

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
JOÃO ANTONIO NERY DA SILVA

**O uso de Fibras Vegetais na Fabricação de Componentes
Automobilísticos: uma avaliação sob a ótica da
sustentabilidade**

Taubaté – SP
2017

JOÃO ANTONIO NERY DA SILVA

**O uso de Fibras Vegetais na Fabricação de Componentes
Automobilísticos: uma avaliação sob a ótica da
sustentabilidade**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Mecânica do Departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade de
Taubaté.

Orientadora: Profa. Maria Regina Hidalgo
de Oliveira Lindgren

Coorientador: Prof. Paulo Cesar Corrêa
Lindgren

Taubaté – SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / Unitau - Biblioteca das Engenharias**

S586u

Silva, João Antonio Nery da

O uso de fibras vegetais na fabricação de componentes automobilísticos: uma avaliação sob a ótica da sustentabilidade. / João Antonio Nery da Silva. - 2017.

58f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2017

Orientador: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira
Lindgren,

Coorientador: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren
Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren,
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. Componentes automobilísticos. 2. Fibras vegetais. 3.
Sustentabilidade. I. Título.

JOÃO ANTONIO NERY DA SILVA

O USO DE FIBRAS VEGETAIS NA FABRICAÇÃO DE COMPONENTES
AUTOMOBILÍSTICOS: UMA AVALIAÇÃO SOB A ÓTICA DA
SUSTENTABILIDADE

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Mecânica do Departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade de
Taubaté.

Data: 1º de Novembro de 2017

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof. Flávio Régio Michels de Oliveira Lindgren
Assinatura Flindgren

Universidade de Taubaté

Prof. Paulo Cesar Cordeiro Lindgren
Assinatura Lindgren

Universidade de Taubaté

Prof. Aluísio Rubeo de Aguiar
Assinatura Aguiar

Universidade de Taubaté

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente e principalmente a minha mãe Ana Maria Santos Silva e meu pai Claudio Nery da Silva por me darem a oportunidade e contribuírem, dando apoio moral e financeiro, para que eu pudesse estudar e concluir este curso. Também agradeço a minha irmã Ana Claudia Nery da Silva pela amizade, pela vontade de me ajudar e conselhos que me foram dados.

A minha orientadora, Profa. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren e meu coorientador, Prof. Paulo Cesar Corrêa Lindgren por todo apoio prestado para a execução deste trabalho de conclusão, por toda confiança imposta e por serem profissionais capacitados que nos impulsionam sempre a buscarmos o nosso máximo e fazer sempre o melhor.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso tem como foco o estudo do uso de fibras vegetais na fabricação de componentes automobilísticos, a fim de salvaguardar o meio ambiente. Estudos mostram que, de resíduos agroindustriais, saem fibras vegetais que poderão dar origem a uma nova geração de superplásticos (polímeros). Com leveza e resistência mecânica, e ecologicamente mais “corretos” do que os polímeros tradicionalmente utilizados na indústria de transformação, muito se tem pesquisado para o desenvolvimento destas fibras vegetais. Este trabalho terá como objetivo avaliar a viabilidade de substituição da fibra de vidro pela fibra vegetal da banana em componentes automobilísticos. A indústria mundial necessita de opções ecologicamente corretas, com as quais possa aumentar a sua contribuição para com a sustentabilidade do planeta.

Palavras-chave: componentes automobilísticos, fibras vegetais, sustentabilidade

ABSTRACT

The present work focuses on the use of vegetable fibers in the manufacture of automobile components, in order to safeguard the environment. Studies show that, from agro-industrial waste, vegetable fibers add up to a new generation of superplastics (polymers). Behavior and mechanical strength, and ecologically more "correct" than polymers traditionally used in the processing industry, have long been researching for the development of plant fibers. The objective of this work is to evaluate the feasibility of replacing fiberglass with banana plant fiber in automotive components. The global industry needs ecologically correct options, with which it can increase its contribution to a sustainability of the planet.

Keywords: automotive components, vegetable fibers, sustainability

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades das fibras vegetais e fibras sintéticas.....	32
Tabela 2 – Utilização de fibras vegetais nos componentes dos automóveis.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades desejáveis para os materiais da matriz	18
Quadro 2 - Composição Química das Fibras de Vidro.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquemática genérica de um material compósito	17
Figura 2 - Exemplo da disposição do material de reforço em compósitos	20
Figura 3 - Tipos de Fibra de Vidro.....	22
Figura 4 - Tipos de Fibras Existentes.....	24
Figura 5 - Esquemática dos componentes das fibras vegetais.....	25
Figura 6 - Estrutura molecular da celulose.....	26
Figura 7 - Representação da estrutura de uma fibra vegetal	27
Figura 8 - Modelo descritivo da rigidez da fibra.....	28
Figura 9 - Esquemática da bananeira.....	29
Figura 10 - Pseudocaule da bananeira	31
Figura 11 - (A) Maquinário utilizado para extração das fibras; (B) Fibras recém extraídas.....	31
Figura 12 - Trabant P50, utilizava <i>Duroplast</i> , componente a base de algodão	33
Figura 13 - Exemplo de aplicações de fibras vegetais em automóveis	34
Figura 14 - Lotus Eco Elise 2008 e seus componentes de fibra vegetal	36
Figura 15 - A) Painel da Porta Uno Way B) Painel da Porta Peugeot 206 C) Componentes do painel Vectra GT D) Apoio de braço portas traseiras VW Amarok.....	37
Figura 16 - Estrutura do painel das portas do Jeep Renegade	38
Figura 17 - A) Resina Poliéster B) Catalisador Butanox M-50.....	40
Figura 18 - A) fibras antes de serem lavadas B) fibras já lavadas e sem impurezas.....	41
Figura 19 - Fibra de vidro utilizada	41
Figura 20 - Produção do compósito a base de fibra de banana.....	42
Figura 21 - Corpos de prova contendo fibra de banana e fibra de vidro	43
Figura 22 - Geometria dos Corpos de Prova de Tração.....	43
Figura 23 - Equipamento SHIMADZU- Ensaio de Tração	44
Figura 24 - Geometria dos Corpos de Prova de Flexão	44
Figura 25 - Equipamento SHIMADZU- Ensaio de Flexão	45
Figura 26 - Gráfico Tensão x Deformação para CP'S contendo resina poliéster e CP'S contendo 30/40% de fibra de banana e 30/40% de fibra de vidro	46

- Figura 27 - Gráficos comparativos dos valores de resistência à tração (a) e módulo elástico (b) dos CP's de fibra de banana e fibra de vidro. 47
- Figura 28 - Resistência à Flexão dos CP's de fibra de banana e fibra de vidro 48
- Figura 29 - Módulo Elástico dos CP's de fibra de banana e fibra de vidro 49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Materiais Compósitos	17
2.1.1 Matriz.....	18
2.1.2 Reforço.....	19
2.1.3 Fibra de Vidro	21
2.2 Fibras Naturais	24
2.3 Fibras Vegetais	24
2.4 Composição das Fibras Vegetais.....	25
2.4.1 Celulose	25
2.4.2 Lignina.....	26
2.4.3 Hemicelulose.....	27
2.5 Estrutura das Fibras Vegetais	27
2.6 Origem da Banana	28
2.7 Estrutura da Bananeira.....	29
2.8 Resíduos do cultivo da banana	30
2.9 Fibras de Bananeira	30
2.10 As fibras vegetais aplicadas no setor automobilístico	32
3 METODOLOGIA	39
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.1.1 MATERIAIS	40
3.1.1.1 Fase matriz – Resina Poliéster.....	40
3.1.1.2 Fase dispersa – Fibra vegetal de bananeira	40
3.1.1.3 Fase dispersa – Fibra de vidro	41
3.1.2 MÉTODOS	42
3.1.2.1 Fabricação dos corpos de prova	42
3.1.2.2 Resistência à Tração.....	43
3.1.2.3 Resistência a Flexão em 3 pontos	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1 Ensaio Mecânico de Tração	46
4.2 Ensaio Mecânico de Flexão em 3 pontos	48
5 CONCLUSÕES	51

REFERÊNCIAS.....	52
ANEXO A – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Produção de Banana	56

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de polímeros sintéticos nas diversas áreas industriais, apesar de representar um grande avanço tecnológico, também tem gerado problemas, como a utilização de fontes não renováveis e a quantidade de resíduos gerada quando determinado produto chega ao final do seu ciclo de vida, levando centenas de anos para desaparecer por completo da natureza. Com isto, tem se verificado uma grande necessidade em substituir esses materiais sintéticos por matérias-primas naturais (fibras vegetais) e oriundas de fontes renováveis, para diminuir a emissão de gases tóxicos na atmosfera. Da mesma forma, também se visa reduzir o grande consumo de energia para sua produção e a dependência de matérias primas provenientes do petróleo, contando ainda com a diminuição do esforço necessário com a relação à reciclagem destes materiais.

A indústria automobilística, de forma a satisfazer os requisitos do mercado, o qual tem se tornado exigente com relação aos produtos ecologicamente corretos, já apresenta como uma solução viável a utilização de fibras vegetais em seus componentes, tais como o painel das portas, revestimento do teto e do assoalho, bagageiro, entre outros, tornando-os assim, mais leves devido à baixa densidade da matéria prima vegetal.

As fibras vegetais necessitam ser combinadas com outros materiais, como polímeros termoplásticos, que conferem propriedades adequadas para a aplicação.

Com o auxílio de tecnologias de processamento de materiais, tem-se que a combinação de polímeros termoplásticos com as fibras vegetais possibilita a produção de compósitos com excelentes propriedades mecânicas e químicas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo o estudo da utilização de fibras vegetais como reforço em materiais compósitos no que se refere aos componentes automobilísticos visando a correta utilização e contribuição com a sustentabilidade do planeta.

1.1.2 Objetivos Específicos

Estudar a viabilidade da utilização de fibras vegetais provenientes do pseudocaule da bananeira como reforço em compósitos automobilísticos e sua comparação com a utilização da fibra de vidro.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O trabalho aqui presente se limita ao estudo das fibras vegetais da bananeira como substituição da fibra de vidro como reforço de compósitos que são utilizados em componentes automobilísticos.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Com o intuito de salvaguardar o meio ambiente criou-se uma necessidade na utilização de matérias ecologicamente corretas, que sejam renováveis, com custo acessível, e que não cause danos ao meio ambiente e possuam as mesmas qualidades desejáveis dos materiais já utilizados.

Para tanto, um dos objetivos primordiais é avaliar a viabilidade de substituição de matérias primas naturais no reforço de materiais compósitos, uma vez que se têm adquirido uma consciência ecológica de que as atuais matérias primas causam impacto ao meio ambiente, seja na sua fase de produção ou descarte.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos, sendo que no capítulo um encontra-se a Introdução, Objetivos, Delimitação e Relevância do estudo realizado.

No segundo capítulo, denominado de Revisão Bibliográfica, é retratado num contexto geral os conceitos básicos relacionados as fibras vegetais, incluindo sua composição e estrutura, dando sequência ao foco deste trabalho, sobre fibra vegetal proveniente da banana.

No capítulo três tem-se a Metodologia aplicada para o desenvolvimento deste trabalho.

No quarto capítulo são abordados os Resultados e as Discussões e no quinto capítulo a Conclusão deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

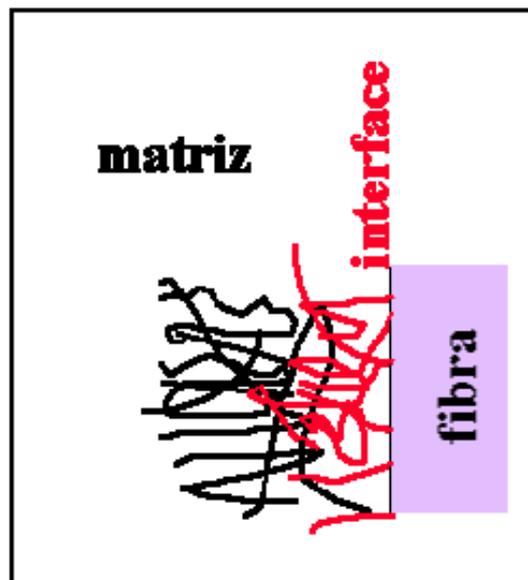
2.1 Materiais Compósitos

Quando há uma combinação de dois ou mais produtos que não são solúveis entre si denomina-se compósitos, o esquema pode ser visto como na Figura 1 (PARDAL, 2016), já para CALLISTER 2008, compósitos são materiais que fornecem propriedades adequadas a uma determinada necessidade, que atuam de forma sinérgica, formada por no mínimo duas fases diferentes entre si, chamadas de matriz e reforço.

As fases constituintes, com suas diferentes estruturas moleculares e propriedades, buscam através de uma ação combinada melhorar as propriedades mecânicas como, por exemplo, tração, dureza, impacto e resistência térmica. Assim os novos materiais obtêm propriedades superiores. (MEDEIROS, 2006)

Os compósitos mais simples possuem dois componentes denominados como matriz e reforço, o primeiro fornece proteção do reforço com o meio envolvente, o segundo garante a resistência ao compósito. Sendo assim as propriedades dos compósitos dependem não só da natureza, mas também do grau de ligação dos materiais. (PARDAL, 2016)

Figura 1 - Esquematização genérica de um material compósito



Fonte: MOREIRA, 2009

2.1.1 Matriz

O material da matriz confere estrutura ao compósito, preenchendo os espaços vazios que se estabelecem com o reforço. Além disso, é função da matriz também proteger as fibras do meio envolvente e dos danos ao manusear. Outras propriedades podem ser conferidas no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Propriedades desejáveis para os materiais da matriz

Propriedades Mecânicas	<ul style="list-style-type: none"> - Resistência à tração elevada - Ductilidade - Resistência ao corte - Tenacidade - Resistência ao impacto
Propriedades Térmicas	<ul style="list-style-type: none"> - Resistência a temperaturas extremas - Coeficiente de dilatação térmica próxima do da fibra - Baixa condutividade térmica
Propriedades Químicas	<ul style="list-style-type: none"> - Boa adesão às fibras - Resistência à degradação em ambientes quimicamente agressivos - Baixa absorção de humidade
Outras Propriedades	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo - Solidificação ou cura rápidas

Fonte: MOREIRA, 2009

As matrizes podem ser cerâmicas, metálicas e poliméricas e suas características são apresentadas abaixo.

- Cerâmicas: em comparação com os poliméricos têm um uso reduzido pela sua viabilidade econômica, os cerâmicos apresentam elevada resistência ao calor suportando até 3000°C, uma boa resistência à erosão e também inércia química. Como exemplos têm, carboneto de silício e de boro e também o nitrato de alumínio. (PARDAL, 2016)

- **Metálicas:** possuem elevada resistência, até mesmo superiores a alguns poliméricos e são mais aplicados na aeronáutica e energia. Como exemplos tem a matriz de alumínio. (PARDAL, 2016)

- **Poliméricas:** Materiais poliméricos podem ser divididos em 3 categorias, os termoplásticos, termorrígidos (termofixos ou termoendurecíveis) e elastômeros. O termoplástico é chamado assim pois o material chega até a fusão sem que as suas propriedades sofram modificações significantes, fazendo com que esse processo seja totalmente reversível, sendo assim o material termoplástico pode ser fundido novamente e ser reaproveitado diversas vezes. Já os materiais termofixos não podem ser reaproveitados facilmente, pois para que haja fusão do material devem ocorrer reações químicas consideradas irreversíveis devido a utilização de catalisadores ou aceleradores junto a resina.

A tentativa de reaproveitamento desse material irá ocasionar a sua degradação completa. Os polímeros mais utilizados na formação dos compósitos são os termofixos, formados por uma resina e um endurecedor, o polímero formado obtém rigidez e mesmo com a temperatura elevada não volta a ser moldado. Suas principais características são de possuírem baixas densidades, serem materiais leves de excelentes propriedades mecânicas e térmicas. Dentre os mais utilizados têm-se poliéster e epóxi. (MOREIRA, 2009)

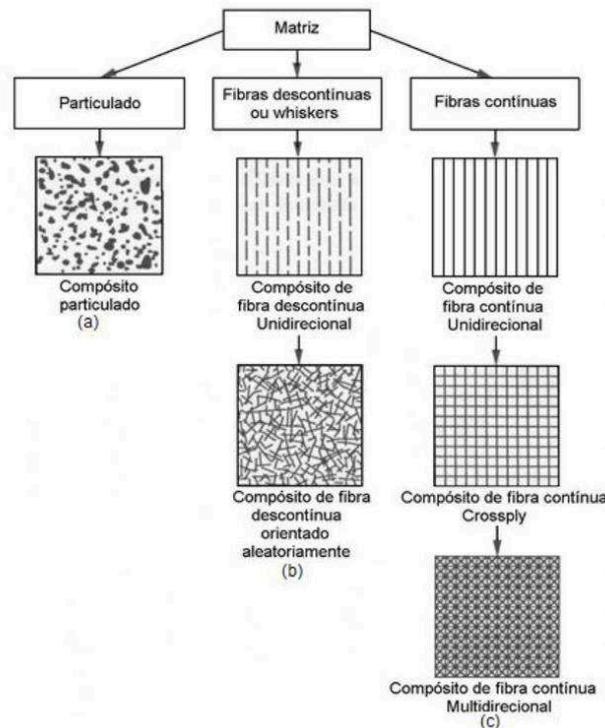
2.1.2 Reforço

Também conhecido como fase dispersa é um material mais resistente que a matriz e quando em forma de fibras concede resistência na direção do carregamento. É ele quem suporta os esforços. (MOREIRA, 2009)

Dentre os principais tipos de reforço, temos os plásticos reforçados com fibras, sendo elas de carbono, de vidro (que será abordado em um tópico específico), de aramida, as fibras vegetais (que são objeto de estudo deste trabalho), e também os reforços cerâmicos.

A disposição dos reforços em um material compósito pode variar, a seguir na Figura 2 são mostradas as diversas formas de se dispor o material de reforço junto a matriz.

Figura 2 - Exemplo da disposição do material de reforço em compósitos.



Fonte: DANIEL I. M.; ISHAI O., 1994

- **Fibras de Carbono:** É geralmente produzida por meio da pirólise de fibras plásticas que quando submetidas a altas temperaturas decompõem-se e se convertem num material carbonoso. A poliacrilonitrila (PAN) é material mais usado na fabricação destas combinações.

Dentre as principais propriedades têm-se elevada resistência à tração, elevado módulo de elasticidade, resistência elétrica e química e baixa massa específica. Por serem muito versáteis são muito utilizadas na fabricação de naves espaciais, turbinas de avião, celulares e também na indústria de automóvel. (FOGAÇA, 2017)

- **Fibras de Aramida:** possuem origem orgânica e sintética e são obtidas através da redução da secção transversal e aumento do comprimento do benzeno. As principais características desta fibra são elevadas resistência à tração e ao impacto e a baixa condutividade elétrica.

Por sua alta resistência é bastante utilizado em coletes, capacetes à prova de bala, cintos de segurança e também roupas contra incêndio. (MOREIRA, 2009)

- Cerâmicas: neste tipo de reforço busca-se combinar as propriedades dos materiais cerâmicos com a dos metais. Estas propriedades são, por exemplo, as elevadas durezas dos cerâmicos com a ductilidade dos metais e a forma de obtenção e aplicação podem ser através de fibras contínuas ou não partículas e também *whiskers*, que são monocristais muito finos e extremamente caros. Como materiais pode-se citar, por exemplo, o Boro, Silício, a Alumina, Grafite dentre outros.

As principais características deste tipo de reforço são a boa condutividade térmica, alta resistência ao cisalhamento e a atuação em altas temperaturas. (MOURISCO, 1995)

Como principal fonte de utilização temos o carboneto de silício que é altamente aplicado no campo aeroespacial por sua resistência à altas temperaturas. (CARVALHO, 2009)

2.1.3 Fibra de vidro

A fibra de vidro é um compósito filamentosos composto de finíssimos fios de vidro, em sua composição pode se encontrar resinas, silicone, fenóis e outros compostos que são solúveis em solventes orgânicos, ainda pode-se encontrar em sua composição óxidos de potássio, ferro, cálcio e alumínio. (SANTOS, 2016). Sua diferenciação se dá por letras (E, S, A e C) que indicam suas respectivas composições químicas como indica o Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Composição Química das Fibras de Vidro

Composição	Unidade	<i>E-glass</i>	<i>S-glass</i>	<i>A-glass</i>	<i>C-glass</i>
SiO ₂	% Peso	52-56	65	72	65
Al ₂ O ₃		12-16	25	0,6	4
CaO		16-25	-	10	14
MgO		0-6	10	2,5	3
B ₂ O ₃		8-13	-	-	6
Na ₂ O ₃		0-3	-	14,2	8
K ₂ O		0-3	-	-	-
TiO ₂		0-0,4	-	-	-
Fe ₂ O ₃		0,05-0,4	-	-	-
F ₂		0-0,5	-	-	-
SO ₃		-	-	0,7	-
BeO		-	-	-	-

Fonte: TRAPLE, 2008

O *E-glass* possui alta rigidez, alta resistência inclusive elétrica e também o menor custo quando comparado aos demais, por não possuir uma composição exata

cada produtor pode moldá-lo de acordo com sua disponibilidade de matérias-primas. O *S-glass* possui propriedades relevantes para aplicações aeroespaciais como, por exemplo, elevada resistência/peso e elevado limite de fadiga. O *A-glass* por possuir alta porcentagem de componentes alcalinos, torna-o bastante susceptível a umidade e é comumente utilizado na fabricação de janelas. O *C-glass* foi desenvolvido para quando se quer uma melhor resistência aos ácidos se comparado ao *E-glass*. (TRAPLE, 2008)

O processo de obtenção da fibra de vidro é industrial com o vidro ainda em seu estado líquido, ou seja, quando a sílica está derretida, este líquido quando submetido a um resfriamento de alta velocidade com controle cinético e térmico fornece como resultado fios em tamanhos desejáveis após passar por orifícios de platina finíssimos e reguláveis. A produção é de cerca de 3000 metros por minuto. Dentre as principais características deste material temos sua baixa densidade, alta resistência mecânica e facilidade de se manusear por ser leve. É também resistente a ação de agentes químicos, a corrosão, com exceção do ácido fluorídrico. (SANTOS, 2016)

Suas principais formas de comercialização (Figura 3) da fibra de vidro são: manta, fios contínuos (*Roving*), tecido e moída, as diferenças variam de acordo com o que se deseja como produto final.

Figura 3 - Tipos de Fibra de Vidro



Fonte: TANGO, 2012

Os diversos tipos de fibra de vidro fabricados atualmente estão descritos a seguir.

- Manta: neste caso, dois são os tipos encontrados, no primeiro a manta é de fios cortados, seus fios são talhados e aglomerados por um ligante químico. É apresentado em rolos e também é a forma mais aplicada nos compósitos, já no segundo tipo a manta é de fios contínuos onde o processo de fabricação é o mesmo do anterior diferindo-se somente no nível de deformabilidade, que neste é possível se obter pré-formas profundas. (MILANI, 2015)

- *Roving*: nesta forma existem três tipos, sendo eles: *roving* para enrolamento, *spun-roving* e *roving* de laminação por injeção. No primeiro temos filamentos paralelos unidos em uma mecha que recebem um tratamento químico para que se tornem compatíveis com as resinas, pode ser encontrado em diversas gramaturas. O segundo, *spun-roving*, o material é puxado através de um molde aquecido e possui frisos perpendiculares à direção principal. E, por último, os *rovings* de laminação são fabricados por injeção como o próprio nome já sugere e diferem-se por possuírem como característica principal uma grande facilidade de abertura ao corte. (MILANI, 2015)

- Tecido: os tecidos são fabricados com os *rovings* de diferentes gramaturas ou também iguais dependendo do tipo de tecido a se obter. Os fios são tecidos em diferentes direções, podendo ser elas: bidirecionais, telas, sarja e unidirecional. Nos bidirecionais os fios são colocados a 90° uns sobre os outros e ligados por um fio. Na tela, os fios são entrelaçados alternadamente. Na sarja, as linhas diagonais são sua principal característica e, para tanto os fios se entrelaçam em uma ordem e frequência programada. Já no caso dos tecidos unidirecionais os fios são dispostos paralelamente e unidos por eles a direção vai variar de acordo com as propriedades mecânicas desejadas. (MILANI, 2015)

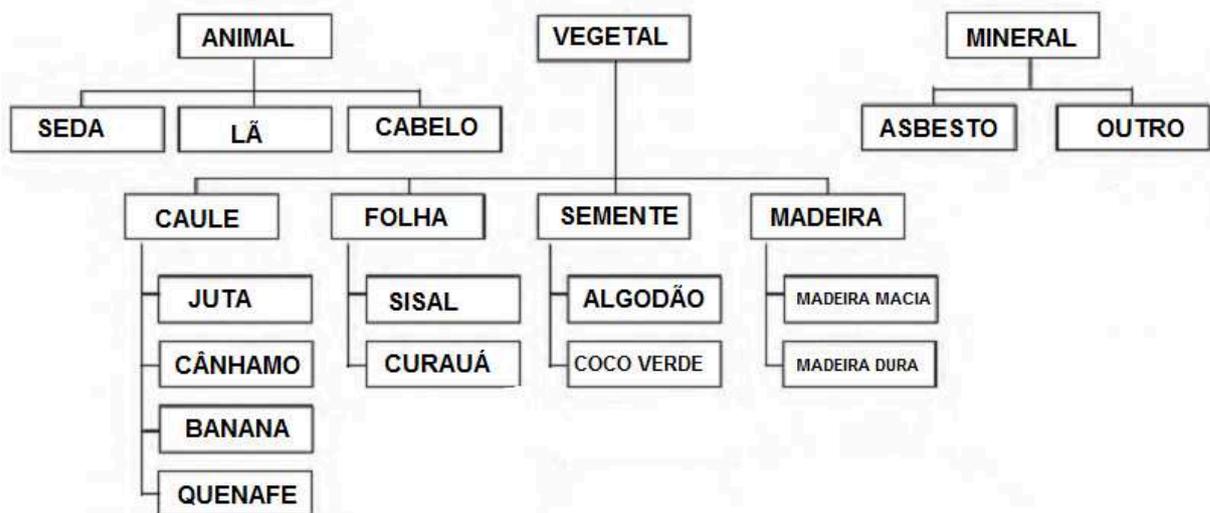
- Fibra Moída: através de uma operação de trituração as fibras são reduzidas em tamanhos de 0,1 ~ 0,02 milímetros e são usadas normalmente como reforço nas resinas termoplásticas. Nos casos em que se tem o objetivo de reduzir os custos de fabricação dos produtos poliméricos podem ser adicionados como carga em compósitos. (MILANI, 2015)

2.2 Fibras naturais

Existe uma grande variedade de fibras naturais e elas podem ser classificadas, conforme a Figura 4, em três grupos: vegetais, animais e minerais. As fibras mais utilizadas para reforços em compósitos vêm das plantas, em particular as fibras do caule, folhas e sementes.

Fibras vindas do caule como o cânhamo, juta e quenafe são as mais utilizadas como reforço, pois as fibras possuem um maior comprimento, resistência e rigidez. Estes tipos de fibras são compostos principalmente de uma combinação de celulose, hemicelulose e lignina, estas fibras são biodegradáveis e recicláveis.

Figura 4 - Tipos de fibras existentes.



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

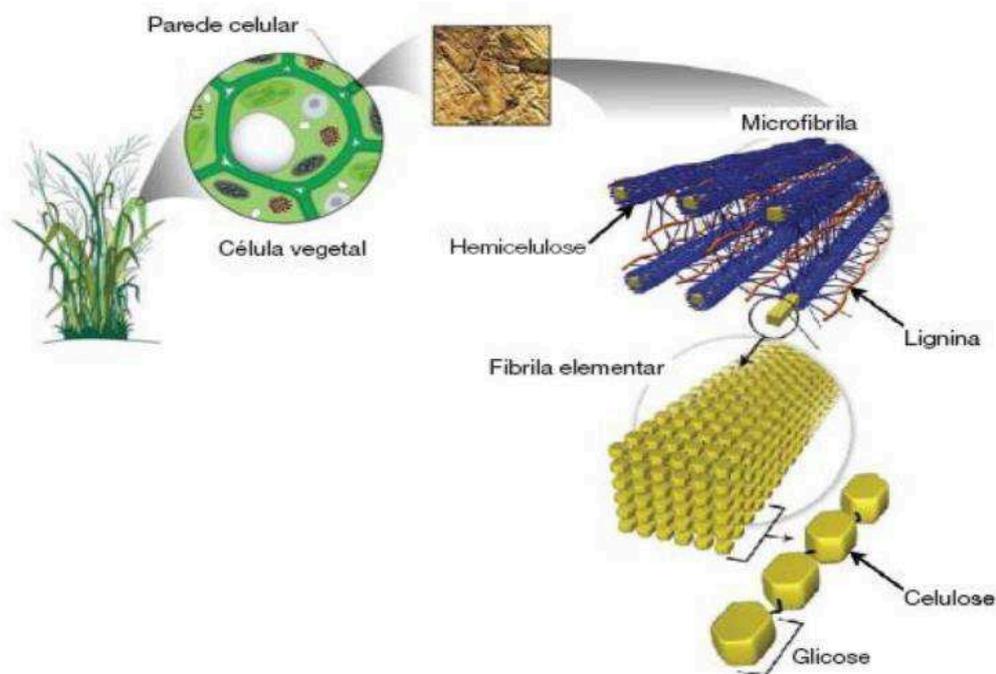
2.3 Fibras vegetais

As fibras vegetais são obtidas e classificadas de acordo com as diversas partes das plantas, como por exemplo: caule (juta, bambu, banana), folhas (sisal, banana), fruto (coco verde, coco marrom), sementes (algodão) e madeira (madeira macia, madeira dura). Devido à origem da extração das fibras, elas diferem em sua estrutura física e química. As fibras vegetais são estruturas de microfibras formadas por cadeias de celulose envolvidas por moléculas de hemicelulose e lignina.

2.4 Composição das fibras vegetais

A composição química e a estrutura das fibras vegetais diferem devido a influência das condições climáticas, da idade e do processo de nutrição digestiva da fibra (BLEDZKI; GASSAN, 1996). A fibra vegetal em sua grande maioria é composta por celulose, também compõe a fibra uma quantidade de lignina e hemicelulose, esta última é considerada uma mistura de polissacarídeos que consiste de várias porções de açúcar (BLEDZKI; GASSAN, 1996), como mostra a Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Esquematização dos componentes das fibras vegetais



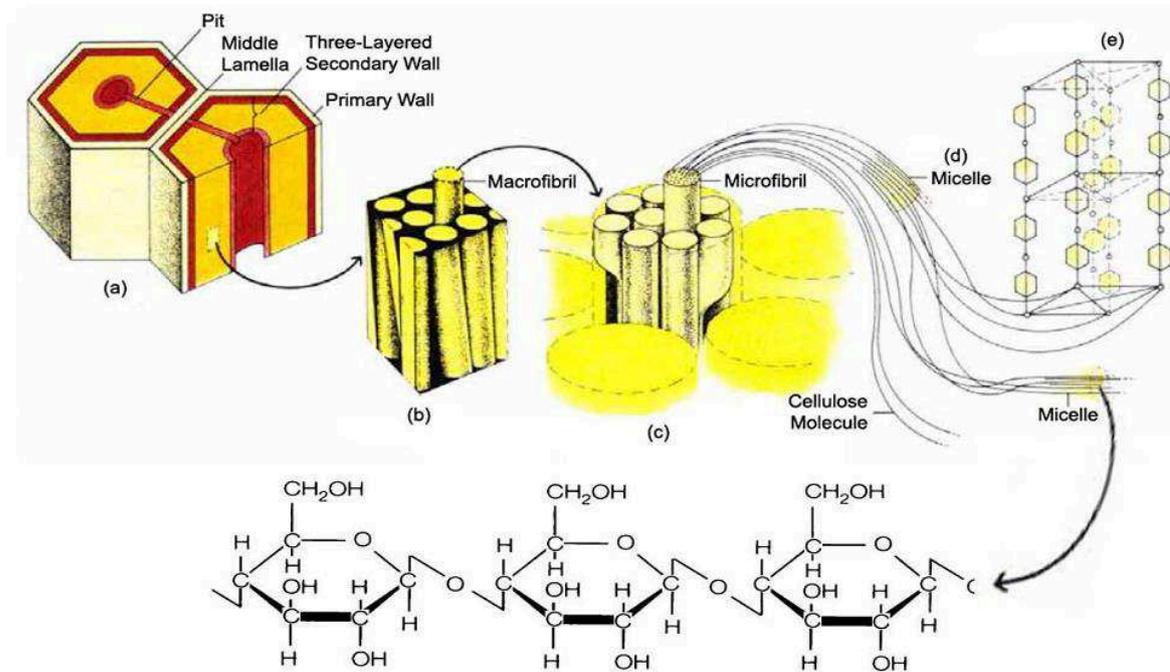
Fonte: (CANILHA *et al.*, 2010)

2.4.1 Celulose

A celulose é considerada o material orgânico mais abundante na face da Terra e sendo assim o componente em maior quantidade nas fibras vegetais encontrada nas paredes celulares das plantas (BLEDZKI; GASSAN, 1999). É chamado de polímero, pois é composto de várias moléculas de um só monômero chamado celobiose que por sua vez é composto de moléculas de glicose, conforme Figura 6. A celulose é altamente hidrofílica, pois possui fortes ligações de hidrogênio, apresentando uma estrutura cristalina com regiões ordenadas que se alternam com estruturas de regiões amorfas na forma de microfibrilas, o refino dessas regiões

depende necessariamente das ligações de hidrogênio entre as cadeias de celulose (BLEDZKI; GASSAN, 1999). As regiões onde a estrutura das fibras é cristalina possuem maior resistência mecânica e ao alongamento do que nas regiões amorfas que é considerado onde a fibra possui maior flexibilidade (VÁSQUEZ et al., 2007).

Figura 6 - Estrutura molecular da Celulose.



Fonte: (RAVEN et al., 1999)

2.4.2 Lignina

A lignina é considerada o segundo polímero orgânico mais abundante na natureza. É uma macromolécula de estrutura amorfa e tridimensional e é definida, diferentemente da celulose, como uma substância altamente hidrofóbica (SILVA, 2011). Tem como objetivo diminuir a permanência de água nas paredes celulares que compõe a celulose e hemicelulose, permitindo o transporte de nutrientes e metabólitos além de proteger os tecidos contra os ataques de patógenos, pragas e conferir resistência mecânica aos vegetais (CAMPBELL; SEDEROFF, 1996).

Ela une as fibras celulósicas formando a parede celular, conferindo rigidez e associadas a moléculas de hemicelulose, a lignina adiciona resistência e elasticidade à fibra. Uma fibra com alto teor de lignina é considerada de excelente qualidade e bastante flexível (AGARWAL et al 2000).

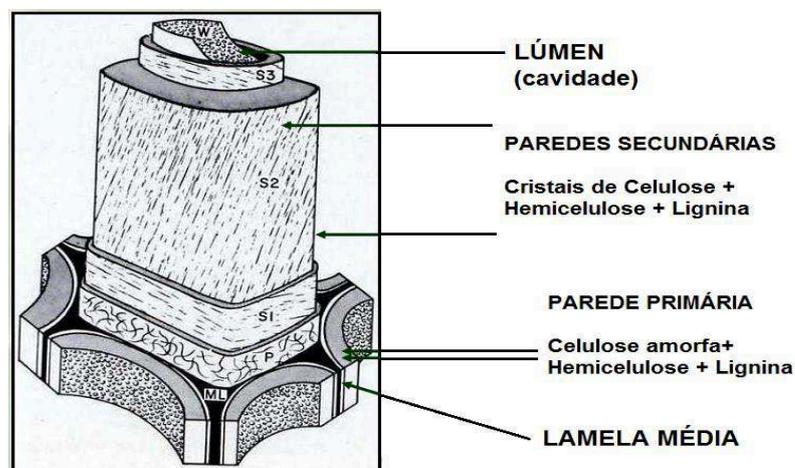
2.4.3 Hemicelulose

Hemiceluloses são polissacarídeos e diferem da celulose pelo fato de serem constituídas por várias moléculas de açúcares: glicose, xilose, galactose, arabinose e manose, enquanto a celulose possui apenas a molécula de glicose, possuem uma estrutura ramificada de cadeias poliméricas em comparação a celulose que é um polímero de estrutura linear. A hemicelulose atua como elemento de liga entre a celulose e a lignina e é responsável por dar a flexibilidade, mas não se relaciona diretamente com a resistência e a dureza das fibras (FENGEL; WEGENER, 1989).

2.5 Estrutura das fibras vegetais

As fibras vegetais possuem uma estrutura complexa formada por paredes celulares em torno do lúmen. As paredes são formadas por microfibrilas que estão orientadas em espiral com diferentes angulações. Segundo Bledzki e Gassan, 1999, a fibra pode conter regiões de seção transversal circular, oval ou achatada. A Figura 7 é a representação da estrutura de uma fibra, onde a parede primária é considerada uma região amorfa constituída principalmente por lignina e hemicelulose, as paredes secundárias são formadas também são formadas por lignina e hemicelulose porem também levam em sua estrutura a celulose cristalizada, diferentemente da parede primária onde a celulose é amorfa.

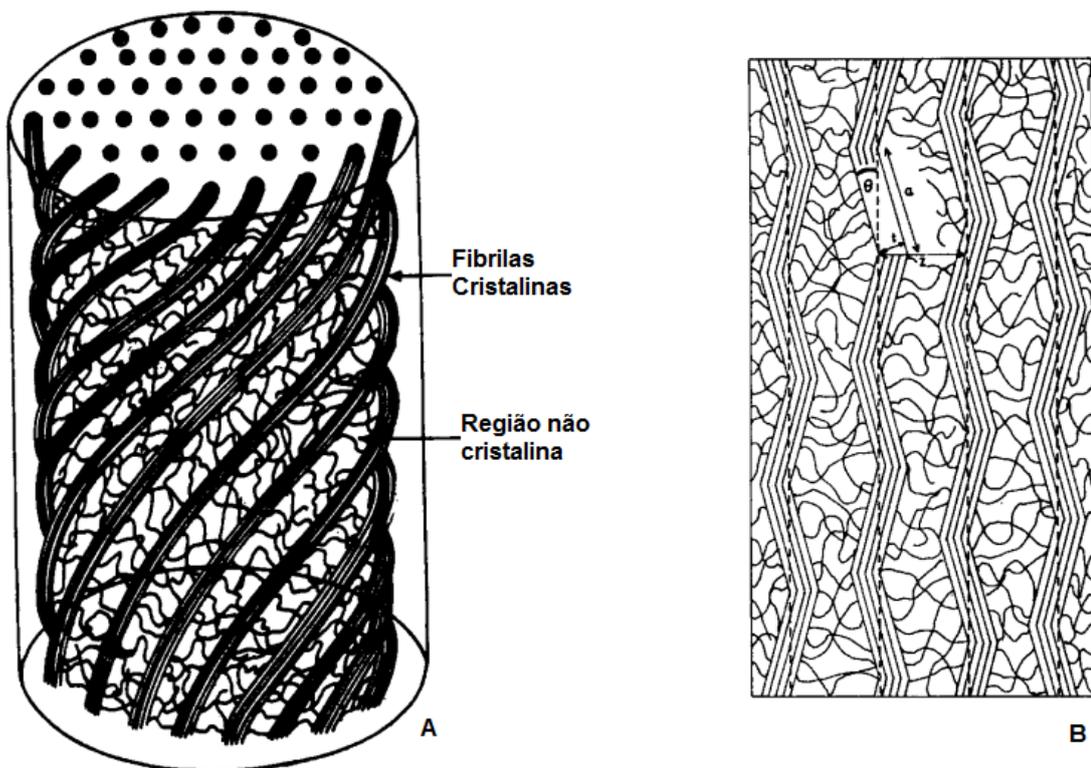
Figura 7 - Representação da Estrutura de uma fibra vegetal.



Fonte: GHAVAMI, K., 2007 - Adaptado pelo autor.

Segundo Bledzki e Gassan, 1999, a diminuição do ângulo espiral em relação ao eixo da fibra e o aumento do teor de celulose está relacionado com o aumento da resistência das fibras. Na Figura 8 é mostrado um modelo de descrição da rigidez da fibra.

Figura 8 - Modelo descritivo da rigidez da fibra. (A) Camada em uma visualização 3D, (B) Camada projetada em uma visualização 2D.



Fonte: BLEDZKI; GASSAN, 1999.

2.6 Origem da banana

De acordo com Simmonds & Sheperd (1955), a teoria mais aceita da origem da banana é a de que Malásia e Índia seja os grandes centros de origem da fruta e a sua dispersão para o mundo se teve junto ao movimento de migração naquela região (Daniells et al., 2001). Já para De Langhe, E. (1995) ela teve origem nas ilhas da Polinésia e foram levadas para as Filipinas há cerca de 4000 anos atrás.

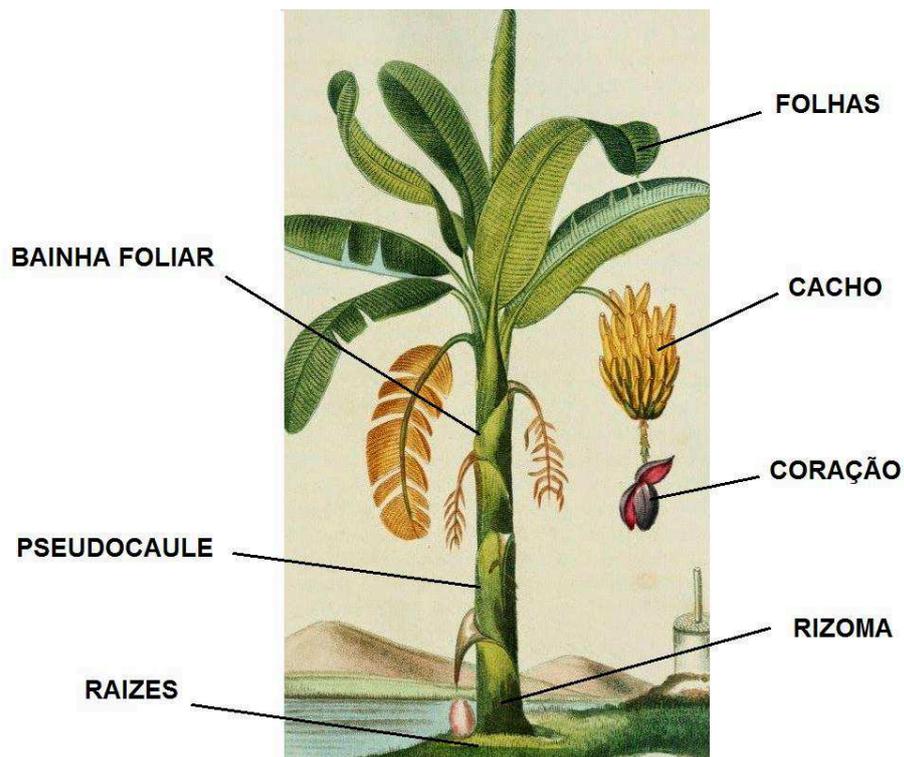
No Brasil, segundo Moreira e Cordeiro (2006), a fruta já era cultivada pelos povos indígenas antes da chegada de Cabral, sendo conhecida apenas duas variedades da fruta, chamadas de Branca e Pacova.

A banana no Brasil considerada uma fruta tropical, produzida quase que durante todo o ano e está distribuída por quase todo o território nacional, principalmente na região Sudeste e Nordeste, representando uma relevância na economia de muitas famílias. (SOFFNER, 2001)

2.7 Estrutura da Bananeira

De forma simples, a bananeira, árvore que dá origem a fruta, é formada por raiz, rizoma que é o caule, pseudocaule (que possui um formato cilíndrico irregular), a bainha foliar, folhas e cacho, (AMARAL et al, 2016) como mostra a Figura 9 abaixo.

Figura 9 - Esquematização da Bananeira.



Fonte: Ilustração de J. Th. Descourtilz, adaptada pelo autor. Disponível em: <http://ctgpublishing.com/banana-fruit-flower-and-tree-illustrations-by-descourtilz/>.

Acesso em 16/05/2017

A estrutura a ser utilizada como estudo neste trabalho se chama pseudocaule, que ainda é considerado um resíduo na questão do cultivo da banana.

2.8 Resíduos do Cultivo da Banana

De acordo com Levantamento Sistemático de Produção Agrícola (LSPA) a produção de banana no país teve um aumento de 3,5% de 2016 até agosto de 2017 e a região com maior produção é a Norte, seguida pela região nordeste. Estas informações podem ser conferidas na Tabela que está disponível no anexo A deste trabalho. (IBGE, 2017)

Após a atividade bananicultora o cacho é conduzido para outros lugares, mas as demais partes da planta ficam no bananal, isto por que a bananeira dá frutos apenas uma vez. Estes resíduos ficam no campo para a decomposição natural de forma a criar uma cobertura que mantém a umidade e evitar a erosão, bem como criar nutrientes para o solo e conseqüentemente reduzir os custos com adubação.

Contudo, esta prática favorece a geração de gás metano e dióxido de carbono através da degradação de matérias orgânicas levando a problemas ambientais. Além disso, a permanência dos resíduos pode promover a proliferação de insetos conhecidos como Broca, que ao se alimentar dos resíduos pode contaminar todo o resto do plantio. (AMARAL et al 2016)

Fatores como a alta competitividade dos países desenvolvidos que ainda detêm as novas tecnologias e as pragas que ainda assolam os bananais afetam diretamente a produção (SOFFNER, 2001).

2.9 Fibras da Bananeira

As fibras da bananeira podem ser extraídas do chamado pseudocaule do pé de bananeira, como mostrado na Figura 10 o pseudocaule é um agregado cilíndrico constituído de cascas que formam o caule da bananeira.

O pseudocaule da bananeira na maioria das vezes é considerado um resíduo industrial, um subproduto do cultivo da banana e que conseqüentemente é descartado não sendo aproveitado todo o seu potencial.

As fibras do caule da bananeira possuem uma densidade menor em relação as fibras sintéticas, como mostrado na Tabela 1, segundo JOSEPH, 2002 e BLEDZKI; GRASSAN, 1999, quando utilizadas como reforço em materiais compósitos, podem

ser comparadas a fibra de vidro e a fibra de sisal no quesito de resistência à flexão e impacto.

Figura 10 - Pseudocaule da Bananeira.



Fonte: Disponível em: <http://revistasafra.com.br/melhoramento-preventivo-diminui-riscos-de-ameaca-aos-bananais/> Acesso em 15/05/2017

Um dos meios de se extrair as fibras do pseudocaule da bananeira é utilizar uma pequena máquina onde se é colocado o material e ele é “raspado” até as fibras serem formadas, na Figura 11 a seguir é mostrada uma dessas máquinas (A) em seguida a fibra de banana recém extraída (B).

Figura 11 - (A) Maquinário utilizado para extração das fibras; (B) Fibras extraídas.



Fonte: Disponível em: <http://bananafibre.com/productgallery.html> Acesso em 16/05/2017

Após as fibras serem extraídas elas são colocadas para secar ao sol ou em estufas, podem ser lavadas e receber aplicação de algum tratamento químico, como por exemplo a Barrilha (CARVALHO, 2015), para extração de impurezas ou até mesmo para a melhora das propriedades mecânicas e propriedades de adesão da fibra, no caso da fabricação de compósitos.

Dentre as vantagens conhecidas dos compósitos com esse reforço destaca-se a biodegradabilidade, não abrasividade, baixo consumo de energia e custo de produção baixo, resistência a temperaturas e por último e não menos importante a oferta de empregos rurais. (AMARAL et al 2016)

A seguir, a Tabela 1 mostra algumas propriedades mecânicas de algumas fibras vegetais e fibras sintéticas, incluindo a fibra de banana e também a fibra de vidro.

Tabela 1 - Propriedades das fibras vegetais e fibras sintéticas.

Fibras	Densidade ρ (g/cm ³)	Tensão Máxima σ (MPa)	Módulo de Elasticidade (Gpa)	Máximo σ/ρ (MPa.cm ³ /g)
Bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>)	1,03 – 0,49	106	-	-
Banana (<i>Musa sapientum</i>)	0,67 – 1,50	700 - 800	27 - 32	1194
Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	0,63 – 1,12	129 – 254	-	403
Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	1,15 – 1,52	95 – 220	4 – 6	191
Algodão (<i>Gossypium M.</i>)	1,51 - 1,60	287 – 800	6 – 13	530
Curauá (<i>Ananas erectifolium</i>)	0,57 – 0,92	117 – 3000	27 – 80	2193
Linho (<i>Linum esitatissimum</i>)	1,30 – 1,50	344 – 1035	26 – 28	496
Juta (<i>Corchorus capsularis</i>)	1,30 – 1,45	393 – 800	13 – 27	615
Piassava (<i>Attalea funifera</i>)	1,10 – 1,45	109 – 1750	5 – 6	1591
Abacaxi (<i>Ananas comosus</i>)	1,44 – 1,56	362 – 1627	35 – 83	1130
Rami (<i>Boehmeria nivea</i>)	1,5	400 – 1620	61 – 128	1080
Sisal (<i>Agave sisalana</i>)	1,26 – 1,50	287 – 913	9 – 28	725
Madeira macia	0,46 – 1,50	112 – 1000	11 – 40	2174
Vidro	2,50 – 2,58	2000 – 3450	70 – 73	1380
Carbono	1,78 – 1,81	2500 – 6350	230 – 400	3567
Aramida	1,44	3000 – 4100	63 – 131	2847

Fonte: Traduzido de: MONTEIRO et al., 2001.

2.10 As fibras vegetais aplicadas no setor automobilístico

As tentativas de se utilizar as fibras vegetais em componentes automotivos datam da década de 1930 com ninguém menos que Henry Ford. Ford fez testes com

cenouras, milho, couve e até mesmo cebola como potenciais candidatos a serem utilizados nos automóveis da época, como uma carroceria orgânica. Ele desenvolveu um protótipo feito de cânhamo, porém com as limitações econômicas da época não foi possível uma fabricação em massa. (SUDDELL et al, 2005)

O interesse por esses materiais diminuiu com a escolha de materiais mais duráveis como os metais. Porém na década de 1940 as pesquisas retornaram sendo que cientistas da Ford descobriram que o óleo de soja poderia ser usado para produzir uma tinta de alta qualidade e também poderia ser moldado juntamente a um plástico a base de fibras. (MOTOVALLI, 1999)

Já em 1950 o carro alemão *Trabant*, conforme figura 12, foi o primeiro veículo em linha de produção a ser construído a partir de fibras naturais. Possuía em sua composição o corpo composto de um material chamado de *Duroplast*, que é um compósito feito de resíduos de algodão com uma matriz de poliéster. Esses carros foram produzidos até os anos 1990. (BLEDZKI et al, 2002)

Figura 12 - Trabant P50, utilizava *Duroplast*, componente a base de algodão



Fonte: Disponível em <https://en.wikipedia.org/wiki/Trabant> Acesso em 15/09/2017

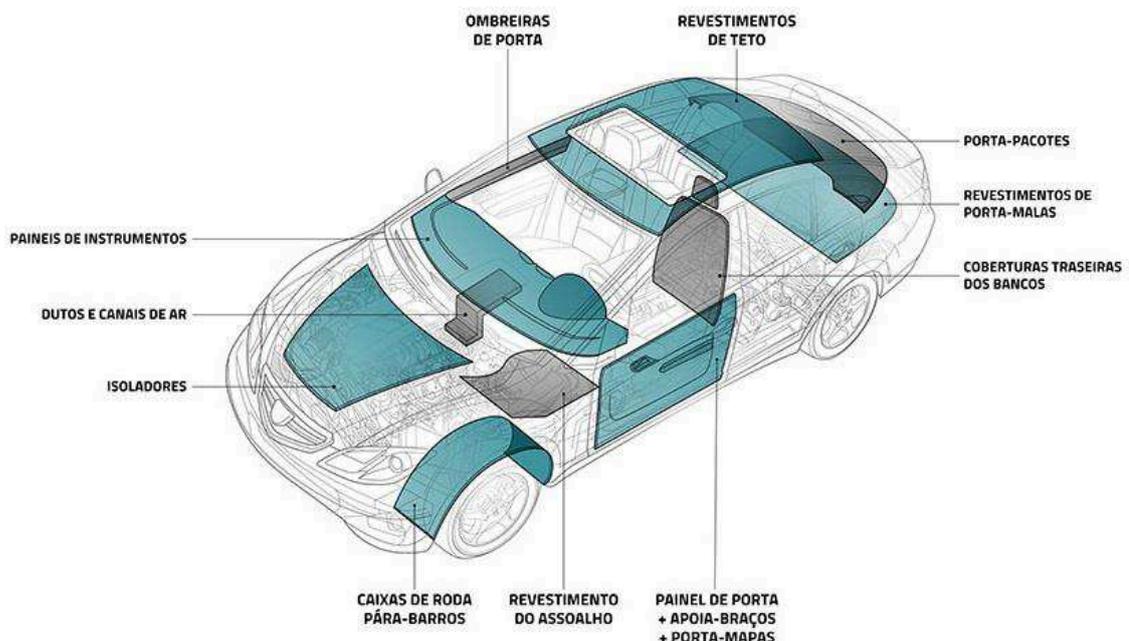
Na década de 1980 tem-se o registro do primeiro uso de fibras vegetais em conjunto com uma bio-resina para a confecção do primeiro painel de portas automotivas a base de bio-compósitos. Em 1990 a empresa Daimler-Benz como parte do projeto Belém foi pioneira na utilização de fibras naturais em suas criações. Foram utilizadas as fibras de coco junto com látex em partes dos caminhões como por exemplo a parte traseira dos bancos, os apoios de cabeça, parte dos assentos e dos

quebra-sóis. A utilização demonstrou todo o potencial que as fibras possuem em aplicações comerciais na indústria automotiva, favorecendo na época a qualidade de vida dos indivíduos envolvidos e assegurando assim sua continuidade de aplicações.

Em 1994, a Daimler Chrysler começou a usar fibras de linho e sisal nos componentes de guarnição interior de seus veículos e continuaram investindo em sua aplicação de fibras naturais e, em 1996, a juta estava sendo utilizada nos painéis das portas dos veículos Mercedes Benz E- Class. A empresa, no ano 2000, investiu US\$ 1,5 bilhão em iniciativas ambientais, cerca de US\$ 870 milhões foram gastos em produtos e processos de produção que respeitassem o meio ambiente. Com isso, os fabricantes alemães de automóveis têm como objetivo tornar cada componente de seus veículos reciclável ou biodegradável. (HILL, 1997)

Hoje em dia, há uma tendência em se utilizar fibras vegetais devido as legislações governamentais sobre as questões ambientais, fato particularmente importante nos países onde os produtos de conte agrícola são uma alternativa para o desenvolvimento de materiais biodegradáveis. (BERNAL et al, 2002). Um exemplo dos componentes que levam fibras vegetais em sua fabricação é mostrado na Figura 13 a seguir.

Figura 13 - Exemplo de aplicações de fibra vegetal nos automóveis



Fonte: DPA Moldados. Disponível em: <http://www.dpamoldados.com.br> Acesso em 20/08/2017

Na Europa um dos setores que mais utiliza as fibras vegetais é o setor automobilístico, em segundo lugar o setor de construções. Com relação aos Estados Unidos, na Europa consome-se cerca de 64% do mercado de fibra natural relacionada ao setor da construção e 16% na indústria automotiva dos Estados Unidos. (SUDELL; EVANS, 2003)

Praticamente todos os principais fabricantes de automóveis na Alemanha (ou seja, Daimler-Chrysler, Mercedes, Volkswagen, Audi Group, BMW, Ford e Opel) usam na atualidade componentes baseados em fibras vegetais, como as listadas na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Utilização de fibras vegetais nos componentes dos automóveis

AUTOMOTIVE MANUFACTURER	MODEL APPLICATIONS
AUDI	A2, A3,A4 (& Avant), A6, A8, Roadster, Coupe Seat backs, side and back door panels, boot lining, hat rack, spare tyre lining
BMW	3,5,7 series Door panels, headliner panel, boot lining, seat backs, noise insulation panels, moulded foot well linings
CITROEN	C5 Interior door panelling
DAIMLER-CHRYSLER	A, C, E and S-class models, EvoBus (exterior) Door panels, windshield, dashboard, business table, pillar cover panel
FIAT	Punto, Brava, Marea, Alfa romeo 146, 156
FORD	Mondeo CD 162, Focus Door panels, B-pillar, boot liner
LOTUS	Eco Elise (July 2008) Body panels, Spoiler, Seats, Interior carpets
MERCEDES-BENZ	TRUCKS Internal engine cover, engine insulation, sun visor, interior insulation, bumper, wheel box, roof cover
PEUGEOT	406 Seat backs, parcel shelf
RENAULT	Clio, Twingo Rear parcel shelf
ROVER	2000 and others Insulation, rear storage shelf/panel
SAAB	Door panels
SEAT	Door panels, seat backs
TOYOTA	Brevis, Harrier, Celsior, Raum Door panels, seat backs, Spare tyre cover
VAUXHALL	Corsa, Astra, Vectra, Zafira Headliner panel, interior door panels, pillar cover panel, instrument panel
VOLKSWAGEN	Golf, Passat, Bora Door panel, seat back, boot lid finish panel, boot liner
VOLVO	C70, V70 Seat padding, natural foams, cargo floor tray

Fonte: (SUDELL; EVANS, 2005)

A Ford usa de 5 a 13 kg (entre lã e algodão). (TAYLOR, 2002). O fabricante de automóveis, BMW, vem usando materiais naturais desde o início da década de 1990 nos modelos da série 3, 5 e 7 com até 24kg de materiais renováveis sendo utilizados. Em 2001, usou cerca de 4 mil toneladas de fibras naturais nos veículos da Série 3, a aplicação principal é em revestimentos internos das portas e nos painéis.

A proteção dos motores e do sistema de transmissões do Mercedes-Benz Travego são constituídas de um material reforçado com a fibra de linho, este foi o primeiro uso de fibra vegetal em componentes externos de um veículo em produção, o que representa um marco na aplicação das fibras vegetais. Os componentes externos devem funcionar como uma proteção para o veículo, este deve resistir a um ambiente mais agressivo, em comparação com os componentes internos, pois está exposto às intempéries como danos causados por detritos das estradas que podem causar problemas ao entrar em contato com a superfície externa (SUDELL, 2008).

Os benefícios obtidos com a utilização de fibras vegetais na proteção do motor e transmissão do Travego são de 10% redução do peso do componente e cerca de 5% em relação ao custo comparado com os materiais tradicionais. As fibras, com preços de 2002, equivalem a 0,5-0,6 euros/kg em relação aos 1,5 euros/kg de fibra de vidro utilizada anteriormente como reforço (RUYS et al, 2002) (FLAKE et al, 2000).

Um dos modelos de automóvel desenvolvido em 2008 chamou a atenção com o seu lançamento, o Lotus Eco Elise, figura 14.

Figura 14 - Lotus Eco Elise 2008 e seus componentes de fibra vegetal



Fonte: Disponível em: <http://www.conceptcarz.com/vehicle/z15470/Lotus-Eco-Elise.aspx> Acesso em: 15/09/2017

Foi construído utilizando matéria prima renovável como o cânhamo, lã e sisal como materiais de engenharia naturais e biodegradáveis. Tecido a base de cânhamo são utilizados nos painéis e compósitos de alta qualidade no *spoiler* do automóvel. O cânhamo também foi utilizado na fabricação dos assentos projetados para serem ultraleves. A fibra de Sisal é utilizada nos carpetes, pois é um material resistente e abrasivo.

Os dois fatores mais importantes que impulsionam o uso de fibras naturais pela indústria automotiva são o seu custo e o peso, mas a facilidade de reciclagem de componentes de veículos também é levada cada vez mais em consideração para atender aos requisitos em relação ao final da vida do automóvel, ou seja, qual será o destino dele.

No Brasil, automóveis da Fiat, Peugeot, Chevrolet e Volkswagen possuem componentes de fibras vegetais em seus interiores, como mostrado na Figura 15.

Figura 15 - A) Painel da Porta Uno Way B) Painel da Porta Peugeot 206
C) Componentes do painel Vectra GT D) Apoio de braço portas traseiras VW
Amarok



Fonte: Dpa Moldados Disponível em:

<http://www.dpamoldados.com.br/portf%C3%B3lio.html> Acesso em: 20/08/2017

No Jeep Renegade a estrutura do painel da porta possui em sua composição a fibra natural de juta. Este componente possibilitou uma redução de custo devido a

nacionalização da produção, bem como o componente ficar 52% mais leve com relação ao componente anterior que era fabricado com *woodstock* (30% madeira e 70% plástico) como mostrado na Figura 16 a seguir.

Figura 16 - Estrutura do painel das portas do Jeep Renegade



Fonte: DPA Moldados Disponível em:

<http://www.dpamoldados.com.br/portf%C3%B3lio.html> Acesso em: 20/08/2017

Entretanto o potencial de reforço é reduzido devido à natureza hidrofílica, ou seja, absorve água, das fibras e falta de adesão entre fibras tratadas e matrizes poliméricas (SAHEB; JOG, 1999) (WEYENBERG; VERPOEST, 2002). A fraca adesão entre fibras e matriz é devido a incompatibilidade entre a celulose que é polar e as poliolefinas que não apolares, se um compósito possuir uma adesão fraca ele será facilmente atingido pelo meio ambiente e terá uma vida útil reduzida, além das propriedades mecânicas serem afetadas severamente. (WAMBUA; IVENS; VERPOEST, 2003)

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

A partir de um referencial teórico, obtido por meio de pesquisa em fontes academicamente reconhecidas, como literaturas nacionais e estrangeiras, artigos, e publicações eletrônicas encontradas na internet, elaborou-se uma fundamentação teórica, de forma metódica e abrangente. Para complementar a teoria, foi se desenvolvendo uma base para uma pesquisa exploratória, conduzindo-se também um “estudo de caso único”, onde buscou-se acompanhar e verificar a utilização de fibras vegetais como reforço de compósitos, no caso, a fibra de bananeira.

Neste estudo de caso único buscou-se a racionalização da quantidade de ensaios, sem prejuízo da qualidade da informação, praticando-se o estudo simultâneo de diversas variáveis. Visando a determinação da confiabilidade dos resultados, foi realizada uma criteriosa seleção das variáveis que influenciam no processo de fabricação dos corpos de prova, com número reduzido de ensaios. Embasando-se neste contexto, foram elaboradas as conclusões, a partir de resultados quantitativos.

As fibras da bananeira foram extraídas mecanicamente após o corte do pseudocaule, destacando-se as bainhas foliares do tronco. Em sequência, foram determinadas as características físicas das amostras em testes laboratoriais, descritos como se segue:

- Preparação dos corpos de prova;
- Ensaio de tração;
- Ensaio de flexão;
- Determinação do módulo de elasticidade à Tração; e
- Determinação do módulo de elasticidade à Flexão.

Na sequência do trabalho, foi realizada uma comparação entre as tensões máximas obtidas, bem como das deformações entre os compósitos que contenham porcentagens volumétricas de fibras de 30 e 40% de fibra de vidro e de fibra de bananeira em mesmas quantidades, em uma matriz de resina poliéster, gerando-se as bases para uma possível substituição dos componentes de reforço.

3.1.1 MATERIAIS

3.1.1.1 Fase matriz – Resina Poliéster

Neste trabalho foi utilizada, como fase matriz, uma Resina Poliéster insaturada, do tipo ortoftálica, juntamente com a resina foi utilizado o catalisador de peróxido de metil etil cetona, conhecido como Butanox M-50, na proporção de 1% conforme especificação do fabricante. Ambos os produtos foram adquiridos na empresa Redelease e são mostrados na Figura 17 a seguir.

Figura 17 - A) Resina Poliéster B) Catalisador Butanox M-50



A

B

Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

3.1.1.2 Fase dispersa – Fibra vegetal de bananeira

As fibras de bananeira utilizadas neste trabalho originaram da região sudeste do Brasil, mais especificamente de São Bento do Sapucaí, são da espécie *Musa balbisiana*, conhecida como banana prata. Após a colheita do fruto deu-se também a extração do pseudocaule da planta, onde foi executado um processo de raspagem para a extração das fibras da parte externa, que são consideradas mais resistentes para o reforço do que as partes internas.

Feita com um maquinário improvisado, a raspagem do pseudocaule possibilitou obter as fibras com comprimentos relativamente pequenos, de até 12 cm, ideais para a configuração a ser utilizada na fabricação dos corpos de prova.

As fibras foram lavadas em água corrente, figura 18-A, até a retirada completa de impurezas, figura 18-B, em seguida as fibras foram secas a sombra durante um período de 24 horas.

Figura 18 - A) fibras antes de serem lavadas B) fibras já lavadas e sem impurezas



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

3.1.1.3 Fase dispersa – Fibra de vidro

As fibras de vidro utilizadas neste trabalho foram adquiridas na configuração de fibras picadas e possuíam um tamanho médio de cerca de 6 mm de comprimento, conforme figura 19 a seguir.

Figura 19 - Fibra de vidro utilizada



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

3.1.2 MÉTODOS

3.1.2.1 Fabricação dos corpos de prova

Foram fabricados dois tipos e dois tamanhos de corpos de prova. Os compósitos fabricados para este trabalho foram com as fibras vegetais cortadas no tamanho de 30 mm e dispostas aleatoriamente, a fibra de vidro também foi disposta de maneira aleatória. Segundo Josef *et al.* (1999) as fibras com o comprimento de 30 a 40 mm apresentaram maior resistência a tração quando compararam a compósitos de matriz de formaldeído reforçadas com fibra de vidro e fibra de banana.

Segundo Potan *et al.* (1997) ao analisar compósitos de poliéster reforçados com fibra de bananeira, verificou-se que a configuração que apresentava maior adesão matriz-fibra era a fração volumétrica de 40% de fibras. Este presente trabalho utilizou as frações volumétricas de 30 e 40% de fibra como reforço. Ainda segundo Potan, a adesão com frações de 10 e 20% foram consideradas fracas com relação a adesão das fibras na matriz.

Com a configuração e frações volumétricas definidas partiu-se para fabricação dos corpos de prova. O primeiro procedimento foi o corte das fibras de banana na dimensão desejada de 30 mm para a fabricação dos corpos de prova dos compósitos com as fibras dispostas aleatoriamente, conforme figura 20 a seguir.

Figura 20 - Produção do compósito a base de fibra de banana

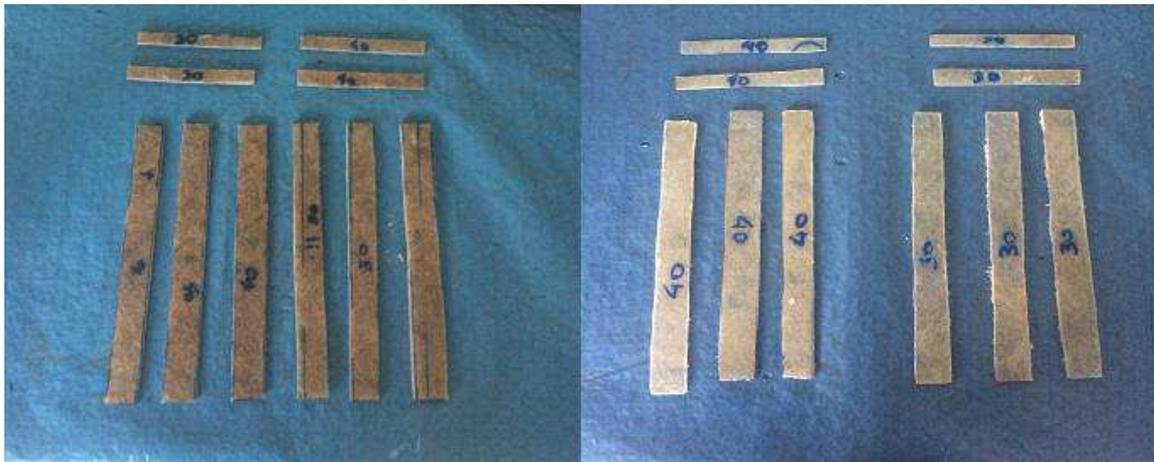


Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

O compósito a base de fibra de vidro foi confeccionado da mesma maneira, porem utilizando-se fibras picadas com um comprimento médio de 6 mm e também dispostas aleatoriamente na matriz de resina poliéster.

Em seguida os corpos de prova foram cortados manualmente com uma serra circular utilizando como base as dimensões contidas nas normas ASTM D3039 e ASTM D790. A seguir na figura 21 são mostrados os corpos de prova já prontos.

Figura 21 - Corpos de prova contendo fibra de banana e fibra de vidro

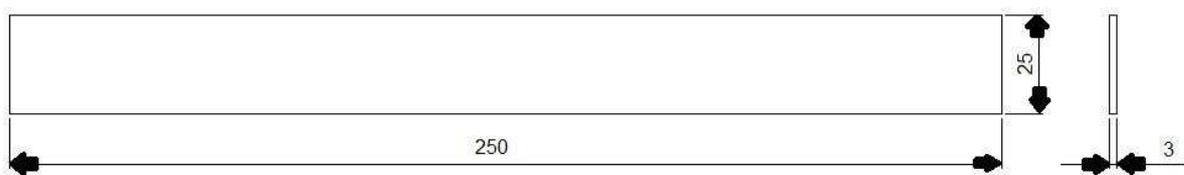


Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017.

3.1.2.2 Resistência à Tração

A fim de avaliar as propriedades mecânicas dos compósitos, foram realizados três ensaios para cada amostra, onde os corpos de prova tinham dimensões, em mm, baseadas nas especificações contidas na norma ASTM D3039, conforme figura 22 a seguir.

Figura 22 - Geometria dos Corpos de Prova de Tração



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

O ensaio de tração foi realizado com base segundo a norma ASTM D3039, utilizando uma velocidade de 2 mm/min e um equipamento com célula de carga de 5KN. Para isso utilizou-se um equipamento mostrado na figura 23 abaixo.

Figura 23 - Equipamento SHIMADZU- Ensaio de Tração

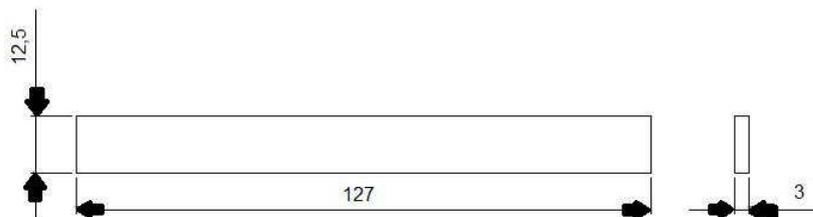


Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

3.1.2.3 Resistência à Flexão em 3 pontos

A fim de avaliar as propriedades mecânicas dos compósitos, foram realizados três ensaios para cada amostra, onde os corpos de prova tinham dimensões, em mm, baseadas nas especificações contidas na norma ASTM D790, conforme figura 24. Em seguida, as propriedades mecânicas de resistência à flexão e o módulo elástico foram avaliadas.

Figura 24 - Geometria dos Corpos de Prova de Flexão



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

O ensaio de flexão foi realizado com base segundo a norma ASTM D790, utilizando uma velocidade de 1,5 mm/min e um equipamento com célula de carga de 5KN, a relação de apoio utilizada, L/d (onde L= distância entre apoios), foi de 16 de acordo com a ASTM D790, para isso utilizou-se um equipamento mostrado na figura 25 abaixo.

Figura 25 - Equipamento SHIMADZU- Ensaio de Flexão



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

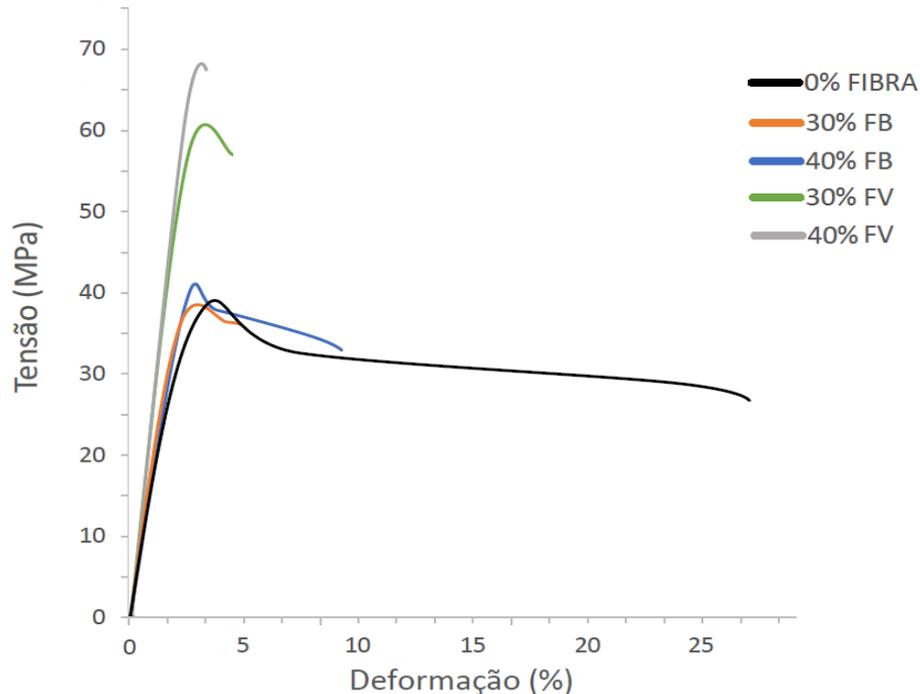
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Ensaio Mecânico de Tração

O gráfico da Figura 26 apresenta a curva Tensão x Deformação para o corpo de prova de resina poliéster, bem como os CP's contendo 30% e 40% de fibra de bananeira e CP's contendo 30% e 40% de fibra de vidro. De forma a ilustrar os comportamentos mecânicos dos compósitos, que foram semelhantes para todas as amostras.

Analisando as curvas, pode ser observado um comportamento que é característico de materiais plásticos, que é caracterizado por uma deformação elástica inicial seguida por escoamento, que vai além de uma região que demonstra uma deformação plástica.

Figura 26 - Gráfico Tensão x Deformação para CP'S contendo resina poliéster e CP'S contendo 30/40% de fibra de banana e 30/40% de fibra de vidro



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

A adição de 30% e 40% de fibra de bananeira nos compósitos de resina poliéster não causou alteração na questão da deformação do material até a tensão

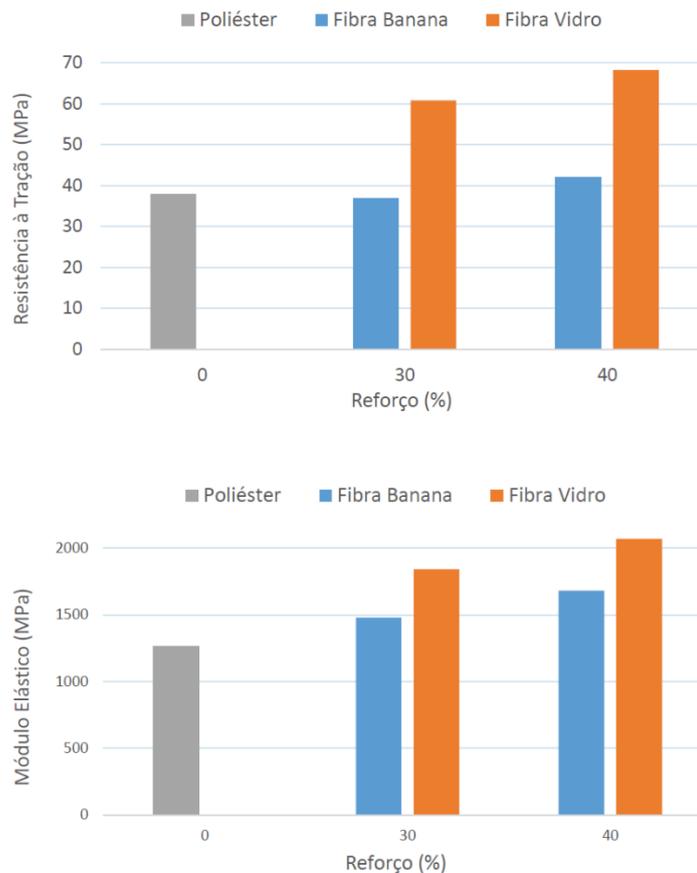
máxima, porém houve uma redução de cerca de 80% no que diz respeito a deformação total dos materiais.

Para os compósitos com 30% e 40% de fibra de vidro a deformação do material também não diferenciou em relação aos compósitos de fibra de banana com relação a deformação do material, porém a tensão máxima obtida foi de cerca de 35% maior, mostrada no gráfico da figura 26.

A adição de reforço promoveu uma redução na ductilidade do material, assim, uma característica mais frágil do compósito foi maior de acordo com o aumento do volume de fibra, fato observado também no gráfico da figura 26.

Com o aumento do volume de fibras de banana foi possível observar o aumento do módulo elástico e da tensão de ruptura com uma consequente redução na alongação total dos compósitos, como mostrados nos gráficos da figura 27 a seguir.

Figura 27 - Gráficos comparativos dos valores de resistência à tração (a) e módulo elástico (b) dos CP's de fibra de banana e fibra de vidro



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

Comparando os compósitos reforçados com as fibras em proporção de 30% e com aqueles reforçados com fibras na proporção de 40%, os valores de todas as propriedades levantadas com o ensaio de tração não apresentaram variações significativas.

Em relação aos valores de resistência à tração e módulo elástico, é observado um aumento em relação ao corpo de prova de que contem 0% de reforço, ou seja, o polímero puro, sendo maior esse modulo com o aumento do volume de fibras, como pode ser observado na figura 27.

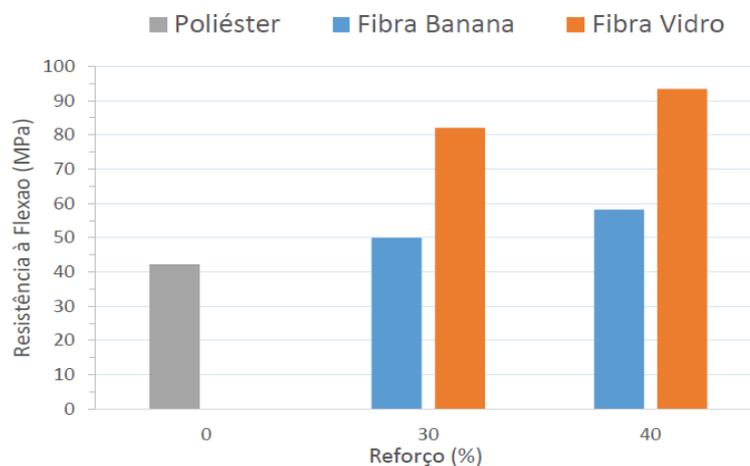
É importante destacar que os resultados do ensaio de tração baseando-se no aumento da % de fibras de banana na matriz polimérica proporcionou um aumento no modulo elástico do material sem redução aparente com relação a resistência a tração, embora a ductilidade tenha sido prejudicada.

Assim, a adição de fibras de banana é aceita como substituição da fibra de vidro para utilização como reforço em aplicações onde materiais dúcteis não são primordiais.

4.2 Ensaio Mecânicos de Flexão em 3 pontos

Os corpos de prova foram avaliados quanto às suas propriedades de resistência à flexão, os resultados são apresentados na figura 28 a seguir.

Figura 28 - Resistência à Flexão dos CP's de fibra de banana e fibra de vidro



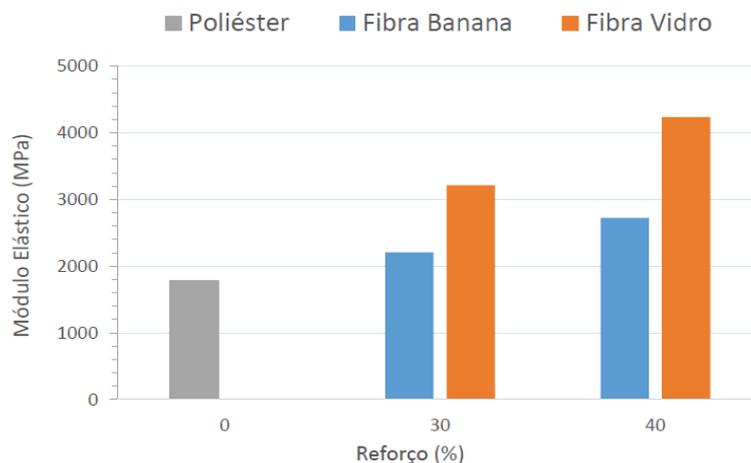
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

Analisando os dados obtidos foi possível verificar um aumento na resistência à flexão e principalmente no módulo elástico dos corpos de prova com fibra de banana em relação ao corpo de prova que não possuía nenhum tipo de reforço, apenas resina em sua composição, assim como observado para os ensaios em tração, o reforço que contém 30% de fibra de banana conferiu uma mudança em relação a tensão de ruptura do material em cerca de 18%, diferente dos corpos de prova que contém 40% de fibra de banana que apresentaram um aumento de 38% em relação ao corpo de prova que contém apenas a resina poliéster.

O módulo elástico quantifica a rigidez do material, assim quanto maior o módulo maior será o esforço que deverá ser aplicado para deformar o material. Em aplicações onde a rigidez é mais importante que a ductilidade a adição de fibras de banana na matriz de poliéster torna-se viável, uma vez que com a economia de polímero e redução do uso de fibras sintéticas, como a fibra de vidro, e também a redução de custo é possível aumentar o módulo sem perder a resistência à flexão.

A figura 29 a seguir contém o gráfico que mostra o efeito da adição das fibras de reforço de banana versus fibra de vidro e os módulos de elasticidade obtidos.

Figura 29 - Módulo Elástico dos CP's de fibra de banana e fibra de vidro



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2017

Nos compósitos com 30% de fibras de banana, apresentaram um aumento de 23% em relação ao módulo de elasticidade do corpo de prova contendo apenas resina e a adição de 40% de fibras de banana apresentou um aumento de 53%.

Com relação aos corpos de prova que continham fibra de vidro como reforço, a adição de fibra de bananeira apresentou uma diferença de 45% em relação a adição de 30% de fibras de banana e 55% com a adição de 40% de fibra de banana.

Os resultados mostram que a adição da carga de fibra vegetal contribui significativamente para o aumento do módulo elástico, fato que segundo Santos 2008, sugere que o aumento da concentração de fibra de vegetal causa a redução da mobilidade das cadeias da matriz polimérica, fazendo com que os compósitos tenham o módulo de flexão aumentados. Isso ocorre devido à diminuição da capacidade de deformação do material quando submetido à flexão, afetando a propriedade de maneira inversa ao alongamento na ruptura dos materiais (SANTOS, 2008).

5 CONCLUSÕES

Com base na comparação entre os compósitos de resina poliéster e fibra de bananeira com 30% e 40% de fibra, e os compósitos com fibra de vidro, em configurações proporcionais e em mesma matriz polimérica de resina, em que pese a fabricação artesanal dos corpos de prova para estes ensaios executados, tem-se que os resultados preliminares indicam que a incorporação de fibra de bananeira ao poliéster implicou em considerável semelhança no grau de reforço mecânico nos compósitos.

Podemos analisar também que referente à sua baixa densidade volumétrica (MONTEIRO et al., 2001), a adição das fibras de banana como reforço teve um ganho, com relação ao módulo elástico, semelhante a utilização de fibras de vidro quando em relação ao volume de fibra usada. Este é um benefício requerido especialmente para componentes projetados para terem uma resistência à flexão.

Considerando-se a grande disponibilidade das fibras de bananeira em nosso país, devido à sua baixíssima utilização elas ainda são vistas mais como um subproduto. Estudos semelhantes a este parecem indicar que elas podem apresentar resultados satisfatórios se utilizadas em aplicações mais nobres, como reforço de matrizes poliméricas empregadas nas indústrias automotivas. O processo artesanal de extração da fibra, associado à sua escassez no mercado em quantidades industriais, podem ser as principais causas da dificuldade de sua utilização, gerando desmotivação para desenvolver compósitos reforçados com fibras da bananeira, os quais teriam grande compatibilidade ambiental em termos de produção, uso e descarte.

Além de serem um recurso renovável e não consumirem tanta energia para a sua produção as fibras de banana são mais baratas que as fibras de vidro, tornando-se assim uma matéria prima competitiva na produção de componentes automobilísticos.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, B.D.; BROUTAN, L.J. (2000) **Analysis and Performance of Fiber Composites**, Nova York: John Wiley & Sons.

AMARAL, T.B; TEIXEIRA, L.C.M; FILHO, J.N. CONGRESSO INTERNACIONAL - WORKSHOP DESIGN & MATERIAIS, 2016, São Paulo. **COMPÓSITO COM FIBRA NATURAL PARA A PRODUÇÃO DE VASOS PARA PLANTAS VISANDO UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AOS RESÍDUOS DA BANANICULTURA**. São Paulo: Anhembi Morumbi, 2016. 916 p. Disponível em: <http://ppgdesign.anhembi.br/wp-content/uploads/anais-DM16_07jul_vFinal.pdf>. Acesso em: 10 out. 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 790 - 07. **Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials**. 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D3039. **Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials**. 1995.

B. C. SUDELL, “**Industrial fibres: recent and current developments**,” in Proceedings of the Symposium on Natural Fibres, vol. 20, pp. 71–82, FAO, CFC, Rome, Italy, October 2008.

BLEDZKI A K.; REIHMANE, S, GASSAN J, (1996) “**Properties and modification methods for vegetable fibers for natural fiber composites**”, J. Appl. Polym. Sci., 59, p.1329-1336.

BLEDZKI, A.K.; GASSAN, J. (1999) **Composites reinforced with cellulose-based fibres**. Progress Polymer Science, v. 24, p. 221-274.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 5 ed. LTC, 2008.

CAMPBELL, M.M.; SEDEROFF, R.R. **Variation in lignin content and composition. Plant Physiology**, Bethesda, v. 110, p. 3-13, 1996.

CANILHA, L.; MILAGRES, A.M.F.; SILVA, S.S.; SILVA, J.B.A. e; FELIPE, M.G.A.; DANIEL I. M.; ISHAI O. **Engineering mechanics of composite materials**., New York: Oxford University Press, 1994, 395 p.

CARVALHO, Adriana Caldas. **Fabricação e caracterização de compósitos à base de resina epóxi e fibras de bananeira**.2015. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, 2015. Disponível em: <<https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppmec/AdrianaCaldas.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2017.

CARVALHO, Luiz Eduardo de. **Obtenção e caracterização do compósito carbetto de silício reforçado com fibras ocas de carbetto de silício**. Instituto Tecnológico de

Aeronáutica. São José dos Campos. 2009. Disponível em: <http://www.bv.fapesp.br/pt/bolsas/97175/obtencao-e-caracterizacao-do-Composito-carbeto-de-silicio-reforcado-com-fibras-ocas-de-carbeto-de-si/> Acesso em 11 out. 2017.

DANIELLS, J., JENNY, C., KARAMURA, D., TOMEKPE, K. (2001). **Musalogue: A Catalogue of Musa Germplasm. Diversity in the Genus Musa**. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.

De LANGHE, E. (1995). **Banana and Plantain: the Earliest Fruit Crops?**. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 1989. 613 p.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **"Fibra de Carbono"**; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/fibra-carbono.htm>>. Acesso em 11 out. 2017.

GHAVAMI, K. "Bamboo and composites reinforced with vegetable fibers: Materials of the 21th century". Conferência Internacional de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais: Materiais Ecológicos e Tecnologias para Construções Sustentáveis Maceió, Alagoas, Brazil, 13h-17th October 2007

IBGE. **Levantamento Sistemático de Produção Agrícola Rio de Janeiro** v.30 n.8 p.1-86 agosto 2017. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201708.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201708.pdf) Acesso em: 11 out.2017.

JOSEPH, A.; SREEKALA, M. S.; OOMMEN, Z.; KOSHY, P.; THOMAS, S. A. (2002) **"A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana fibre and glass fibres"**. Composites Science and Technology, v. 62, p. 1857-68, 2002.

MEDEIROS, Marco Antônio Rocha. **Propriedades Mecânicas de compósitos de PVC reciclado reforçados com fibra de sisal e nylon 6**. 2006. 94f. Dissertação (Mestrado) - Curso Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2006. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/9720> Acesso em: 10 out. 2017.

MILANI, Charles. **Influência da Incorporação de Resíduos de Policabornato em Compósitos de Fibra de Vidro/ Poliéster**. 2012. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/127765/000970515.pdf?sequenc e=1>>. Acesso em: 12 out. 2017

MONTEIRO, S. N; PERISSÉ, F. D. L; COSTA, L. L; BEVITORI, A.. B; SILVA, I. A. S. Barbosa A.P,(2011) **Natural Lignocellulosic Fibers as engineering materials – an overview**. The minerals, metals & materials Society and ASM International 2011, 2966-Vol 42A, October 2011.

MOREIRA, Anabela Mendes. **Materiais Compósitos. Disciplina de Materiais de Construção I – 1º Semestre**. Instituto Politécnico de Tomar. 2009. Disponível em: <http://www.estt.ipt.pt/download/disciplina/2932__Compositos_MC1.pdf>. Acesso em: 10 out.2017

MOREIRA, R. S.; CORDEIRO, Z. J. M. **A história da banana no Brasil**. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ACORBAT, 17., 2006. Joinville. Anais... Joinville: ACORBAT/ACAFRUTA, 2006. v.1, p. 48-82.

PARDAL, Ana Cristina. **Materiais Compósitos**. 2016. Disponível em: <<http://know.net/cienciasexactas/quimica/materiais-compositos/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. (1999). **Biology of Plants (6th ed)**, W.H. Freeman and Company, ISBN 0716710072, New York

ROCHA, G.J.M.; FERRAZ, A.; CARVALHO, W. **Sacarificação da biomassa lignocelulósica através de pré-hidrólise ácida seguida por hidrólise enzimática: uma estratégia de "desconstrução" da fibra vegetal**. Revista Analytica, São Paulo, n. 44, p. 48-54, jan. 2010.

SANTOS, F. A. - **"Estudo de misturas de HDPE e serragem de cedro para obtenção de madeira plástica"**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil (2008).

SANTOS, Luiz Ricardo dos. **Composição e Origem da Fibra de Vidro**. 2016. Disponível em: <<http://www.canindeesculturas.com.br/index.php/canindeinforma/item/12-composicao-e-origem-fibra-de-vidro>>. Acesso em: 12 out. 2017.

SILVA, D.M.; MUSIAL, D.C.; ALTMAYER, C.; VALENTINI, S.A. **Obtenção de derivado de celulose a partir do bagaço de cana-de-açúcar com potencial aplicação nas indústrias farmacêutica e cosmética**. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada, Araraquara, v. 32, n. 1, p. 41-45, 2011.

SILVA, G.M. da. **Pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com amônia aquosa para a produção de etanol**. 2011. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

SILVA, Jeane Regina da. **Análise de Viabilidade Econômica o Emprego de Compósitos de PVC Reforçado com Fibra de Bananeira**. 2008. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2008. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/departamentos/deps/arquivos/tcc/2008_2_tcc04.pdf>. Acesso em: 10 out. 2017

SIMMONDS, N.W., SHEPHERD, K. (1955). **The taxonomy and origins of the cultivated bananas**. Journal of the Linnean Society of London (Botany) 55: 302-312.

SOFFNER, Maria de Lourdes Aparecida Prudente. **Produção de Polpa Celulósica à partir do Engaço da Bananeira**.2001. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Ciências, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111149/tde-13122001-114259/publico/soffner.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2017.

TANGO, Lucas de Almeida. **Análise da Cadeia Produtiva de uma Empresa Produtora de Sistemas Compactos de Tratamento de Esgotos: Aplicação de Metodologia de P + L**. 2012. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/125082/TCC_II_LUCAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 out. 2017.

TRAPLE, Thiago de Oliveira. **Estudo Reológico de um Material Compósito de PBT (Poli (Butileno Tereftalado)) com Fibra de Vidro**. 2008. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VÁSQUEZ, M.P.; SILVA, J.N.C. da; SOUZA Jr., M.B. de; PEREIRA Jr., N. **Enzymatic hydrolysis optimization to ethanol production by simultaneous saccharification and fermentation**. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, New York, v. 136/140, Fn. 12, p. 141-154, 2007.

ANEXO A - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Produção de Banana

IBGE/CEPAGRO

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

AGOSTO/2017

BANANA

GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	SITUAÇÃO DA CULTURA	VARIÁVEL	SAFRA 2016	S A F R A 2017		VARIACÃO (%)		PARTICIPACÃO (%)	
				MÊS ANTERIOR	MÊS ATUAL	(1)	(2)	SAFRA 2016	SAFRA 2017
TOTAL	P	ÁREA I	505 079	522 918	524 885	3.9	0.4	100.0	100.0
		ÁREA II	464 876	480 663	481 117	3.5	0.1	100.0	100.0
		PRODUÇÃO	6 799 005	7 010 471	7 036 061	3.5	0.4	100.0	100.0
		REND.MÉDIO	14 625	14 585	14 624	-0.0	0.3	-	-
NORTE	P	ÁREA I	90 491	104 493	104 723	15.7	0.2	17.9	20.0
		ÁREA II	75 206	88 304	87 914	16.9	-0.4	16.2	18.3
		PRODUÇÃO	854 056	1 050 670	1 044 723	22.3	-0.6	12.6	14.8
		REND.MÉDIO	11 356	11 898	11 883	4.6	-0.1	-	-
RONDÔNIA	C	ÁREA I	8 337	11 980	12 010	44.1	0.3	1.7	2.3
		ÁREA II	7 748	11 078	11 083	43.0	0.0	1.7	2.3
		PRODUÇÃO	76 603	114 467	115 833	51.2	1.2	1.1	1.6
		REND.MÉDIO	9 887	10 333	10 451	5.7	1.1	-	-
ACRE	C	ÁREA I	8 552	9 708	9 708	13.5	-	1.7	1.8
		ÁREA II	8 552	9 198	8 803	2.9	-4.3	1.8	1.8
		PRODUÇÃO	114 178	122 720	115 407	1.1	-6.0	1.7	1.6
		REND.MÉDIO	13 351	13 342	13 110	-1.8	-1.7	-	-
AMAZONAS	P	ÁREA I	4 514	9 206	9 206	103.9	-	0.9	1.8
		ÁREA II	4 064	7 926	7 926	95.0	-	0.9	1.6
		PRODUÇÃO	50 590	118 890	118 890	135.0	-	0.7	1.7
		REND.MÉDIO	12 448	15 000	15 000	20.5	-	-	-
RORAIMA	P	ÁREA I	7 068	11 310	11 310	60.0	-	1.4	2.2
		ÁREA II	7 068	10 964	10 964	55.1	-	1.5	2.3
		PRODUÇÃO	56 858	117 577	117 577	106.8	-	0.8	1.7
		REND.MÉDIO	8 044	10 724	10 724	33.3	-	-	-
PARÁ	C	ÁREA I	56 077	56 369	56 369	0.5	-	11.1	10.7
		ÁREA II	42 472	43 675	43 675	2.8	-	9.1	9.1
		PRODUÇÃO	504 907	521 478	521 478	3.3	-	7.4	7.4
		REND.MÉDIO	11 888	11 940	11 940	0.4	-	-	-
AMAPÁ	C	ÁREA I	2 247	2 180	2 180	-3.0	-	0.4	0.4
		ÁREA II	2 100	2 180	2 180	3.8	-	0.5	0.5
		PRODUÇÃO	18 606	19 873	19 873	6.8	-	0.3	0.3
		REND.MÉDIO	8 860	9 116	9 116	2.9	-	-	-
TOCANTINS	C	ÁREA I	3 696	3 740	3 940	6.6	5.3	0.7	0.8
		ÁREA II	3 202	3 283	3 283	2.5	-	0.7	0.7
		PRODUÇÃO	32 314	35 665	35 665	10.4	-	0.5	0.5
		REND.MÉDIO	10 092	10 864	10 864	7.6	-	-	-
NORDESTE	P	ÁREA I	187 404	200 438	200 928	7.2	0.2	37.1	38.3
		ÁREA II	175 700	188 638	188 961	7.5	0.2	37.8	39.3
		PRODUÇÃO	2 291 720	2 320 121	2 318 615	1.2	-0.1	33.7	33.0
		REND.MÉDIO	13 043	12 299	12 270	-5.9	-0.2	-	-
MARANHÃO	C	ÁREA I	7 127	7 289	7 289	2.3	-	1.4	1.4
		ÁREA II	6 941	7 084	7 084	2.1	-	1.5	1.5
		PRODUÇÃO	72 635	80 286	80 286	10.5	-	1.1	1.1
		REND.MÉDIO	10 465	11 333	11 333	8.3	-	-	-
PIAUI	C	ÁREA I	2 092	1 934	1 932	-7.6	-0.1	0.4	0.4
		ÁREA II	1 967	1 814	1 814	-7.8	-	0.4	0.4
		PRODUÇÃO	37 455	36 650	36 580	-2.3	-0.2	0.6	0.5
		REND.MÉDIO	19 042	20 204	20 165	5.9	-0.2	-	-
CEARÁ	C	ÁREA I	39 853	40 652	40 669	2.0	0.0	7.9	7.7
		ÁREA II	39 140	39 631	39 648	1.3	0.0	8.4	8.2
		PRODUÇÃO	324 101	351 540	353 448	9.1	0.5	4.8	5.0
		REND.MÉDIO	8 281	8 870	8 915	7.7	0.5	-	-
RIO GRANDE DO NORTE ..	C	ÁREA I	5 388	7 921	7 917	46.9	-0.1	1.1	1.5
		ÁREA II	5 126	7 711	7 704	50.3	-0.1	1.1	1.6
		PRODUÇÃO	155 014	218 660	219 401	41.5	0.3	2.3	3.1
		REND.MÉDIO	30 241	28 357	28 479	-5.8	0.4	-	-
PARAIBA	C	ÁREA I	11 325	12 155	12 446	9.9	2.4	2.2	2.4
		ÁREA II	10 753	10 476	10 732	-0.2	2.4	2.3	2.2
		PRODUÇÃO	133 524	141 291	137 844	3.2	-2.4	2.0	2.0
		REND.MÉDIO	12 417	13 487	12 844	3.4	-4.8	-	-

BANANA

GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	SITUAÇÃO DA CULTURA	VARIÁVEL	SAFRA 2016	S A F R A 2017		VARIÇÃO (%)		PARTICIPAÇÃO (%)	
				MÊS ANTERIOR	MÊS ATUAL	(1)	(2)	SAFRA 2016	SAFRA 2017
PERNAMBUCO	P	ÁREA I	38 922	35 471	35 471	-8.9	-	7.7	6.8
		ÁREA II	35 613	28 995	28 995	-18.6	-	7.7	6.0
		PRODUÇÃO	366 519	304 049	304 049	-17.0	-	5.4	4.3
		REND.MÉDIO	10 292	10 486	10 486	1.9	-	-	-
ALAGOAS	P	ÁREA I	4 283	6 517	6 253	46.0	-4.1	0.8	1.2
		ÁREA II	4 283	5 906	5 721	33.6	-3.1	0.9	1.2
		PRODUÇÃO	54 733	94 247	85 660	56.5	-9.1	0.8	1.2
		REND.MÉDIO	12 779	15 958	14 973	17.2	-6.2	-	-
SERGIPE	P	ÁREA I	2 414	2 499	2 951	22.2	18.1	0.5	0.6
		ÁREA II	1 877	2 021	2 263	20.6	12.0	0.4	0.5
		PRODUÇÃO	22 739	23 398	31 347	37.9	34.0	0.3	0.4
		REND.MÉDIO	12 115	11 577	13 852	14.3	19.7	-	-
BAHIA	C	ÁREA I	76 000	86 000	86 000	13.2	-	15.0	16.4
		ÁREA II	70 000	85 000	85 000	21.4	-	15.1	17.7
		PRODUÇÃO	1 125 000	1 070 000	1 070 000	-4.9	-	16.5	15.2
		REND.MÉDIO	16 071	12 588	12 588	-21.7	-	-	-
SUDESTE	P	ÁREA I	152 237	143 749	144 988	-4.8	0.9	30.1	27.6
		ÁREA II	141 914	132 404	132 917	-6.3	0.4	30.5	27.6
		PRODUÇÃO	2 305 342	2 294 472	2 326 220	0.9	1.4	33.9	33.1
		REND.MÉDIO	16 245	17 329	17 501	7.7	1.0	-	-
MINAS GERAIS	C	ÁREA I	48 968	49 457	50 694	3.5	2.5	9.7	9.7
		ÁREA II	44 765	45 806	46 319	3.5	1.1	9.6	9.6
		PRODUÇÃO	773 197	814 594	845 812	9.4	3.8	11.4	12.0
		REND.MÉDIO	17 272	17 784	18 261	5.7	2.7	-	-
ESPÍRITO SANTO	P	ÁREA I	25 809	26 611	26 613	3.1	0.0	5.1	5.1
		ÁREA II	23 385	23 996	23 996	2.6	-	5.0	5.0
		PRODUÇÃO	262 566	323 171	323 701	23.3	0.2	3.9	4.6
		REND.MÉDIO	11 228	13 468	13 490	20.1	0.2	-	-
RIO DE JANEIRO	C	ÁREA I	21 064	14 405	14 405	-31.6	-	4.2	2.7
		ÁREA II	20 868	14 346	14 346	-31.3	-	4.5	3.0
		PRODUÇÃO	145 019	102 478	102 478	-29.3	-	2.1	1.5
		REND.MÉDIO	6 949	7 143	7 143	2.8	-	-	-
SÃO PAULO	C	ÁREA I	56 396	53 276	53 276	-5.5	-	11.2	10.2
		ÁREA II	52 896	48 256	48 256	-8.8	-	11.4	10.0
		PRODUÇÃO	1 124 560	1 054 229	1 054 229	-6.3	-	16.5	15.0
		REND.MÉDIO	21 260	21 847	21 847	2.8	-	-	-
SUL	P	ÁREA I	50 892	51 022	51 022	0.3	-	10.1	9.7
		ÁREA II	50 341	50 282	50 282	-0.1	-	10.8	10.5
		PRODUÇÃO	1 056 759	1 062 364	1 062 364	0.5	-	15.5	15.1
		REND.MÉDIO	20 992	21 128	21 128	0.6	-	-	-
PARANÁ	C	ÁREA I	8 923	9 000	9 000	0.9	-	1.8	1.7
		ÁREA II	8 912	9 000	9 000	1.0	-	1.9	1.9
		PRODUÇÃO	205 561	207 000	207 000	0.7	-	3.0	2.9
		REND.MÉDIO	23 066	23 000	23 000	-0.3	-	-	-
SANTA CATARINA	P	ÁREA I	29 976	30 031	30 031	0.2	-	5.9	5.7
		ÁREA II	29 577	29 430	29 430	-0.5	-	6.4	6.1
		PRODUÇÃO	721 599	720 259	720 259	-0.2	-	10.6	10.2
		REND.MÉDIO	24 397	24 474	24 474	0.3	-	-	-
RIO GRANDE DO SUL ...	C	ÁREA I	11 993	11 991	11 991	-0.0	-	2.4	2.3
		ÁREA II	11 852	11 852	11 852	-	-	2.5	2.5
		PRODUÇÃO	129 599	135 105	135 105	4.2	-	1.9	1.9
		REND.MÉDIO	10 935	11 399	11 399	4.2	-	-	-
CENTRO-OESTE ...	P	ÁREA I	24 055	23 216	23 224	-3.5	0.0	4.8	4.4
		ÁREA II	21 715	21 035	21 043	-3.1	0.0	4.7	4.4
		PRODUÇÃO	291 128	282 844	284 139	-2.4	0.5	4.3	4.0
		REND.MÉDIO	13 407	13 446	13 503	0.7	0.4	-	-
MATO GROSSO DO SUL ...	C	ÁREA I	1 645	1 775	1 783	8.4	0.5	0.3	0.3
		ÁREA II	1 585	1 775	1 783	12.5	0.5	0.3	0.4
		PRODUÇÃO	16 961	18 465	19 760	16.5	7.0	0.2	0.3
		REND.MÉDIO	10 701	10 403	11 082	3.6	6.5	-	-

BANANA

GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	SITUAÇÃO DA CULTURA	VARIÁVEL	SAFRA 2016	S A F R A 2017		VARIÇÃO (%)		PARTICIPAÇÃO (%)	
				MÊS ANTERIOR	MÊS ATUAL	(1)	(2)	SAFRA 2016	SAFRA 2017
MATO GROSSO	P	ÁREA I	7 217	7 283	7 283	0.9	-	1.4	1.4
		ÁREA II	6 408	6 549	6 549	2.2	-	1.4	1.4
		PRODUÇÃO	72 009	74 561	74 561	3.5	-	1.1	1.1
		REND.MÉDIO	11 237	11 385	11 385	1.3	-	-	-
GOIÁS	P	ÁREA I	15 027	13 966	13 966	-7.1	-	3.0	2.7
		ÁREA II	13 556	12 521	12 521	-7.6	-	2.9	2.6
		PRODUÇÃO	199 022	186 166	186 166	-6.5	-	2.9	2.6
		REND.MÉDIO	14 681	14 868	14 868	1.3	-	-	-
DISTRITO FEDERAL	P	ÁREA I	166	192	192	15.7	-	0.0	0.0
		ÁREA II	166	190	190	14.5	-	0.0	0.0
		PRODUÇÃO	3 136	3 652	3 652	16.5	-	0.0	0.1
		REND.MÉDIO	18 892	19 221	19 221	1.7	-	-	-

NOTAS - 1. SITUAÇÃO DA CULTURA: P (ÁREA I: ÁREA TOTAL PLANTADA, ÁREA II: A SER COLHIDA; PRODUÇÃO E RENDIMENTO MÉDIO ESPERADOS); C (ÁREA I: ÁREA TOTAL PLANTADA, ÁREA II: COLHIDA; PRODUÇÃO E RENDIMENTO MÉDIO OBTIDOS).

2. ÁREA (ha), PRODUÇÃO (t) E RENDIMENTO MÉDIO (kg/ha).
PARA AS UNIDADES DA FEDERAÇÃO QUE, POR FORÇA DO CALENDÁRIO AGRÍCOLA, AINDA NÃO DISPÕEM DAS ESTIMATIVAS INICIAIS, OS DADOS CORRESPONDEM A UMA PROJEÇÃO OBTIDA A PARTIR DAS INFORMAÇÕES DE ANOS ANTERIORES.

(1) - VARIÇÃO EM RELAÇÃO AO ANO ANTERIOR. (2) - VARIÇÃO EM RELAÇÃO AO MÊS ANTERIOR.
FONTE: GRUPO DE COORDENAÇÃO DE ESTATÍSTICAS AGROPECUÁRIAS - GCEA/IBGE