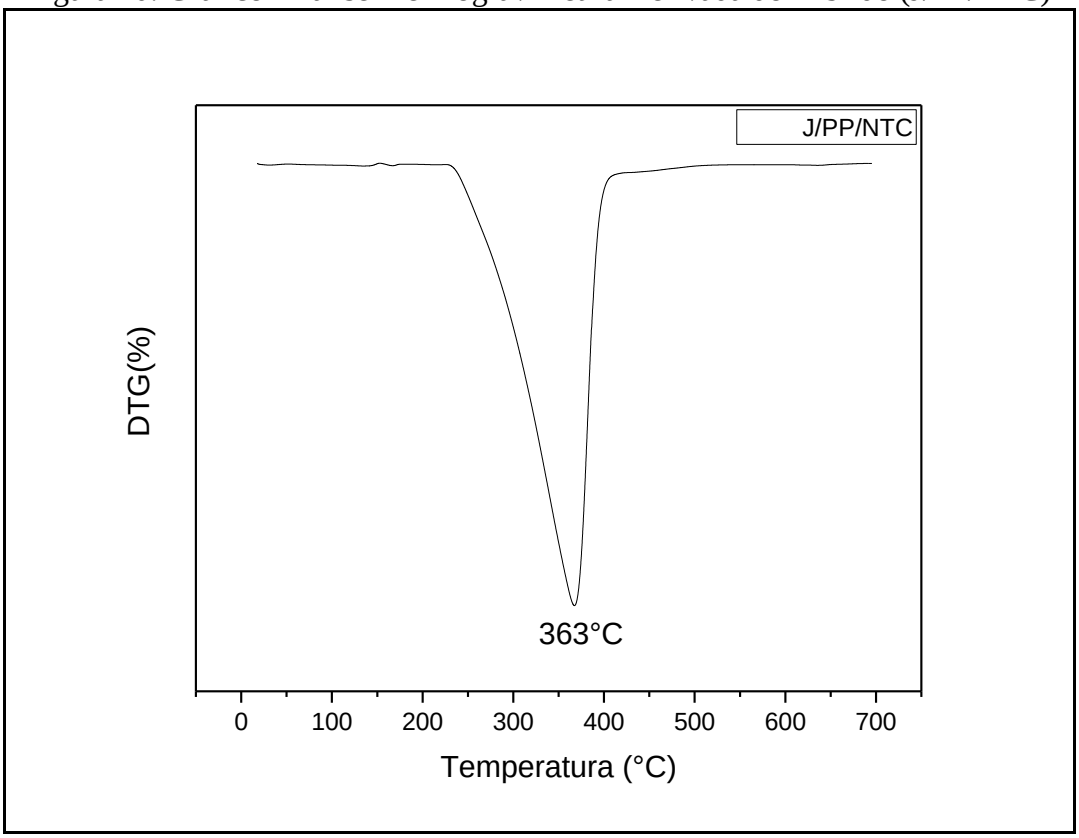


Fonte: Própria, 2019

Baseado em Mohammad (2019), Rahmandouts (2016), Storpirtis (2009), Souza et al (2017), pode se inferir que a incorporação da fibra reduziu a porcentagem de perda para o compósito de juta (J/PP), entretanto para o PP puro, apresentou uma maior alargamento do pico, mostrando que houve uma maior perda de massa, verificou-se que o pico do compósito com Juta (J/PP) é maior que o pico PP puro, isto pode ser justificado devido a incorporação da fibra de juta, que diminui a mobilidade molecular e consequentemente diminui a energia cinética do material.

A Figura 10 representa a Termogravimetria Derivada no composto Híbrido, pode se observa o evento endotérmico com o valor de 363°C, baseado em composição térmica com variação de perda de massa, que ocorreu em uma única etapa.

Figura 10: Gráfico Análise Termogravimetria Derivada do Híbrido (J/PP/NTC)



Fonte: Própria, 2019

Verificou-se que a perda de massa deu-se início entre as temperaturas 230°C a 550°C, isto pode ser atribuída a decomposição de grupos cabrboxila na superficie do nanotubo de carbono. A curva apresentou um comportamento endotérmico devido a oxidação do nanotubo de carbono, que é um processo de absorção de calor atribuída as ligações químicas entre os grupos funcionais do nanotubo de carbono e os componentes da fibra observa-se que o valor da curva endotérmica para o híbrido com nanotubo (J/PP/NTC) é de 363°C, inferior aos picos do PP puro que apresentou resultado de 421°C e o do compósito de Juta mostrou 412°C, pois de acordo com a literatura quanto maior o valor do pico, menor é a energia cinética (ALBOOYER, 2019; STORPPIRTIS, 2009; TSUKAHARA, 2008;WANG, 2018).

4.3. CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DED)

4.3.1. Calorimetria Exploratória Diferencial do Compósito (J/PP) e do Híbrido (J/PP/NTC)

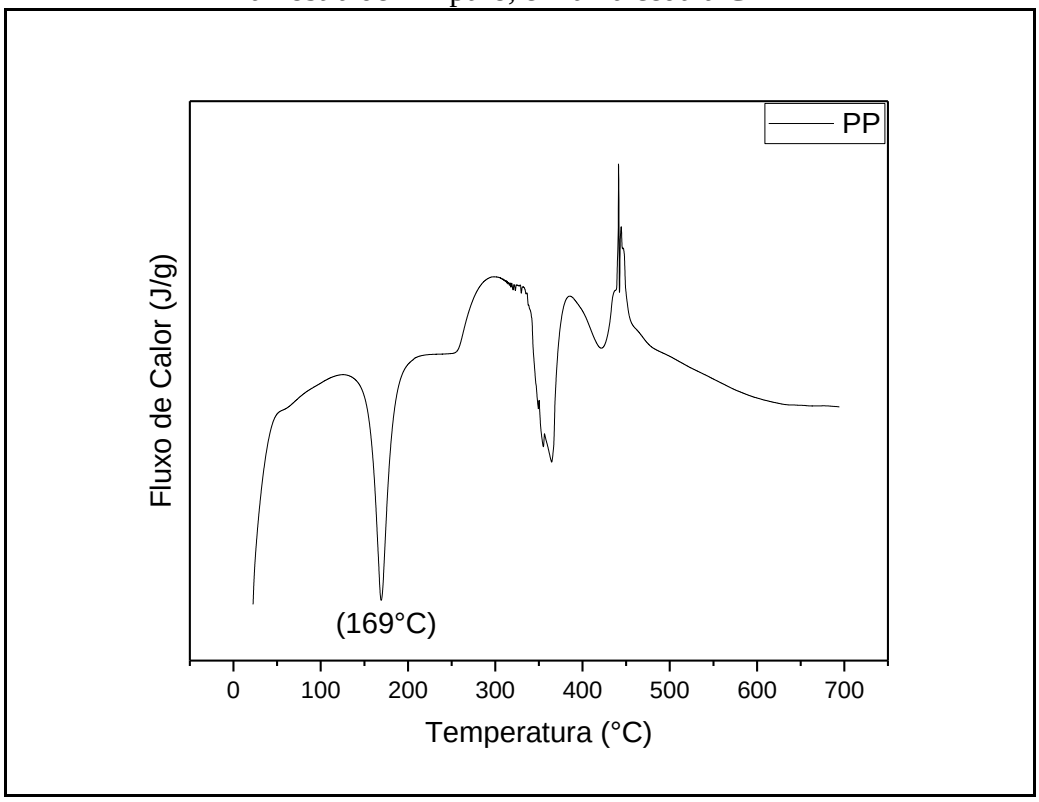
Os parâmetros térmicos obtidos atráves das curvas foram retiradas do Figuras 11 e 12 conforme a Tabela 14 foi possível verificar os picos de temperaturas cristalina (Tm) como também ás entalpias ΔH (entalpias) e XC (grau de cristalinidade) respectivamentes.

Tabela 14: Extraído da Curvas de (CED) do PP puro ,Compósito de juta (J/PP)e do Híbrido (J/PP/NTC)

Amostras	Tm (°C)	ΔH (J/g)	X_C %
Puro	169	110,2	60,32
J/PP	168	84,3	47,62
Híbrido	168	87,1	49,15

Fonte: Própria, 2019

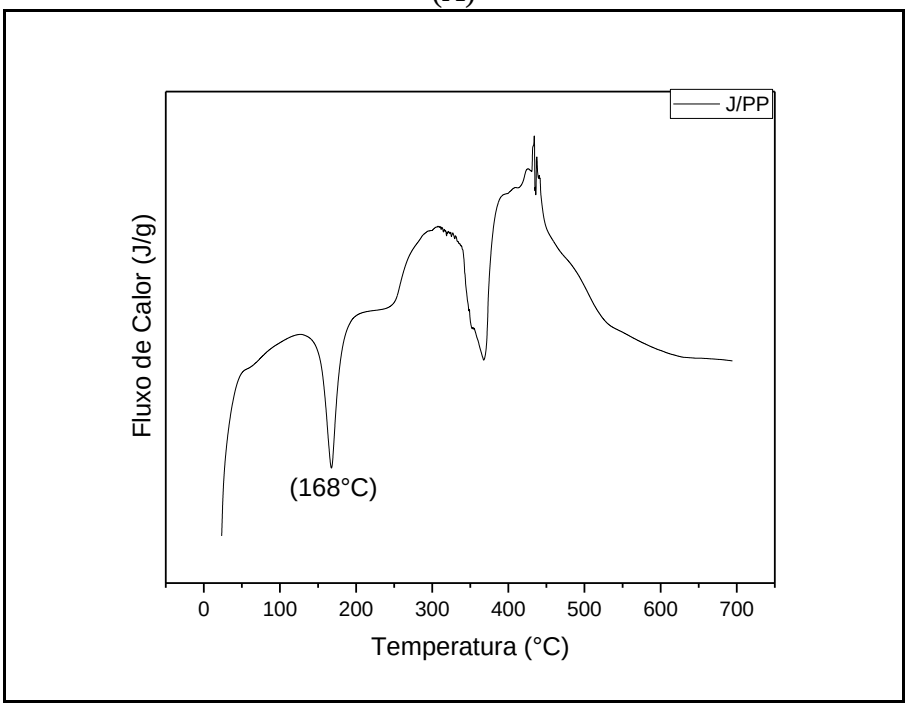
Figura 11: Gráfico Curvas CED obtidas a 10°C/min e sob atmosfera dinâmica de N_2 de uma amostra de PP puro, em uma cédula CED



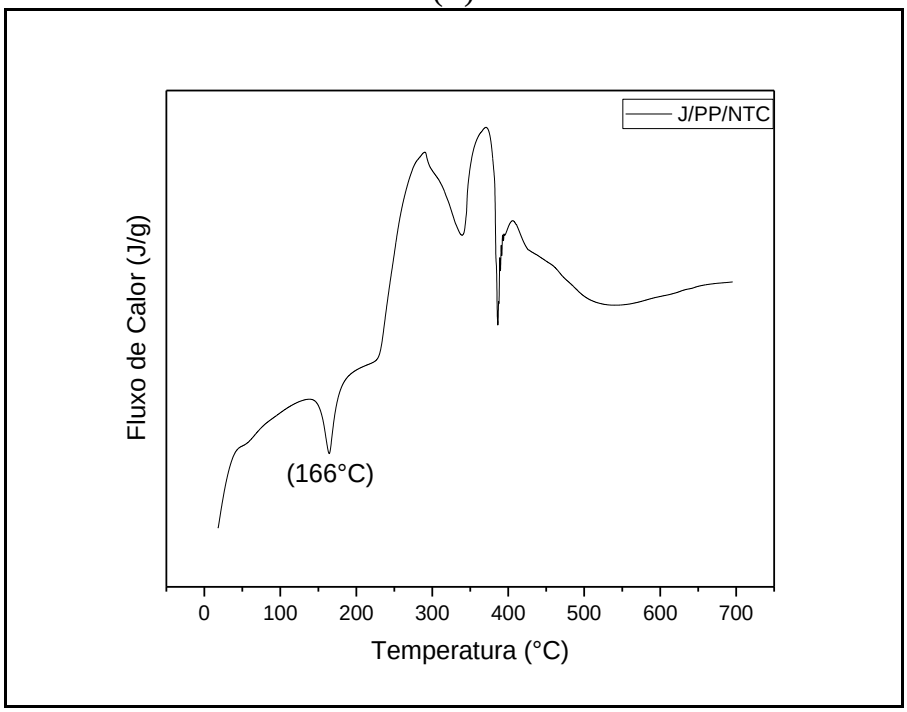
Fonte: Própria,2019

Figura 12: Gráfico Curvas CED obtidas a 10°C/min e sob atmosfera dinâmica de N_2 de uma amostra de (A) J/PP, e (B) J/PP/NTC,em uma cédula CED

(A)



(B)



Fonte:Própria, 2019

Observou-se que quanto menor for a razão de aquecimento mais agudo e intenso o pico de fusão, no entanto, a altas razões de aquecimento alargam a forma do pico, este comportamento foi comum para todos os componentes analisado PP puro, para o compósito

de juta (J/PP) e para o híbrido com nanotubo (J/PP/NTC), isto é justificado devido o alcance das temperaturas de degradações dos compostos (BERNAL, 2002).

Os eventos que ocorreram na ATG foram confirmados paralelamente pela técnica (CDE). A liberação da água e substâncias mais voláteis presente na matriz polimérica é evidenciado por picos endotérmicos, entre as temperaturas 100°C à 220°C, observa-se que a curva ascendente notada a partir de de 360°C apresenta-se altamente exotérmica, e esta relacionada às quebras de ligações duplas e rompimento das cadeias poliméricas (BAJPAI, 2019).

Observa-se que os picos do gráfico 4 e 5, referente ao compósito de juta (J/PP) e o híbrido com nanotubo (J/PP/NTC) são mais alargados a partir de 360°C para o compósito de juta (J/PP) e para o híbrido (J/PP/NTC) a partir de 230°C são atribuídos a perdas dos grupos funcionais acoplado no NTC, enquanto que para o compósito de juta (J/PP) é devido a degradação da celulose, hemicelulose e lignina. Portanto, o (CDE) mostra que a retirada desses grupos presente nas matrizes polimérica, juntamento com rompimento de anéis esta relacionado com maior liberação de energia , isto se confirma pelo o comportamento das curvas Termogravimétrica derivada (ATD) (ROYA, 2019; BAJPAI, 2019).

Estudos com compósitos de PP reforçados com bagaço de cana de açuca, argila, fibra de Juta na matriz polimérica (PP+20% PP-g-AM). apontaram que a temperatura de fusão não teve alterações significativas, pesquisas com compósitos de polipropileno e bentonita organofílica encontraram temperatura de fusão cristalina T_m entre 157 e 163°C, entretanto foi observada uma redução significativa da entalpia de fusão ao introduzir a fase dispersa no compósito (LÍBANO, 2012; PAIVA, 2016; SABU, 2019; SANJAY,2016).

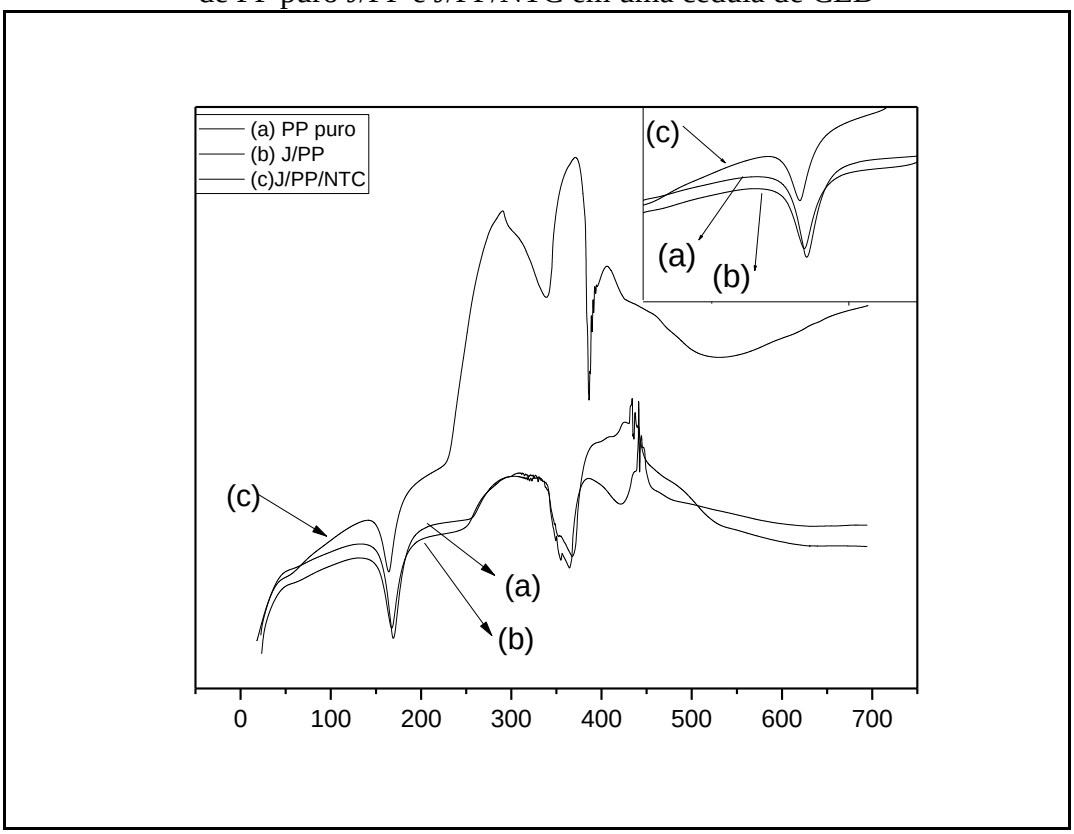
Notou-se que com a inserção do Nanotubo de carbono na matriz polimérica, não houve influência significativa no valor da T_m, portanto, comportamento similar foi encontrado em alguns materiais compósitos com nanotubo de carbono utiluzando a matriz PP. As análises térmicas do Híbrido com matriz PP contento vidro e nanotubo de carbono, também mostraram que a adição do nanotubo não provocou alterações significativas na temperatura de fusão cristalina dos compósitos que se manteve entre 165°C e 166°C. Um outro trabalho com nanocompósito de polipropileno com um polímero revestido de nanotubo de carbono de várias camadas e uma pesquisa realizada sobre o endurecimento sinergético de nanotubo de carbono como um agente de nucleação em polipropileno, observou comportamento térmico semelhante (WANG, 2018; ALBOOYEH ,2019; XIAO, 2019).

As diferenças das entalpia nas variações da transição endotérmica em torno de 168°C e 169°C dos compostos PP puro,do compósito de juta (J/PP) e do híbrido com nanotubo

(J/PP/NTC) respectivamente foram (110,2 J/g, 84,3 J/g, 87,1J/g é atribuída a uma diminuição da cristalinidade da matriz a consequência da interação fibra matriz e nanotubo (LÍBANO, 2012; XIAO, 2019).

De acordo com a Figura 13 observa-se no gráfico os picos de cristalização são deslocados a temperaturas levementes menores do que o polipropileno puro em ambos os casos, isto pode ser justificado devido a presença da fibra de juta e do nanotubo de carbono, que deslocarm suavemente as temperaturas. Esses comportamentos sugerem um efeito nucleador tanto das fibras quanto do nanotubo de carbono sobre a matriz polimérica (ROTHON, 2017; WANG, 2016; XIAO, 2019).

Figura 13:Gráfico CED obtida a 10°C/ min e sob atmosfera dinâmica de N_2 de uma amostra de PP puro J/PP e J/PP/NTC em uma cédula de CED



Fonte: Própria, 2019

Segundo Paiva (2016), Boccardi (2019), Guo (2019), Franciszcak (2018), uma justificativa para a redução significativa da entalpia de fusão ao introduzir a fase dispersa do compósito (juta e nanotubo de carbono) é que na interface entre a fibra e a matriz pode ter sido formada por uma camada com cristalinidade diferente a qual pode ser conhecida como a camada transcristalina, e isto pode ocorrer ao longo da fibra que esta em contato com a

matriz, como consequência origina-se uma fase cristalina heterogênia, isto aponta uma leve diminuição na cristalinidade do compósito J/PP.

Para o híbrido com nanotubo de carbono (J/PP/NTC) notou-se um pequeno aumento da cristalinidade devido o efeito nucleante e formação de pequenos esferulitos, se comparado com o compósito de juta (J/PP), porém ainda se oberva uma diminuição da cristalinidade considerável do híbrido com nanotubo (J/PP/NTC) se comparado com o grau de cristalinidade do PP puro, isto pode ser atribuído devido a inserção da fibra que provocou o aumento da taxa de nucleação que favoreceu a formação de pequenos esferulitos, causando a diminuição da cristalinidade . Um outro fator que pode ter afetado a formação de maiores esferulitos e a diferença entre as dimensões enquanto a fibra esta em escala macromolecular, o nanotubo esta em nanomêtros, pode-se inferir na formação dos cristais (KHAN et al., 2018).

5.1 ESPECTROMETRIA DE ENERGIA DISPERSIVA DE RAIO-X (EEDR)

5.1.1. Espectrometria de Energia Dispersiva de Raio-X (EEDR) do Compósito (J/PP) e do Híbrido (J/PP/NTC)

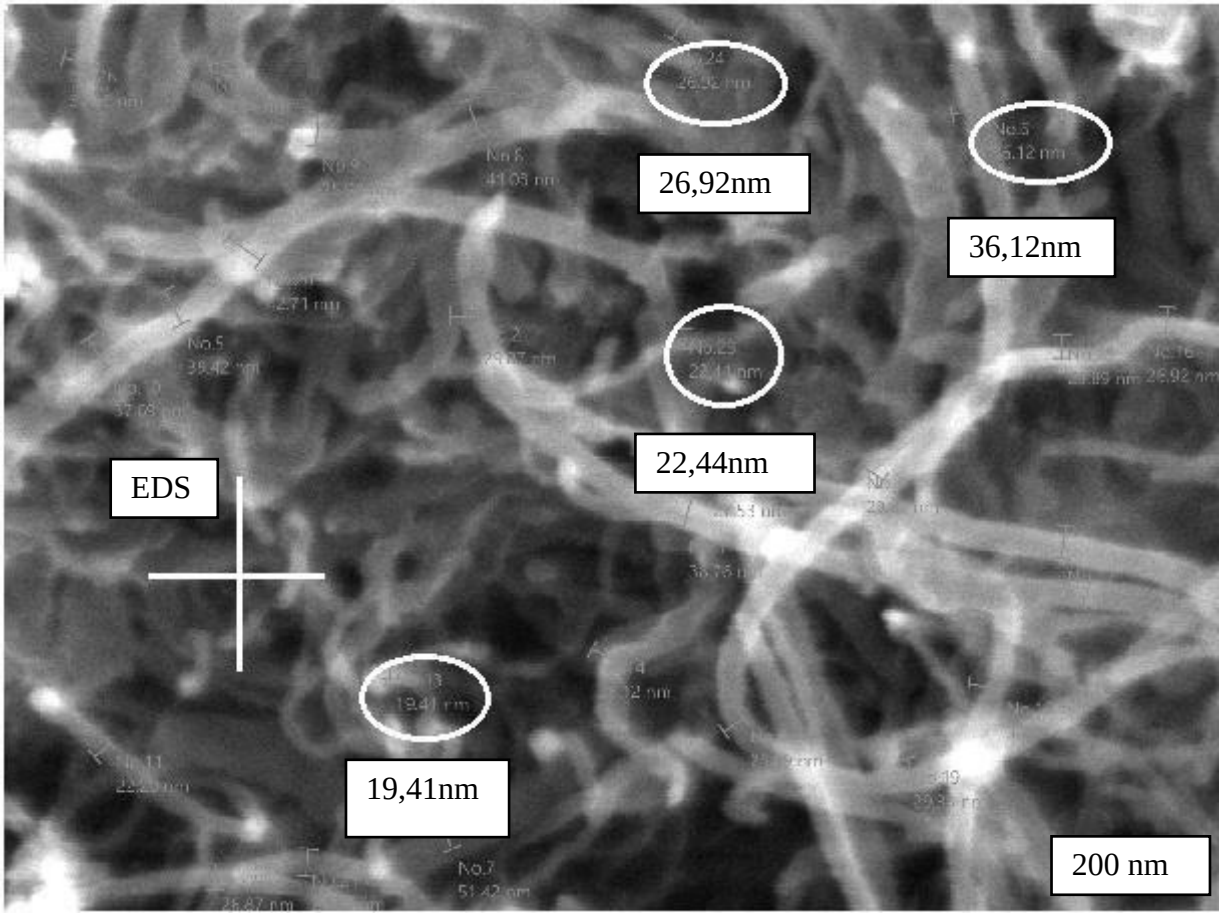
Os resultados a seguir são da amostra de nanotubo de carbono (NTC) onde foi possível quantificar e qualificar os elementos contido no (NTC).

De acordo com Rabello (2000) um bom nucleante deve ser bem disperso (5 µm), e serem aplicados com uma concentração de ate 0,5% , baseado nesse aspecto, e segundo os dados por EEDR, pode se notar que os nanotubo de carbono observados na Figura 14 apresentam mediçoes em nanometros que são a milésima parte do micromêtro, com bases nessas informações.

Os dados obtidos por EEDR confirmam de forma qualitativa a presença do nanotubo de carbono, os dados foram obtidos em um ponto como mostrado na Figura 14, O resultado da razão da porcentagem atômica dos elementos como mostrado na Tabela 15 resultados semelhantes foram encontrados por Kathi et al. (2008) e Senthilkannan (2019).

Na Figura 14, identifica os comprimentos dos nanotubo de carbono, nota-se que existe uma cruz (+), onde foram realizado o EEDR.

Figura 14: Comprimentos dos Nanotubo de carbono funcionalizado



Fonte: Própria, 2019

A composição do nanotubo de Carbono, por EEDR consistiu em carbono e oxigênio, resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues (2011) como pode ser observado na Tabela15, os ensaios foram realizados seguindo os parâmetros da celeração de voltagem 15,00, com magnificação 600 vezes, no tempo de 30 segundo como se verifica na Tabela 15

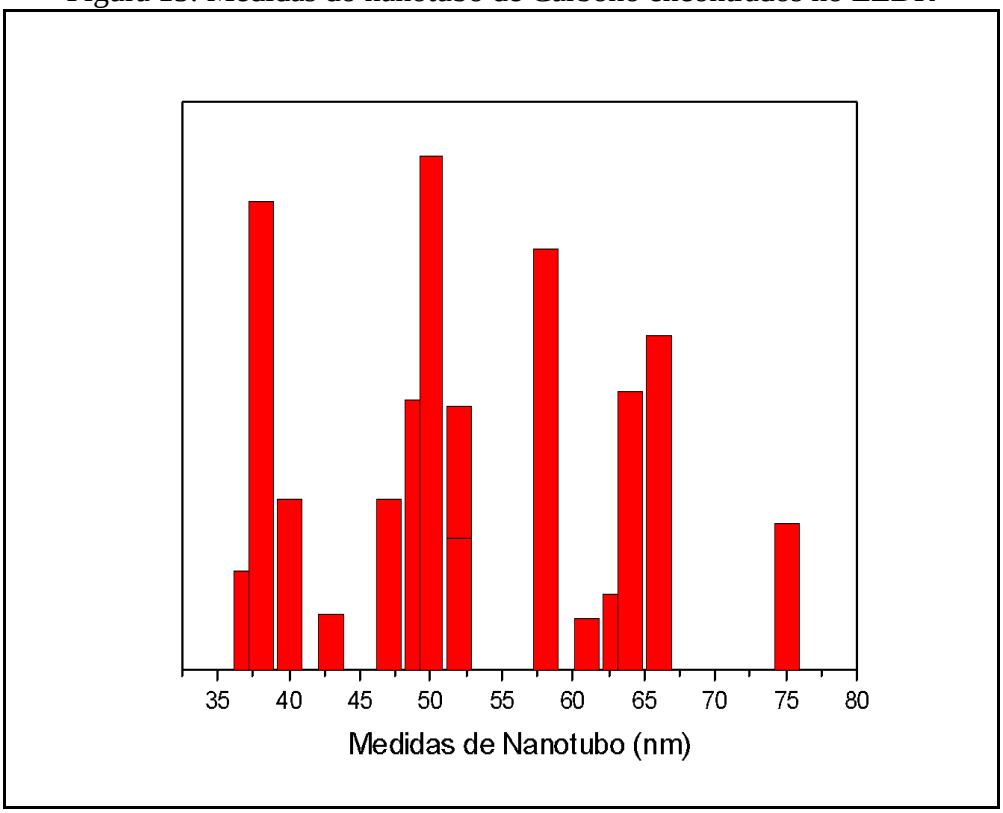
Tabela 15: Concentração dos elementos químicos obtidos por EEDR obtidos do Nanotubo de Carbono Funcionalizado

Elemento	Massa%/Desvio padrão	Atomo%/Desvio Padrão
C	93,41 ± 0.13	95.41 ± 0,13
O	5,66 ±0,12	4,34 ± 0,09

Fonte: Própria, 2019

A Figura 15 mostra a distribuição do diâmetro de cada nanotubo de carbono, que foi medido no EEDR.

Figura 15: Medidas do nanotubo de Carbono encontrados no EEDR



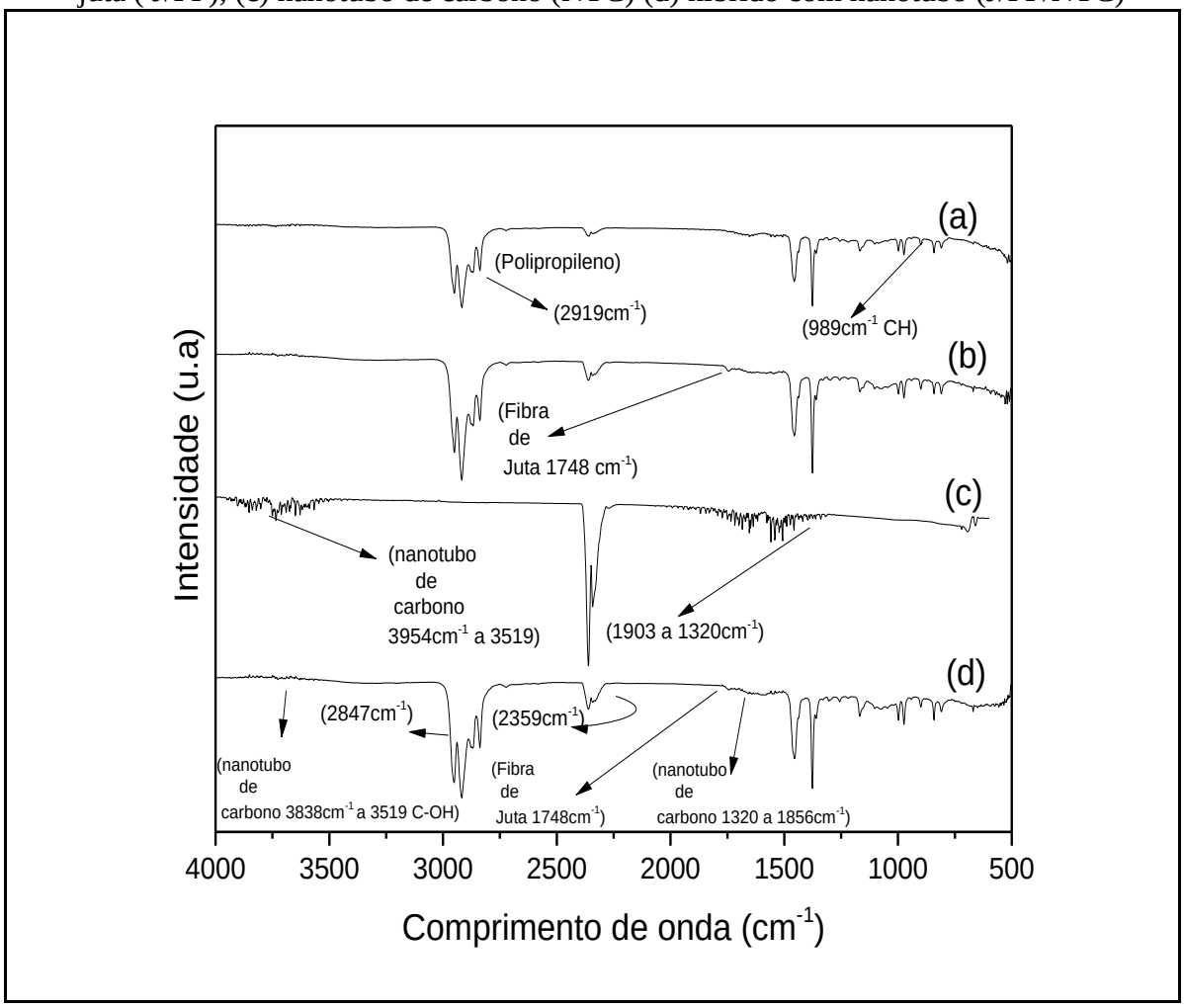
Fonte: Própria, 2019

6.1 RADIAÇÃO NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (RITF)

6.1.1 Radiação no Infravermelho por Transformada de Fourier (RITF) do Compósito (J/PP) e Híbrido (J/PP/NTC)

A Figura 16 apresenta o Gráfico com os espectros que são os constuintes dos grupos característicos do Polipropileno, fibra de Juta como também as bandas de absorção do nanotubo de carbono (NTC) através dos espectros vibracionais e os estiramentos obtidos por espectroscopia de absorção na radiação do Infravermelho com transformada de Fourier (RITF).

Figura 16: Gráfico: Espectro do Infravermelho do (a) poliptopileno (PP), (b) compósito com juta (J/PP), (c) nanotubo de carbono (NTC) (d) híbrido com nanotubo (J/PP/NTC)



Fonte: Própria, 2019

Para o espectro Polipropileno (PP) pode se observar nos espectros a presença clara das bandas características do PP, notou-se na região de tramitância correspondente ao estiramento do grupo CH que ocorre entre 2919 cm^{-1} a 989 cm-^{1} cadeias de hidrocarbonetos com comprimentos de ondas muitos próximos (CH_2 e CH_3) (SILVERSTEIN, 2006; BLEDZI 2015; DAMIN, 2016).

O compósito juta (J/PP) mostrou os picos de absorção típicas 1748 cm^{-1} a 1761 cm^{-1} atríbuído ao carbono aromático, lignina com bandas de vibração C=O. Em trabalhos anteriores que usaram cargas fibrosas como Fibra de Juta, Curuai, Abacaba utilizando a matriz polipropileno (PP), foram observadas as mesmas bandas normalmente encontradas em

espectros de RITF de fibras lignocelulósicas (BLEDZI,2015; GUO,2019; PINPATHOMRAT et al., 2016).

Para o espectro de infravermelho do híbrido com nanotubo de carbono (J/PP/NTC), pode se observar as bandas (3838 a 3519 cm^{-1}) indica vibrações caracteristicas das interações C-OH, características da oxidação no nanotubo de carbono (BARBOSA, 2007; YUDIANT, 2011; PIZZIOTOLA, 2011).

A integridade da estrutura hexagonal do nanotubo de carbono no híbrido com nanotubo (J/PP/NTC) foi confirmado na bandas entre em 1320 a 1856 cm^{-1}, mostrando a existência de dupla ligação de carbono (C=C), isto elucida a presença de nanotubo de carbono no espectro do híbrido com nanotubo (J/PP/NTC), entretanto esta banda foi de baixa intensidade devido a absorvância de C=C indica a oxidação do carbono.

Nas bandas 1783 cm^{-1}, sugere a presença de grupos como carboxílico (COOH) característica exclusiva da funcionalização (C=O), indicando a expansão da carboxilação nas superficies do NTC devido a funcionalização. Os espectros do híbrido (J/PP/NTC) obtiveram bandas de interações carbono com os grupos CH, CH_2, CH_3 com respectivos números de onda 2847 cm^{-1} e 2359 cm^{-1} estas bandas sugerem as interações típicas do polipropileno (PP) como já esperado (YUDIANT, 2011; SHOKRIEH, 2017; WANG ,2018).

A Tabela 16 mostra os tipos de vibração, a banda de transmissão e as principais observações em todos os três espectros formados.

Tabela 16: Principais bandas, vibrações e estiramento encontrado no espectro

Grupo	Tipo de Vibração	Banda de Transmissão (cm^{-1})				Observações
		Teórica (cm^{-1})	Tipo de Material			
			PP puro Frequência (cm^{-1})	Juta/PP	Híbrido	
C-H	Estiramento Assimétrica sp^3	3300 a 2750	2919	-	-	Correspondente ao grupos CH_3 e CH_2 que possuem vibração na mesma região para PP puro
C-H	Banda de cadeia longa	1375-2365	2364			CH_3 3 CH_2
C-H	Dobramento	1465-1370	1443	-	-	Corresponde ao CH_2
C-H	Dobramento	1380-1370	1370	-	-	Corresponde ao grupo CH_3
C-H	Dobramento	720-1170	1165			Corresponde ao CH, cadeia longa aberta
C-H-O	Estiramento sp^3assimétricaCH	4000-2500	-	2932	-	Grupo Hidroxila e CH, Aldeído
C-O-H	dobramentoo sp^3 assimétrico	2270-1940		2352		Aldeído
C=O	Estiramento	1850-1630	-	1758	-	Carbonila
Anel aromático	Dobramento	1650-1450	-	1632	-	Lignina
C-O-C	Estiramento assimétrico	1440 -1220	-	1158	-	Celulose
OH	Estiramento sp^3 Assimértico CH		-	-	2971	Grupo Hidroxila
C=O-H	dobramentosp^2 assimétrico CH	2850-2750			2365	Aldeido
C=O	Dobramento	1850- 1650	-	-	1753	Carbonila
Anel aromático	Estiramento	1650-1475	-	-	1458	Anel aromático/alifático
C=C	Estiramento	1670-1550	-	-	1532	Ligação carbono carbono

Fonte: Própria, 2019

7. CONCLUSÃO

Com Bases nos Resultados das propriedades Térmicas, Mecânicas e Morfológicas foi possível Inferi, o efeito dos nucleantes (Juta e Nanotubo) na cinética de cristalização como também nas propriedades afetadas pelas adições dos constituintes.

- **Para o ensaio de Tração** notou-se que a inserção das fibras de Juta na matriz de Polipropileno promoveu o aumento na resistência máxima e o alongamento, atribuído a dispersão da fibra na matriz, enquanto, que para as amostras que continham nanotubo de carbono, notou-se perda das propriedades de resistência máxima e alongamento devido a fibra ter diminuido ação nucleante do nanotubo de carbono, porém notou-se ganho no módulo de elasticidade devido ação limitada do nucleante do nanotubo de carbono, logo o material ganhou resitência se tornando mais dúctil pela inserção da fibra, entretanto com a adição do nanotubo deixou o material com maior dureza.
- **Para Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV**) foi possível observar a morforlogia e a interface das amostras que mostraram que a interação entre as fibras de Juta, apresentou boa adesão, pois não mostrou grandes desplacamento e poucas microfissuras.
- **Para Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET),** foi possível observar a presença do nanotubo de carbono, sua forma cilindrica, e a presença de pequenos aglomerados no corpo da matriz polimérica.
- **Para a radiação no infravermelho por transformada de fourier (RITF)** foi possível visualizar as bandas características que surgerem as interações para o nanotubo de carbono funcionalizado, foi notório a presença do grupo COOH, como também as interações do PP e da Fibra de Juta, nos espectros comparativos
- **A calorimetria exploratória diferencial (CED)** revelou que o compósito reforçado com fibra de juta e com a inserção do nanotubo de carbono não apresentou diferenças significativas na temperatura de cristalização, no entanto, ocorreu uma diminuição no grau de cristalinidade devido a inserção da fibra que intefere na formação dos esferulitos atribuído as diferenças dimensionais das cargas.
- **Para análise de Resistência ao Impacto** tem-se que para o Compósito de Juta (J/PP) observou-se resultados inferiores se comparado com os valores obtidos do Compósito Híbrido (J/PP/NTC) que mostrou resultados maiores e propriedades opticas

superiores, com maior absorção de impacto, como também maior dureza do material, atribuídos a nucleação.

- **Para Análise Termogravimétrica (TGA)** em relação as propriedades térmicas dos compósitos de juta (J/PP) a inserção da fibra de Juta e nanotubo de carbono, não influenciaram significativamente na temperatura de degradação, ou seja não houve ganhos significativos na estabilidade térmica, porém houve redução da perda de massa dos tanto do compósito de juta (J/PP) como para o Híbrido, no entanto, ocorreu que a fibra de juta não se degradou durante o processamento dos compósitos da matriz.
- **Para a Análise do Indice de Fluidez (AIF)** apresentou um aumento característico da viscosidade, evidenciado principalmente pela inserção da fibra e do nanotubo de carbono, os compósitos de Juta e os compósitos híbridos obtidos se mostraram aptos para o processo de Extrusão e Injeção.
- **Para a Temperatura de Amolecimento (VICAT)** apresentaram resultados semelhantes, mostrando que as interações entre a fibra e o matriz, foi maior quando comparada a fibra com o nanotubo de carbono.
- **Para a Espectrometria por Dispersão de Raio-X (EEDR)** foi possível observar os tamanhos e as formas do nanotubo de carbono, mostrando que o nanotubo de carbono tinha as caracteristicas ideais para um bom nucleante.

Conclui-se que o compósito híbrido (J/PP/NTC) é um material com alta resistência ao impacto, e com propriedades ópticas favoravéis, pode-se dizer que os compósitos reforçado com fibra de juta apresentaram adequadas propriedades térmicas, podendo ser utilizada em algumas aplicações industriais como por exemplo moldagem de peças de garrafas térmicas entre outros, e ambos apresentaram bons parâmetros para Injeção e Extrusão

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIAN, P. MOURITZ; RAJAPAKSE, Y.; **Explosion blast response of composites**, Journal of Composite Materiais, Vol.49, pp.1141-1147,2018.

ADRIANO, V. IGOR.; AWREJCEWICZ, JAN.; DANISHEVSKYY, V. VLADYSLAV. **Asymptotical Mechanics of Composites Modelling Composites without FEM**, Cultural Científico, Vol.35, pp.2369-2380, 2017.

ALBOOYEH, AR.; **O Efeito de adição de Multiwall Nanotubos de Carbono nas propriedades de Fibra de vidro curto vibração polipropileno reforçado e polipropileno compósito de espuma**, Journal Elsevier, Vol,563, pp.546-987, 2019.

ALI, AYOUB; LUCIAN, LUCIA; **Polysaccharide based fibers and composites, chemical and engineering fundametals and industrial applications,** Reviews in Biomedical Engineering, Vol.12, pp.333-351, 2018.

ALAMRI H.; ALOTHMAN, Z. **CaracteristicasMecânicas, Térmicas e Microestruturais de celulose da fibra reforçada epoxi / nanocompósitos de argila organofílica**, Engineering Vol. 43 n 7 pp: 2762-2771, 2012.

ALLAMRAJU, VISWANATH. K. **O comportamento mecânico de nano juta fibra de auto-cura de enchimento de vidro e compósito de resina epóxi**, procedia engineering, Vol.144, pp. 560-567, 2018.

ALISYED, M. et al. **Development of Environmentally Friendly High-Density Polyethlene and Turmeric Spent Composite hysicomechanical, Thermal, and Morphological Studies**. Journal of Applied Polymer Science, Vol.45, pp.647-578, 2010.

ALIOFKHAZRAEI, MAHMOOD. **Carbon Nanotube and Graphene Composites,** internacional Journal of Hydrogen Energy, Vol. 40,pp.753**,** 2018.

BAPAN, ADAK.; SAMRAT, MUKHOPADHYAY. **Singles polymer composites,** Journal of applied Polymer science, Vol. 133, pp.n.a **,** 2019.

BAJPAI, K. PRAMENDRA. **Reinforced Polymer Composites Processing Characterization and Post life Cycle assessment,** polymer , Vol. 41, pp.691-706, 2019.

BELLMANN, C. et al. **Electrokinetic properties of natural fibres colloids surf**. Physicochemical and Engineering Vol. 457, pp. 297, 2005

BERNAL, CLAUDIA. et al. **Influência de Alguns Parâmetros Experimentais nos Resíduos de Analises Calorimétricas Diferencias DSC.** Materials Science e Engineering Vol. 32, pp. 1380-1385, 2002.

BIRON, MICHEL. **Thermosets and Composites Material Selection Applications Manufacturing and Cost Analysis,** Spring Summer, Vol 49, pp. 23, 2014.

BIKIARIS, DIMITRIOS. **Microsture and Properties of Polyproylene/Carbon Nanotube Nanocomposites.** Materials Letters, Vol.93, pp.1 (4), 2010.

BARBOSA, A. C. LUIZ. **Espectrometria no Infravermelho na Caracterização de Compostos Orgânicos.** ed. Chemistry Biodiversity, Vol.12, pp.987-1006, 2007.

BOCCARDI, SIMONE. et al. **A contribuição da termografia infravermelha na caracterização de compósito de juta com base** . Composite structure, Vol.134, pp.900-904, 2019.

BLEDZKI, A. K. et al. **Polypropylene biocomposites reinforced with softwood, abaca, jute, and kenaf fibers**. Composites, Engineering, Vol. 145, pp.14-27, 2015.

CARVALHO, F. ANTONIO. **Durability of Industrial Composites in biocomposites fibre reinforced composites.** Journal of the American, Vol.61, pp.1433-1435, 2018.

CALLISTER, D. WILLIAN.; RETHWISCH, DAVID. **Ciências e Engenharia de Materiais: uma introdução.** Tradução Sérgio Murilo Stamile Soares. ed. 9. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CARVELLI, VALTER.; LOMOV, STEPAN. **Fatigue of Textile Composites, editora Woodhead Publishing**, Composites, Vol.65, pp.147, 2015.

CANEVAROLO Jr.; SEBASTIÃO V. **Ciência dos Polímeros um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** São Paulo: Artliber Editora, 2012.

DOANT, T. TIAN. **Jute/Polypropyleno CompositeI. Effect of Matrix Modification. Composite.** Science and Technology, Vol. 51, pp.406-434, 2006.

DAMIN, S.V. KELI. et al. **Estudo da aplicação da fibra do caule do zea mays nas propriedaes do polipropileno**. Journal of Analytical Chemistry Vol.72, pp.490, 2016.

DIMITRIOS, TARSIS. **Carbon Nanotube Polymer Composites.** editors Royal Society of Chemistry, Vol.126, pp.348, 2013.

FANGUEIRO, RAUL. **Advance in Natural fibre Composites Raw Materials, Processing and analysis.** editora: Jounal of biomechanics, Vol.45, pp.403, 2018.

FIRMINO, T. C. et al. **Caracterização de Compósitos particulados de polietileno de alta densidade/pó de concha de Molusco.** Journal of Nutrition and Metabolism, Vol.23, pp.324-234, 2017.

FRANCISZCZAK, P.; KALNINS, K.; BLEDZKI. **Hybridisation of Man Made Cellulose and Glass Reinforcement in Short Fibre Composites for Injection Moulding-Effects o Mechanical Performance.** Composites, Applied Science and Manufacturing, Vol. 83, pp-185-192, 2018.

FREEDONIA, GROUP. **Lider de Pesquisas de Negocios Internacionais puplicadas com mais de 100 pesquisas de mercados atualizados**. Disponível em: <https://www.freedoniagroup.com/index.html>. Acesso em: 21/08/19.

FERNANDES, BEATRIZ.; DOMINGUES, ANTÔNIO. **Caracterização Mecânica de Polipropileno Reciclado para a Indústria Autimotiva.** Polímeros, Ciências e Tecnologia, Vol. 17, pp.85-87, 2017.

GIUSEPPE, CIRILO.; MAREK, KOZLOWSKI.; GIANFRANCO, U. SPISSIRRI. **Compósites materials for food packaging.** Journal of Physics Conference Series, Vol. 87, pp.011001, 2018.

GWO-FUH, YUAN. **Structural Health (SHM) In Aerospace Structures**. Journal of Nondestructive Evaluation, Vol. 37, pp.1-19, 2016

GUO, BOYUAN. **Influência da Camada retardadora de chama de superficie contend polifosfato de amio e grafite expansível sobre o desempenho de Juta compósito/polipropileno.** Journal of Applied Polymer Science, Vol.133, pp 345-987, 2019.

HEREGA, ALEXANDER. **The Selected Models of the Mesostructure of composites.** Journal of Applied Polymer Science, Vol.173, pp 305-987, 2018.

HERMANN, HEIKO.; SCHNELL, JURGEN. **Short Fibre Reinforced Cementitious Composites and ceramics.** Springer Science, Vol.41, pp.316-321. 2019.

HASAN ABUL, MOHAMMAD. et al. **Studies on the mechanical and Degradation Properties of Composites Using Acacia Catechu, Jute and Polypropylene.** Geocarto International, Vol. 29, pp.915-940, 2019.

HIDAYAH NURUL. et al. **Enhanced performance based hierarchical composite laminates withem bed de carbon nanotubes.** Journal of Education, Humaniora and Social Sciences, Vol.2, pp,235-240, 2019.

HODZIC, ALMA. **Natural fibre Composites, Materials, processe andapplications.** Journal of Geophysical Research Atmosfere, Vol.123, pp.1017-1036, 2014.

ISHIZAKI, M. H. et al. **Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: influência do teor de fibra e das condições de mistura.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, Vol.21, pp.129, 2006.

ISMAIL, H.; SAPUAN, S. M.; ZAINUDIN, E. **Natural fiber reinforced Vinyl ester and vinyl polymer composites development, characterization and applications.** Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol.111, pp.1375, 2018.

JAMES, NJUGUNA.; **Light weight Composite Structure in Transport Design, Manufacturing Analysis and Perfomance.** Paramsothy Muralidharan, Vol.67, pp.2844-2847, 2016.

JEFFERSON, V. ANDREW.; ARUMUGAM, V. DHAKAL.; HOM, DHAKAL; **Repair of polymer composites methodology techiques and Challenges.** Journal of Composites Science, Vol.43, pp.99, 2018.

JONES, GRAHAM.; SUMMERSCALES, JASPER.; **Marine Applicatios of advanced fibre reinforced Composites**. Procedia Engineering, Vol.200, pp.448-456, 2016.

JUN, AK. et al. **Advances in High Temperature Ceramic Matrix Composites and Materials for Sustainable Development Ceramic Transactions Volume.** editora: John Wiley, Neurosurgery, Vol 86, pp. 580-580, 2017.

KABIR, M. M. et al. **Effects of chemical treatments on hemp fibre structure.** Journal of Physis, Vol.47, pp.085104, 2013.

KATHI, J.; RHEE, K. **Surface Modification of Multi-Walled Carbon Nanotubes using aminopropyltriethoxysilane**. Composites Applied Science and Manufacturing, Vol.40, pp.800-890, 2008.

KANGBO, LU. et al. **Carbon Nanotube/Isotactic Polypropylene Composites Prepared by Latex Technology: Morphology Analysis of CNT- Induced Nucleation**. Polymer Bulletin, Vol.58, pp.731-736, 2008.

KAR, KAMAL; PANDEY, JITENDRA; RANA, SRAVENDRA. **Handbook of Polymer Nanocomposites, Processing, Performace and Apllication:** Journal of Applied Physics, Vol.117, pp, 364-897, 2015.

KAZAKOVA, A. et al. **Strcture of the in situ produced polyethylene based composites modified with milti-walled carbon nanotube: *In situ* synchrotron X-ray diffraction and differential scanning calotimetry study**. A Physics of the Solid State, Vol.60, pp.890-898, 2018.

KHAN, ANISH; JAWAID, MOHAMMAD; ASIRI, M. ABDULLAH. **Electrically conductive polymer and polymer composites, from synthesis to biomedical applications, ed wiley-vch**. Journal of Materials research and tecnology Vol.9, pp. 3612-3621, 2018.

KISHORE, DEBNATH**. Primary and secondary manufacturing of polymer matrix composites.** Polymer Composites, Vol.38, pp.164-174, 2018.

KUMARJYOTI, ROYA, et al. **Composites from Renewable Materials Biodegradavel Materials.** Tetrahedron letters, Vol.56, pp.5613-5615**,** 2018.

LÓPEZ-MACHADO, M. A.; BIAGIOTTI, J.; KENNY, J. M. **Comparative study of the effects of different fibers in the processing and properties of polypropylene matrix composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials.** Directory of Open, Vol.3, pp-134-137, 2002.

LEAL, V. CLAUDENETE. et al. **Caracterização e Avaliação In Vitro de Nanoompósito de Poli L-àcido Lático e Nanotubo de Carbono de Paredes Múltiplas Purificados**. Intermetallics , Vol.17, pp.753-761, 2015.

LÍBANO, G. D. V. ELAINE; VISCONDE, Y. L. LEILA; PACHECO, V. A. B. ÉLEN. **Propriedades Térmicas de Compósitos de Polipropileno e Bentonita Organofílica**. Polímeros ciência e tecnologia, Vol. 22, pp.430-435, 2012.

LOOS, Marcio. **Carbon Nanotube Reinforced Composites:** Polymer CNR Polymer Science and tecnology, Vol.56, pp.897-654, 2015.

MCCARTH, MICHAEL. et al. **Modeling of Carbon Nanotube, Graphene and Their Composites.** editora Springer Internacional.Vol 5, pp.400-407, 2014.

MECHTCHERINE, VIKTOR. et al. **Strain Hardening cement Based Compósites.** Construction and Building Materials, Vol.31, pp.94, 2018.

MOHAMMAD, JAWAID; NAHEED, SABA; MOHAMED, THARIG. **Durability and life prediction in biocompósites, fibres reinforced composites and hybrid composites.** Polymer Composites, Vol.36, pp.1669-1674, 2019.

MOHAMED, REDA BERBER; INAS, HAZZA HAFEZ. **Carbon Nanotubes, Current Progress of their Polymer Composites.** Internacional Journal of Molecular Science, Vol. 16, pp. 1336-1374, 2016.

MOIGNE, LE NICOLAS. et. al. **Surfaces and Interfaces in Natural Fibre Reinforced Composites**. Composites Applied Science and Manafacturing, Vol.42, pp. 1542-1550, 2018.

MICHAEL, R. KESSLER; MANJU THAKUR; THAKUR V. KUMARI; **Handbook of Composites from Renewable Materials Biodegradavel Materials**. Wood Science and Technology, Vol.53, pp.47, 2017.

MUTHU, S. SUBRAMANIAN. **Green Composites, Sustainable Raw Materials**. Atmospheric Environment, Vol.45, pp.469-475,2019.

NANDAKUMAR, KALARIKKAL; RAGHVENDRA, THOMAS. **Micro and nano fibrillar Compositrs (MFCs and NFCs) from polymer blends.** Journal of Alloys and compounds, Vol.579, pp.243, 2017.

NUNES, L. D. PAULA**. Materiais Aplicações de Engenharia.** Hydrogeology Journal Vol. 26, pp.2933-2-33, 2012.

PAILLOR, SANDHYARANI. et al. **Efeito de Fibras cortada, continua agente de acoplamento e proporção de fibras sobre as propriedades mecânicas dos compósitos de Juta moldado po Injeção de Polipropileno**. Polímeros, Ciência e Tecnologia, Vol.72, pp.827-732, 2019.

PASBAKHSH, POORIA; GENNADY, ZAIKOV. **Applied Research on polymer Composites** RSC Advance, Vol. 66, pp.62024-62030. 2015.

PAIVA, F. J.; MARGOTO, H. O. **Análise de propriedades térmicas de Compósito de Matriz de Polipropileno contendo teciso de fibras de Juta**. RSC Advance, Vol.19, pp.55, 2017.

PAIVA, B. de. LUCILENE; MORALES, R. ANA; THIAGO R. GUIMARÃES. **Propriedade Mecãnicas de Nanocompósito de Polipropileno e Montmorilonita Organofílica.** Polímeros, Ciência e Tecnologia, Vol.16, pp.136-140, 2016.

PETER, DAVIES; RAJAPAKSE, Y. **Durability of Composites in a marine enviromment.** Polimeros, Ciência e Tecnologia, Vol.8, pp.1488-1517, 2018.

PAULO, J. DAVIM; PASBAKHSH, POORIA; GENNADY, ZAIKOV. **Machinability of fibre-reinforced plastics**, **Applied Research on polymer Composites**. Journal of Alloys and Compounds, Vol.718, pp.150-160, 2015.

PINPATHOMRAT, BADIN. et al. **Estudo sobre propriedade adesiva de injecção inserto moldado a fibra de vidro compósitos de polipropileno reforçado.** Energy Procedia, Vol.89, pp.291-298, 2016.

PANAITESCU, .DENIS. et al. **Composite Materials of Polypropylene and Waste Jute Fibers.** Bioengenieering, Vol.5, pp.278, 2010.

PIZZIOTOLA, P. dos C. IVANI; MACHADO, M. MARIANA; WIEBECK, HÉLIO. **Propriedades Mecânicas e Comportamento a Emissão de Volateis de compósitos de Polipropileno/Fibras Curtas de Sílica**. Journal of Applied Polymer , Vol.105, pp. 765-546, 2011.

PICKERING, K. L. et al. **Uma revisão dos recentes desenvolvimentos em compósitos naturais da fibra e seu desempenho mecânico.** Chemical Reviews, Vol.114, pp.8499-8541, 2016.

PIRES, N. EDUARDO. et al. **Efeito do tratamento Alcalino de fibras de Juta no comportamento mecânico dos compósitos de matriz epóxi.** Applied Microbiology and Biotechnology, Vol.98, pp.1937-1949, 2012**.**

PERKINS, W. G.; CAPIATI, N. J.; PORTER, R. S. **Polymer Engineering and Science**.Journal of Plastic fim Sheeting, Vol.15, pp.329-340, 1976.

RABELLO, M. SILVEIRA. **Aditivos de Polímeros.** São Paulo. Editora Artliber. 2000.

RAJESH, K. PRUSTY; KUMAR, D. RATHORE; CHANDRA, B. RAY; **Fibrous Polymeric Composites: Environmental Degradation and Damage**. Journal of Applied Polymer , Vol.135, pp. 176-546, 2018.

RAHUL, MITRA. **Structural Intermetalic Matriz Composites.** Public Relations Review, Vol.37, pp. 392-398 2015.

RAMU, P.; KUMAR, JAYA; PALANIKUMAR, K. **Mechanical Characteristics and Terminological Behavior Study on Natural Fiber Nano reinforced Polymer Composite:** Materials Letters, Vol.106, pp.59, 2019.

RAHMANDOUST, MOONES; AYATOLLAHI, R. MAJID; **Characterization of Carbon Nanotube-Based Composites under Consideration of Defects.** Composites Engineering , Vol. 44, pp. 52-59, 2016.

RAHAMAN, MOSTAFIZUR; KHASTGIR, DIPARK; ALDALBAHI, K. ALI. **Carbon Containing** Polymer Composites. International Journal of Machine Tools, Vol.88, pp. 42**,** 2019.

REZAUR, RAHMAN; **Silica and Clay Dispersed Polymer Nanocomposites:** Preparation, Properties and Applications. Journal of Polymer and the Environment, Vol.18, pp.443-450, 2018.

RICCIO, ANIELLO**. Damage Growth in Aerospace Composites.** Applied Composites Materials, Vol. 18, pp. 113-125, 2015.

RODRIGUES, J. GILMAR**. Caracterização por Espectroscopia de Fotoelétrons de Nanotubos de Carbono Funcionalizados.** Journal of Sol-Gel Science and Tecnology, Vol.67, pp. 519-526, 2011.

ROTHON, ROGER. **Fillers for polymer applications.** Journal Science and Technology, Vol.67, pp.519-526, 2017.

ROYA, KUMARJYOTI. et al. **Exploringthes nergisticeffectof short jute fiber and nano clayonthe mechanical, dynamic mechanical and thermal properties of natural rubber composites.** Tetrahedron Letters, Vol.56, pp.5613-5615**,** 2019.

SADOWSKI, EUKASZ. **Adhesion in Layered Cement Compósites.** Journal of the American Chemical Society , Vol.132, pp.8175-8179, 2019.

SABU, INAMUDDIN. et. al. **Sustainable polymer composites and nanocompostes internacional publisshing.** New Journal of Chemistry, Vol.44, pp.2022-2032, 2019.

SANJAY, B. YOGESHA. **Estudo sobre o Comportamento de absorção de água e Juta tecido Kenaf, compósito reforçado com epóxi, efeito de hibridação de tecido de vidro.** Journal of Industrial Textiles, Vol.47, pp. 1830-1848, 2016.

SABA, NAUN. et al. **Physical, structuraland Hermo mechanical properties palmnano filler kenaf epoxy hybrid nanocomposites.** AJS Review, Vol.21, pp.H38-H38, 2016.

SAHU, K. UTTAM; MAHAPATRA, S. SIBA; PATEL, RAJ KISHORES. **Ynthesi sand characterization ofaneco friendly composite of jute fibe rand Fe_2O_3 nanoparticle sand its application as an adsorbent for remova lof as fromwater**. Water Air Pollution, Vol.228, pp1-15, 2017.

SENTHILKANNAN, SUBRAMANIAM. **Green Composites Processing Characterisation and Application for Textiles.** Atmospheric Environment, Vol.45, pp.469-475, 2019.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIMLE, D. J. **Identificação espectrometria de compostos orgânicos.** ed. 7. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Ciêntificos. 2006.

SOUZA FILHO, de A. G.; FAGAN, S. B. **Funcionalização de nanotubos de carbono.** Quim. Nova, Vol. 30, pp. 1695-1703, 2008.

SOUZA, R. BARBARA. et al. **Fabricação e Caracterização de juta/PP termoplástica misturado Composite**. European Journal of Human Genetics, Vol.20, p.148, 2017.

SOUZA, J. A; HAGE Jr., E. **Extrusão de termoplásticos**. Apostila de curso. UFSCar. 2008.

SOARES, E. P. et al. **Efeito do índice deFluidez do Polipropileno nas Curvas de distribuição de Tempo de Residência em Extrusora Dupla Rosca Corrotacional.** Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry, Vol.280, pp.411, 2014.

SOUTIS, IRVING. **Polymer Composites in the aeropace industry.** Energies, Vol.7, pp.2595-2630, 2015.

SUNDARKRISHNA, K. **Friction Material Composites Cooper/Metal free material Design Perspective. .** Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry, Vol.128, pp.434-876, 2015.

STARR, W. FRANCIS; SCHRADER, B. THOMAS; GLOTZER, SHARON. **Molecular Dynamics Simulation of a Polymer Melt with a Nanoscopic**. Biophysical Journal, Vol.110, pp.178-835. 2002.

STORPIRTIS, SILVA; GONÇALVEZ, E. JOSÉ; CHIAN, CHANG.; GAI, N. MARIA. **Ciências Farmacêuticas Biofarmacotécnica.** Journal of Phamaceutical Science, vol. 101, pp.10-16, 2009.

SPADETTI, CAROLINI. et al. **Propriedades Térmicas e Mecânicas dos Compósitos de Polipropileno pós-consumo reforçados com fibras de Celulose.** Associação Brasileira de Polímeros, Vol. 265, pp. 1678-5169, 2016.

SHOKRIEH, M. MAHMOOD. **Residual stresses in Composites.** Composites Structures, Vol.92, pp.2901-2905, 2017.

THOMAS, S. MERIN. et. Al. **Starch Chitinand chitosan based composites and nanocomposites**. Industrial Crops Products, Vol. 51, pp. 415, 2019.

TSUKAHARA, YASUNORI. et al. **Funcionalization of multi-walled carbon Nanotubes Realized by microwave- driven chemistry Inducing Dispersibility in Liquid Média.** Chemistry of Materiais, Vol.23, pp.75-84**,** 2008.

VASSÍLOPOULOS, ANASTASIOS. **Fatigue and fracture of adhesively-bonded Composite Joints.** International Journal of Fatigue, Vol. 55, pp.22, 2015.

VERMA, PAWAN. et al. **Multi nanotubos e carbono com paredes induzida resposta viscoelástico de nanocompósitos de copolímero de polipropileno:** Efeito da carga de enchimento em percolação reológico. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 132, pp. 536-654, 2016.

WANG, PO-HSIANG. et al. **Estrutura e o Comportamento Reológico da Interfase Polipropileno e a Concentração de Nanotubo de Carbono de Alta.** Polymer Guiford , Vol.100, pp. 244-258, 2016.

WANG, PO-HSIANG. et al. **Mecanismo de Fratura de alta Resistência ao impacto de Polipropileno contendo nanotubo de carbono.** Polymer Guiford , Vol.190, pp. 248-298, 2018.

XIAO, Q. DONG. et al. **Endurecimento sinergético de nanotubo de carbono e um agente de nucleação em poliproileno mistura de terpolimero de etileno-propileno-dieno**. Journal of the American Ceramic Society, Vol.97, pp.1899-1904, 2019.

YUDIANTI, RIKE. et al. **Analysis of Functional Group Sited on Multi-Wall Carbon Nanotube Surface.** Chemistry Letters, Vol.45, pp. 253, 2011.

YOSHIHIKO, VISAKH. **Flame Retardants Polymer Belns, Composites and Nanocomposites.** International Journal of Polymer Science, Vol 234, pp.456-765, . 2015.

ZHUANG, C. RONG. et al. **Multi-functional multi-walled carbon nanotube-jute fibres and composites.** Journal of the American Chemical Society, Vol.132, pp. 1276-7854**,** 2017.

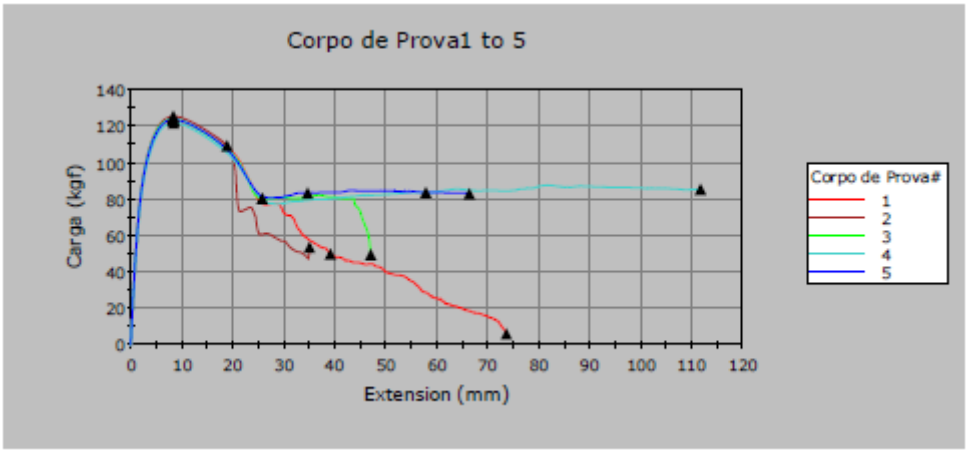
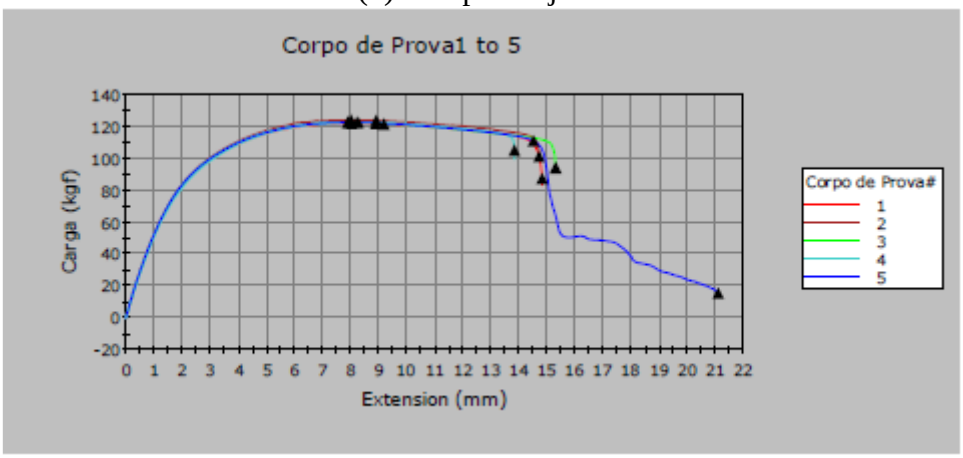
ZHANG, SHANU. et al. **Transcrystallinity polimer induzid carbon nanotube.** Journal of Clinical Neuroscience, Vol.39, pp.65-54, 2008.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

VerifIcar interações entre as fibras lignocelulósica e o nanotubo de carbono funcionalizado, do ponto de vista químico, como também analisa a estrutura por difração de radiação para verifica a cristalinidade do material.

APENDICES COM GRÁFICOS DE DEFORMAÇÃO

(a) Compósito híbrido com nanotubo de carbno



(b) Composito juta e PP